



AFRAGOLA PORTA DELLA CAMPANIA

PROGRAMMA INTEGRATO
P.I.U. EUROPA

INTERVENTO 4

*IL MUNICIPIO E LA SUA PIAZZA:
Restauro e riqualificazione funzionale della Casa Comunale
e della piazza antistante*

PROGETTO ESECUTIVO

*Responsabile del P.I.U. Europa della Città di Afragola: Ing. Nunzio Boccia
Progettista: Ing. Nunzio Boccia*

AFRAGOLA - PORTA DELLA CAMPANIA
Programma integrato urbano P.I.U. Europa

INTERVENTO 4

*IL MUNICIPIO E LA SUA PIAZZA:
Restauro e riqualificazione funzionale della Casa Comunale
e della piazza antistante*



DisCiv

DISCIPLINARE TECNICO Opere Civili e Restauri

PARTE PRIMA: Opere civili

CAPO 1.1 - QUALITÀ DEI MATERIALI

- ART. 1.1.1 – CALCI
- ART. 1.1.2 - GESSO ED ELEMENTI IN GESSO
- ART. 1.1.3 – INFISSI
- ART. 1.1.4 - COMPONENTI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO
- ART. 1.1.5 - PRODOTTI DI PIETRE NATURALI O RICOSTRUITE
- ART. 1.1.6 - PRODOTTI DI VETRO (LASTRE, PROFILATI A U E VETRI PRESSATI)
- ART. 1.1.7 - PRODOTTI SIGILLANTI, ADESIVI E GEOTESSILI
- ART. 1.1.8 - PRODOTTI PER ASSORBIMENTO ACUSTICO
- ART. 1.1.9 - PRODOTTI PER IMPERMEABILIZZAZIONE E PER COPERTURE
- ART. 1.1.10 - PRODOTTI PER ISOLAMENTO ACUSTICO
- ART. 1.1.11 - PRODOTTI PER PARETI ESTERNE E PARTIZIONI INTERNE
- ART. 1.1.12 - PRODOTTI PER RIVESTIMENTI INTERNI ED ESTERNI
- ART. 1.1.13 - PRODOTTI PER TUBAZIONI DI IMPIANTI DI ADDUZIONE DI ACQUA, GAS E FOGNATURE
- ART. 1.1.14 PRODOTTI SANITARI
- Art. 1.1.15 - ACCIAIO PER COSTRUZIONI IN LAMINATI O PROFILATI
- Art. 1.1.16 - ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO
- Art. 1.1.17 – LATERIZI
- Art. 1.1.18 - PRODOTTI PER PAVIMENTAZIONE
- Art. 1.1.19 - CONTROSOFFITTI
- Art. 1.1.20 - MURATURA PORTANTE
- Art. 1.1.21 - MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO PER USI STRUTTURALI
- Art. 1.1.22 - ELEMENTI STRUTTURALI COMPOSTI
- Art. 1.1.23 - APPOGGI STRUTTURALI
- Art. 1.1.24 - DISPOSITIVI ANTISISMICI
- Art. 1.1.25 - PRODOTTI PER COPERTURE DISCONTINUE (A FALDA)

CAPO 1.2 - MODALITÀ DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

- Art. 1.2.1 - DEMOLIZIONI
- Art. 1.2.2 - SCAVI E SBANCAMENTI IN GENERE
- Art. 21.2.3 - RILEVATI E RINTERRI
- Art. 1.2.4 - OPERE E STRUTTURE DI MURATURA
- Art. 1.2.5 - OPERE IN CALCESTRUZZO (CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO)
- Art. 1.2.6 - STRUTTURE IN LEGNO
- Art. 1.2.7 - STRUTTURE IN ACCIAIO
- Art. 1.2.8 – COPERTURE DISCONTINUE A FALDA
- Art. 1.2.9 - OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONE
- Art. 1.2.10 - PARETI ESTERNE E PARTIZIONI INTERNE
- Art. 1.2.11 – INTONACI
- Art. 1.2.12 - OPERE DI VETRAZIONE E SERRAMENTISTICA
- Art. 1.2.13 - PAVIMENTAZIONI
- Art. 1.2.14 - OPERE DI RIFINITURA VARIE
- Art. 1.2.15 - CONTROSOFFITTI
- Art. 1.2.16 – RIVESTIMENTI

PARTE SECONDA: Disposizioni complementari inerenti le opere di Restauro e Consolidamento

CAPO 2.1 - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

- Art. 2.1.1 - Materiali in genere
- Art. 2.1.2 - Acqua, calce, gesso
 - Art. 2.1.2.1 Acqua
 - Art. 2.1.2.2 Calce
- Art. 2.3 Gesso
 - Art. 2.1.3 - Cementi, cementi speciali
 - Art. 2.1.3.1 Cementi
- Art. 3.2 Cementi speciali
- Art. 2.1.4 - Leganti sintetici
- Art. 2.1.5 - Materiali inerti per malte, stucchi e conglomerati

- Art. 2.1.6 - Pietre naturali e ricostruite
- Art. 2.1.7. Prodotti di metallo
- Art. 2.1.8 - Colori e vernici - generalità
 - Art. 2.1.8.1 Pigmenti
 - Art. 2.1.8.2 Tinte
 - Art. 2.1.8.3 Pitture
 - Art. 2.1.8.4 Vernici
- Art. 2.1.9 - Additivi
- Art. 2.1.10 - Materiali diversi (sigillanti, adesivi, geo-tessuti, tessuti-non-tessuti)
- Art. 2.1.11 - Solventi
- Art. 2.1.12 - Materiali per la pulizia di manufatti lapidei - generalità
 - Art. 2.1.12.1 Acqua per lavori di puliture
 - Art. 2.1.12.2 Spugne per puliture a secco
 - Art. 2.1.12.3 Carta giapponese
 - Art. 2.1.12.4 Prodotti chimici
 - Art. 2.1.12.5 Carbonato e Bicarbonato di Ammonio
 - Art. 2.1.12.6 Tensioattivi e Detergenti
 - Art. 2.1.12.7 Resine a scambio ionico
 - Art. 2.1.12.8 Addensanti e Supportanti
 - Art. 2.1.12.9 Polpa di cellulosa
 - Art. 2.1.12.10 Argille assorbenti
 - Art. 2.1.12.11 Impacchi biologici
 - Art. 2.1.12.12 Apparecchiatura Laser
 - Art. 2.1.12.13 Biocidi
- Art. 2.1.13 - Materiali impregnanti - generalità
 - Art. 2.1.13.1 Impregnanti per il consolidamento
 - Art. 2.1.13.2 Impregnanti per la protezione e l'impermeabilizzazione
 - Art. 2.1.13.3 Impregnanti per interventi di deumidificazione
- Art. 2.1.14 - Materiali vari per consolidamenti
- Art. 2.1.15 - Materiali per coperture – generalità
 - Art. 2.1.15.1 Tegole e coppi di laterizio
 - Art. 2.1.15.2 Lastre di pietra naturale
- Art. 2.1.16 - Materiali per impermeabilizzazione – generalità
 - Art. 2.1.16.1 Membrane (bitume/polimero)
 - Art. 2.1.16.2 Membrane liquide o in pasta
 - Art. 2.1.16.3 Membrane ondulate
 - Art. 2.1.16.4 Membrane bugnate
- Art. 2.1.17 - Vetri e cristalli
- Art. 2.1.18 - Materiali per rivestimenti e/o trattamento lacune interni ed esterni
- Art. 2.1.19 - Materiali per partizioni interne

CAPO 2.2 GLI ACCERTAMENTI ANALITICI E DIAGNOSTICI

- Art. 2.2.1 - Gli accertamenti analitici e diagnostici - generalità
- Art.2.2.2 - Indagini in situ atte ad approfondire la conoscenza sulle stratificazioni dell'edificato e sulle caratteristiche strutturali e costruttive
 - Art. 2.2.2.1 Indagine Stratigrafica
 - Art. 2.2.2.2 Indagine termografica (o termovisione)
 - Art. 2.2.2.3 - Indagine endoscopica
 - Art. 2.2.2.4 - Indagine magnetometrica (o magnetoscopia)
 - Art. 2.2.2.5 Indagine georadar
 - Art. 2.2.2.6 Indagine tomografica sonica
 - Art. 2.2.2.7 Indagine tomografica elettrica
 - Art. 2.2.2.8 Indagine colorimetrica
 - Art. 2.2.2.9 Indagine sonica (auscultazione sonica)
 - Art. 2.2.2.10 Indagine ultrasonica
- Art. 2.2.3 - Tecniche per la misurazione dell'umidità - generalità
 - Art. 2.2.3.1 Misure igrometriche
 - Art. 2.2.3.2 Misure della temperatura dell'aria
 - Art. 2.2.3.3 Misure della temperatura superficiale
 - Art. 2.2.3.4 Rilevatori di condensazione
 - Art. 2.2.3.5 Misura del contenuto d'acqua nelle strutture
 - Art. 2.2.3.6 Misure contemporanee di differenti variabili
- Art. 2.2.4 – Monitoraggio rilievo dinamico

- Art. 2.2.4.1 Telerilevamento
- Art. 2.2.4.2 Monitoraggio del quadro fessurativo
 - Art. 2.2.4.2.1 - Biffe di malta
 - Art. 2.2.4.2.2 - Vetrini
 - Art. 2.2.4.2.3 - Fessurimetri millimetrati
 - Art. 2.2.4.2.4 - Deformometri
 - Art. 2.2.4.2.5 - Estensimetri
- Art. 2.2.4.3 Monitoraggio ambientale (rilevazioni delle condizioni termoigrometriche e microclimatiche)
- Art. 2.2.5 - Indagini meccaniche in situ al fine di determinare le caratteristiche tensionali dei
 - Art. 2.2.5.1 Carotaggio
 - Art. 2.2.5.2 Indagini con martinetto piatto singolo o doppio (flat-jack test)
 - Art. 2.2.5.3 Prove sclerometriche

CAPO 2.3 - PROCEDURE OPERATIVE DI RESTAURO E DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

PARTE I - PROCEDURE OPERATIVE DI RESTAURO

PARTE II - PROCEDURE OPERATIVE DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

PARTE PRIMA
PRESCRIZIONI TECNICHE OPERE CIVILI

CAPO 1.1

QUALITA' DEI MATERIALI

Art. 1.1.1 - CALCI

Le calce aeree ed idrauliche, dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2231; le calce idrauliche dovranno altresì rispondere alle prescrizioni contenute nella Legge 26 maggio 1965, n. 595, nonché ai requisiti di accettazione contenuti nel D.M. 31 agosto 1972. Sono anche da considerarsi le norme UNI EN 459/1 e 459/2.

Art. 1.1.2 - GESSO ED ELEMENTI IN GESSO

Il gesso è ottenuto per frantumazione, cottura e macinazione di roccia sedimentaria, di struttura cristallina, macrocristallina oppure fine, il cui costituente essenziale è il solfato di calcio biidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Il gesso dovrà essere di recente cottura, perfettamente asciutto, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio di 56 maglie a centimetro quadrato, privo di materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea.

Il gesso dovrà essere fornito in sacchi sigillati di idoneo materiale, riportanti il nominativo del produttore e la qualità del gesso contenuto e dovrà essere conservato in locali coperti, ben riparati dall'umidità e da agenti degradanti.

Norme di riferimento

Le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche del gesso in sacchi o in elementi costruttivi dovranno inoltre

corrispondere alle prescrizioni della norme:

UNI EN 520 - Lastre di gesso. Definizioni, requisiti e metodi di prova;

UNI 5371 - Pietra da gesso per la fabbricazione di leganti. Classificazione, prescrizioni e prove;

UNI 9154-1 - Edilizia. Partizioni e rivestimenti interni. Guida per l'esecuzione mediante lastre di gesso rivestito su orditura metallica;

UNI 10718 - Lastre di gesso rivestito. Definizioni, requisiti, metodi di prova;

UNI EN 12859 - Blocchi di gesso. Definizioni, requisiti e metodi di prova;

UNI EN 13279-2 - Leganti e intonaci a base di gesso. Parte 2: Metodi di prova;

UNI EN 14195 - Componenti di intelaiature metalliche per sistemi a pannelli di gesso. Definizioni, requisiti e metodi di prova.

Art. 1.1.3 – INFISSI

Si intendono per infissi gli elementi aventi la funzione principale di regolare il passaggio di persone, animali,

oggetti, e sostanze liquide o gassose nonché dell'energia tra spazi interni ed esterni dell'organismo edilizio o tra ambienti diversi dello spazio interno.

Essi si dividono tra elementi fissi (cioè luci fisse non apribili) e serramenti (cioè con parti apribili); gli infissi si

dividono, inoltre, in relazione alla loro funzione, in porte, finestre e schermi.

Per la terminologia specifica dei singoli elementi e delle loro parti funzionali in caso di dubbio si fa riferimento alla

norma UNI 8369 (varie parti).

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della loro fornitura; le modalità di posa sono sviluppate nell'articolo 1.2.12.

Il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura, oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

Luci fisse

Le luci fisse devono essere realizzate nella forma, con i materiali e nelle dimensioni indicate nel disegno di progetto. In mancanza di prescrizioni (od in presenza di prescrizioni limitate) si intende che comunque devono, nel loro insieme (telai, lastre di vetro, eventuali accessori, ecc.), essere conformi alla norma UNI 7959 ed in particolare resistere alle sollecitazioni meccaniche dovute all'azione del vento od agli urti, garantire la tenuta all'aria, all'acqua e la resistenza al vento.

Quanto richiesto dovrà garantire anche le prestazioni di isolamento termico, isolamento acustico, comportamento

al fuoco e resistenza a sollecitazioni gravose dovute ad attività sportive, atti vandalici, ecc.

Le prestazioni predette dovranno essere garantite con limitato decadimento nel tempo.

Il Direttore dei Lavori potrà procedere all'accettazione delle luci fisse mediante i criteri seguenti:

- mediante controllo dei materiali costituenti il telaio più vetro più elementi di tenuta (guarnizioni, sigillanti) più eventuali accessori, e mediante controllo delle caratteristiche costruttive e della lavorazione del prodotto nel suo insieme e/o dei suoi componenti; in particolare trattamenti protettivi del legno, rivestimenti dei metalli costituenti il telaio, l'esatta esecuzione dei giunti, ecc.;
- mediante l'accettazione di dichiarazioni di conformità della fornitura alle classi di prestazione quali tenuta all'acqua, all'aria, resistenza agli urti, ecc.; di tali prove potrà anche chiedere la ripetizione in caso di dubbio o contestazione.

Le modalità di esecuzione delle prove saranno quelle definite nelle relative norme UNI per i serramenti.

I serramenti interni ed esterni

I serramenti interni ed esterni (finestre, porte finestre, e similari) dovranno essere realizzati seguendo le prescrizioni indicate nei disegni costruttivi o comunque nella parte grafica del progetto.

In mancanza di prescrizioni (od in presenza di prescrizioni limitate) si intende che comunque nel loro insieme devono essere realizzati in modo da resistere alle sollecitazioni meccaniche e degli agenti atmosferici e contribuire, per la parte di loro spettanza, al mantenimento negli ambienti delle condizioni termiche, acustiche, luminose, di ventilazione, ecc.; lo svolgimento delle funzioni predette deve essere mantenuto nel tempo. Il Direttore dei Lavori potrà procedere all'accettazione dei serramenti mediante il controllo dei materiali che costituiscono l'anta ed il telaio ed i loro trattamenti preservanti ed i rivestimenti mediante il controllo dei vetri, delle guarnizioni di tenuta e/o sigillanti, degli accessori. Mediante il controllo delle sue caratteristiche costruttive, in particolare dimensioni delle sezioni resistenti, conformazione dei giunti, delle connessioni realizzate meccanicamente (viti, bulloni, ecc.) e per aderenza (colle, adesivi, ecc.) e comunque delle parti costruttive che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica, tenuta all'acqua, all'aria, al vento, e sulle altre prestazioni richieste. Il Direttore dei Lavori potrà altresì procedere all'accettazione della attestazione di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate nel progetto esecutivo per le varie caratteristiche od in mancanza a quelle di seguito riportate. Per le classi non specificate valgono i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Gli infissi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

1) Finestre

- isolamento acustico (secondo la norma UNI 8204);

- tenuta all'acqua, all'aria e resistenza al vento (misurata secondo le norme UNI EN 1027);
- resistenza meccanica (secondo le norme UNI 9158 ed UNI EN 107).

2) Porte interne

- tolleranze dimensionali (misurate secondo le norme UNI EN 951);
- planarità (misurata secondo la norma UNI EN 952);
- resistenza al fuoco (misurata secondo la norma UNI 1634-1) classe REI 120;

3) Porte esterne

- tolleranze dimensionali misurate secondo la norma UNI EN 95,1 planarità (misurata secondo la norma UNI EN 952);
- tenuta all'acqua, aria, resistenza al vento (misurata secondo le norme UNI EN 1027);
- resistenza all'antintrusione (secondo la norma UNI 9569).

L'attestazione di conformità dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione fornita dall'appaltatore al Direttore dei Lavori.

4) Serramenti in legno

Per quanto concerne i nuovi serramenti in legno, essi devono avere rispondenza alle prescrizioni di cui alla voce opere da falegnameria. Nel caso invece i vecchi serramenti presentassero il bisogno di una revisione generale, dovranno essere eseguite, previo smontaggio degli specchi, tutte le opere di piccola, media o grande riparazione. Particolare cura dovrà essere dedicata ai gocciolatoi, ai listelli fermavetri, agli accessori di chiusura e manovra, eseguendo le operazioni con ogni opera necessaria di tassellatura, rinzeppatura o eventuale svezatura, nonché la sostituzione dei pezzi non riutilizzabili, per garantire la perfetta chiusura a tenuta dei suddetti serramenti.

Gli schermi (tapparelle, persiane, antoni)

Gli schermi (tapparelle, persiane, antoni) con funzione prevalentemente oscurante dovranno essere realizzati nella forma, con il materiale e nelle dimensioni indicate nel disegno di progetto; in mancanza di prescrizioni o con prescrizioni insufficienti, si intende che comunque lo schermo deve nel suo insieme resistere alle sollecitazioni meccaniche (vento, sbattimenti, ecc.) ed agli agenti atmosferici mantenendo nel tempo il suo funzionamento. Il Direttore dei Lavori dovrà procedere all'accettazione degli schermi mediante il controllo dei materiali che costituiscono lo schermo e, dei loro rivestimenti, controllo dei materiali costituenti gli accessori e/o organi di manovra, mediante la verifica delle caratteristiche costruttive dello schermo, principalmente dimensioni delle sezioni resistenti, conformazioni delle connessioni realizzate meccanicamente (viti, bulloni, ecc.) o per aderenza (colle, adesivi, ecc.) e comunque delle parti che direttamente influiscono sulla resistenza meccanica e durabilità agli agenti atmosferici. Il Direttore dei Lavori potrà altresì procedere all'accettazione mediante attestazione di conformità della fornitura alle caratteristiche di resistenza meccanica, comportamento agli agenti atmosferici (corrosioni, cicli con lampade solari, camere climatiche, ecc.). La attestazione dovrà essere comprovata da idonea certificazione e/o documentazione.

Prescrizioni dimensionali idonei ai portatori di handicap

La luce netta della porta di accesso di ogni edificio e di ogni unità immobiliare deve essere di almeno 80 cm. La

luce netta delle altre porte deve essere di almeno 75 cm.

L'altezza delle maniglie deve essere compresa tra 85 e 95 cm (consigliata 90 cm).

Devono inoltre essere preferite soluzioni per le quali le singole ante delle porte non abbiano larghezza superiore ai 120 cm, e gli eventuali vetri siano collocati ad una altezza di almeno 40 cm dal piano del pavimento.

L'anta mobile deve poter essere usata esercitando una pressione non superiore a 8 kg.

Infissi esterni

L'altezza delle maniglie o dispositivo di comando deve essere compresa tra 100 e 130 cm; consigliata 115 cm.

Per consentire alla persona seduta la visuale anche all'esterno, devono essere preferite soluzioni per le quali la

parte opaca del parapetto, se presente, non superi i 60 cm di altezza dal calpestio, con l'avvertenza, però, per ragioni di sicurezza, che l'intero parapetto sia complessivamente alto almeno 100 cm e inattraversabile da una sfera di 10 cm di diametro.

Nelle finestre lo spigolo vivo della traversa inferiore dell'anta apribile deve essere opportunamente sagomato o

protetto per non causare infortuni.

Le ante mobili degli infissi esterni devono poter essere usate esercitando una pressione non superiore a 8 kg.

Serramenti in acciaio

Materiali e norme di riferimento per l'accettazione

1) Alluminio

-Telai

UNI EN 573-3 - Alluminio e leghe di alluminio - Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati;

EN 12020 - Alluminio e leghe di alluminio - Profili estrusi di precisione in lega EN AW-6060 e EN AW-6063 - Parte

2: Tolleranze di dimensioni e forma;

UNI 10680 - Alluminio e leghe di alluminio - Profili in leghe di alluminio ad interruzione di ponte termico. Requisiti e metodi di prova.

- Laminati, di trafilati o di sagomati non estrusi in alluminio

UNI EN 573-3 - Alluminio e leghe di alluminio. Composizione chimica e forma dei prodotti semilavorati. Sistema di designazione sulla base dei simboli chimici;

UNI EN 485-2 - Alluminio e leghe di alluminio. Lamiere, nastri e piastre. Caratteristiche meccaniche;

UNI EN 754-2 - Alluminio e leghe di alluminio. Barre e tubi trafilati. Tubi estrusi con filiera a ponte, tolleranze;

-Getti in alluminio UNI EN 1706 - Alluminio e leghe di alluminio. Getti - Composizione chimica e caratteristiche meccaniche

2) Profili in acciaio

-Telai

UNI EN 10079 - Definizione dei prodotti di acciaio e a quelle di riferimento per gli specifici prodotti

- Laminati a caldo

UNI 10163-1 - Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio

laminati a caldo. Prescrizioni generali;

UNI 10163-2 - Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio

laminati e a caldo. Lamiere e larghi piatti;

UNI 10163-2 - Condizioni di fornitura relative alla finitura superficiale di lamiere, larghi piatti e profilati di acciaio

laminati e a caldo. Profilati;

UNI EN 10143 - Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento metallico applicato per immersione a caldo in

continuo. Tolleranze dimensionali e di forma;

UNI EN 10025 - Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura.

- Lamiere a freddo

UNI 7958 - Prodotti finiti di acciaio non legato di qualità laminati a freddo. Lamiere sottili e nastri larghi da costruzione;

UNI EN 10142- Lamiere e nastri di acciaio a basso tenore di carbonio, zincati a caldo in continuo, per formatura a freddo. Condizioni tecniche di fornitura.

- Lamiere zincate

UNI EN 10143 - Lamiere sottili e nastri di acciaio con rivestimento metallico applicato per immersione a caldo in continuo. Tolleranze dimensionali e di forma;

UNI EN 10143 - Lamiere e nastri di acciaio per impieghi strutturali, zincati per immersione a caldo in continuo.

Condizioni tecniche di fornitura.

3) Acciaio inossidabile

-Telai

UNI EN 10088-1 - Acciai inossidabili. Parte 1: Lista degli acciai inossidabili;

UNI EN 10088-2 - Acciai inossidabili. Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura delle lamiere e dei nastri per impieghi generali.

4) Lega di rame

-Telai

UNI 4894 - Leghe di rame da lavorazione plastica. Ottone binario con Cu 67 % e Zn 33 %;

UNI 3310-1 - Semilavorati di rame e sue leghe. Barre e profilati di rame, ottoni binari, al piombo e speciali, ottenuti da lavorazione plastica. Caratteristiche meccaniche.

- Lamiere in rame

UNI 3310-2 Semilavorati di rame e sue leghe. Lamiere, nastri, bandelle piattine di rame, ottoni binari, al piombo e speciali, ottenuti da lavorazione plastica.

Finitura superficiale e verniciatura

La finitura superficiale dovrà essere priva di difetti visibili ad occhio nudo come graffi, colature, rigonfiamenti,

ecc.. In generale dovrà essere approvata dal Direttore dei Lavori.

Per gli infissi in alluminio la verniciatura dovrà rispettare le prescrizioni della UNI 9983.

Per gli infissi in acciaio la verniciatura dovrà rispettare le prescrizioni delle seguenti norme:

UNI EN ISO 12944-1 - Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.

Introduzione generale;

UNI EN ISO 12944-2- Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.

Classificazione degli ambienti;

UNI EN ISO 12944-3- Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.

Considerazioni sulla progettazione;

UNI EN ISO 12944-4 - Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.

Tipi di superficie e loro preparazione.

Per gli infissi in acciaio inossidabili si farà riferimento alla UNI 10088-2.

Guarnizioni

Le guarnizioni devono rispettare le seguenti norme:

UNI 9122-1 - Guarnizioni per serramenti. Classificazione e collaudo;

UNI 9122-2 - Edilizia. Guarnizioni per serramenti. Limiti di accettazione per guarnizioni compatte monoestruse;
UNI 9729-1 - Guarnizioni a spazzolino per serramenti. Classificazione e terminologia;
UNI 9729-2 - Guarnizioni a spazzolino per serramenti. Criteri di accettazione per tipi senza pinna centrale;
UNI 9729-3 - Guarnizioni a spazzolino per serramenti. Criteri di accettazione per tipi con pinna centrale;
UNI 9729-4 - Guarnizioni a spazzolino per serramenti. Metodi di prova.

Sigillanti

I sigillanti devono rispettare le seguenti norme:

UNI 9610 - Edilizia. Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti. Requisiti e prove;
UNI 9611 - Edilizia. Sigillanti siliconici monocomponenti per giunti. Confezionamento;
UNI EN 26927 - Edilizia. Prodotti per giunti. Sigillanti. Vocabolario;
UNI EN 27390 - Edilizia. Sigillanti per giunti. Determinazione della resistenza allo scorrimento;
UNI EN 28339 - Edilizia. Sigillanti per giunti. Determinazione delle proprietà tensili;
UNI EN 28340 - Edilizia. Prodotti per giunti. Sigillanti. Determinazione delle proprietà tensili in presenza di trazione prolungata nel tempo;
UNI EN 28394 - Edilizia. Prodotti per giunti. Determinazione dell'estrudibilità dei sigillanti monocomponenti;
UNI EN 29048 - Edilizia. Prodotti per giunti. Determinazione dell'estrudibilità dei sigillanti per mezzo di un apparecchio normalizzato.

Porte resistenti al fuoco

Commercializzazione CEE. Le porte ed altri elementi di chiusura legalmente fabbricati o commercializzati negli altri Stati membri dell'Unione europea od originari degli Stati firmatari dell'accordo SEE, sulla base di norme armonizzate o di norme o regole tecniche straniere riconosciute equivalenti, possono essere commercializzati in Italia per essere impiegati nel campo di applicazione del D.M. 14 dicembre 1993. La commercializzazione delle porte antincendio deve rispettare le prescrizioni del D.M. 3 novembre 2004.

Gli elementi di chiusura resistenti al fuoco debbono essere contrassegnati, con punzonatura in rilievo diretta o su targhetta inamovibile e leggibile anche dopo l'incendio dai seguenti dati:

- nome produttore
- anno di fabbricazione
- nominativo ente certificazione
- numero del certificato di prova
- classe/i di resistenza al fuoco
- numero distintivo progressivo con riferimenti annuale.

Per le superfici esposte al fuoco da precise norme il contrassegno deve essere applicato sulla superficie suscettibile di essere esposta al fuoco.

Porte installate lungo le vie di uscita. Tutte le porte resistenti al fuoco devono essere munite di dispositivo di autochiusura. Le porte in corrispondenza di locali adibiti a depositi possono essere non dotate di dispositivo di autochiusura, purché siano tenute chiuse a chiave. L'utilizzo di porte resistenti al fuoco installate lungo le vie di uscita e dotate di dispositivo di autochiusura, può in alcune situazioni determinare difficoltà sia per i lavoratori che per altre persone che normalmente devono circolare lungo questi percorsi. In tali circostanze le suddette porte possono essere tenute in posizione aperta, tramite appositi dispositivi elettromagnetici che ne consentano il rilascio a seguito:

- dell'attivazione di rivelatori di fumo posti in vicinanza delle porte;
- dell'attivazione di un sistema di allarme incendio;
- di mancanza di alimentazione elettrica del sistema di allarme incendio;
- di un comando manuale.

In particolare, fatti salvi gli adempimenti previsti da specifiche regole tecniche di prevenzione

incendi, l'installazione dei dispositivi di apertura manuale deve essere prevista nei seguenti casi:

a) sulle porte delle vie di esodo, qualora sia prevista l'installazione di dispositivi, devono essere installati dispositivi almeno conformi alla norma UNI EN 179 o ad altra a questa equivalente, qualora si verifichi una delle seguenti condizioni:

- l'attività è aperta al pubblico e la porta è utilizzabile da meno di 10 persone;
- l'attività non è aperta al pubblico e la porta è utilizzabile da un numero di persone superiore a 9 ed inferiore a 26;

b) sulle porte delle vie di esodo, qualora sia prevista l'installazione di dispositivi, devono essere installati dispositivi conformi alla norma UNI EN 1125 o ad altra a questa equivalente, qualora si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

- l'attività è aperta al pubblico e la porta è utilizzabile da più di 9 persone;
- l'attività non è aperta al pubblico e la porta è utilizzabile da più di 25 persone;
- i locali con lavorazioni e materiali che comportino pericoli di esplosione e specifici rischi d'incendio con più di 5 lavoratori addetti.

Sistemi di apertura delle porte. Il datore di lavoro o persona addetta, deve assicurarsi, all'inizio della giornata lavorativa, che le porte in corrispondenza delle uscite di piano e quelle da utilizzare lungo le vie di esodo non siano chiuse a chiave o, nel caso siano previsti accorgimenti antintrusione, possano essere aperte facilmente ed immediatamente dall'interno senza l'uso di chiavi. Tutte le porte delle uscite che devono essere tenute chiuse durante l'orario di lavoro, e per le quali è obbligatoria l'apertura nel verso dell'esodo, devono aprirsi a semplice spinta dall'interno. Nel caso siano adottati accorgimenti antintrusione, si possono prevedere idonei e sicuri sistemi di apertura delle porte alternativi a quelli previsti nel presente punto. In tale circostanza tutti i lavoratori devono essere a conoscenza del particolare sistema di apertura ed essere capaci di utilizzarlo in caso di emergenza. I dispositivi di apertura manuale, di seguito denominati «dispositivi», delle porte installate lungo le vie di esodo nelle attività soggette al controllo dei Vigili del fuoco ai fini del rilascio del certificato di prevenzione incendi, quando ne sia prevista l'installazione, devono essere conformi alle norme UNI EN 179 o UNI EN 1125 o ad altre a queste equivalenti.

Porte scorrevoli e porte girevoli. Una porta scorrevole non deve essere utilizzata quale porta di una uscita di piano. Tale tipo di porta può però essere utilizzata, se è del tipo ad azionamento automatico e può essere aperta nel verso dell'esodo a spinta con dispositivo opportunamente segnalato e restare in posizione di apertura in mancanza di alimentazione elettrica. Una porta girevole su asse verticale non può essere utilizzata in corrispondenza di una uscita di piano. Qualora sia previsto un tale tipo di porta, occorre che nelle immediate vicinanze della stessa sia installata una porta apribile a spinta opportunamente segnalata.

Installazione in fabbricati destinati anche ad altro uso o in locali inseriti nella volumetria del fabbricato servito. Le porte dei locali e dei disimpegni devono:

- essere apribili verso l'esterno e munite di congegno di autochiusura, di altezza minima di 2 m e larghezza minima 0,6 m. Per impianti con portata termica complessiva inferiore a 116 kW il senso di apertura delle porte non è vincolato.

- possedere caratteristiche di resistenza al fuoco non inferiori a REI 60 o REI 30, per impianti di portata termica rispettivamente superiore o non a 116 kW. Alle porte di accesso diretto da spazio scoperto, strada pubblica o privata, scoperta, o da intercapedine antincendio non è richiesto tale requisito, purché siano in materiale di classe 0 di reazione al fuoco.

Le strutture portanti Locali di installazione di impianti cucina e lavaggio stoviglie (D.M. 12 aprile 1996) devono possedere resistenza al fuoco non inferiore a R 120, quelle di separazione da altri ambienti non inferiore a REI

120. Per impianti di portata termica complessiva fino a 116 kW sono consentite caratteristiche R/REI 60.

L'accesso può avvenire direttamente:

- dall'esterno, tramite porta larga almeno 0,9 m in materiale di classe 0 di reazione al fuoco;
- e/o dal locale consumazione pasti, tramite porte larghe almeno 0,9 m di caratteristiche almeno REI 60 per portate termiche superiori a 116 kW e REI 30 negli altri casi, dotate di dispositivo di

autochiusura anche del tipo normalmente aperto purché asservito ad un sistema di rivelazione incendi.

E' consentita la comunicazione con altri locali, pertinenti l'attività servita dall'impianto, tramite disimpegno anche non aerato, con eccezione dei locali destinati a pubblico spettacolo, con i quali la comunicazione può avvenire esclusivamente tramite disimpegno, indipendentemente dalla portata termica.

Norme di riferimento

Per i requisiti d'accettazione delle porte e degli altri elementi di chiusura si farà riferimento anche alle seguenti norme:

D.M. 14 dicembre 1993 - Norme tecniche e procedurali per la classificazione di resistenza al fuoco ed omologazione di porte ed altri elementi di chiusura;

D.M. 9 aprile 1994 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la costruzione e l'esercizio delle attività ricettive turistico-alberghiere;

D.M. 12 aprile 1996 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi;

D.M. 19 agosto 1996 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo;

D.M. 10 marzo 1998 - Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro;

D.M. 18 settembre 2002 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private;

D.M. 3 novembre 2004 - Disposizioni relative all'installazione ed alla manutenzione dei dispositivi per l'apertura delle porte installate lungo le vie di esodo, relativamente alla sicurezza in caso d'incendio;

D.M. 15 marzo 2005 - Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo.

Art. 1.1.4 - COMPONENTI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Leganti per opere strutturali

Nelle opere strutturali oggetto delle norme tecniche approvate dal D.M. 14 gennaio 2008 devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia (legge 26 maggio 1965, n. 595 e norme armonizzate della serie EN 197), dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme EN 197-1 ed EN 197-2. È escluso l'impiego di cementi alluminosi. L'impiego dei cementi di tipo C, richiamati nella legge n. 595/1965, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta. In caso di ambienti chimicamente aggressivi si deve far riferimento ai cementi previsti dalle norme UNI 9156 (cementi resistenti ai solfati) e UNI 9606 (cementi resistenti al dilavamento della calce).

Fornitura

I sacchi per la fornitura dei cementi debbono essere sigillati ed in perfetto stato di conservazione. Se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, il cemento potrà essere rifiutato dalla Direzione dei Lavori e dovrà essere sostituito con altra idoneo. Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità del cemento potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e la loro analisi presso laboratori ufficiali. L'impresa dovrà disporre in cantiere di silos per lo stoccaggio del cemento che ne consentano la conservazione in idonee condizioni termoigrometriche.

Marchio di conformità

L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di

identificazione;

- ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- numero dell'attestato di conformità;
- descrizione del cemento;
- estremi del decreto.

Ogni altra dicitura deve essere stata preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

Metodi di prova

Ai fini dell'accettazione dei cementi la Direzione dei Lavori potrà effettuare le seguenti prove:

UNI 9606 - Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione;

UNI EN 196-1 - Metodi di prova dei cementi. Determinazione delle resistenze meccaniche;

UNI EN 196-2 - Metodi di prova dei cementi. Analisi chimica dei cementi;

UNI EN 196-3 - Metodi di prova dei cementi. Determinazione del tempo di presa e della stabilità;

UNI ENV 196-4 - Metodi di prova dei cementi. Determinazione quantitativa dei costituenti;

UNI EN 196-5 - Metodi di prova dei cementi. Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici;

UNI EN 196-6 - Metodi di prova dei cementi. Determinazione della finezza;

UNI EN 196-7 - Metodi di prova dei cementi. Metodi di prelievo e di campionatura del cemento;

UNI EN 196-21 - Metodi di prova dei cementi. Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali

nel cemento;

UNI ENV 197-1 - Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità. Cementi comuni;

UNI ENV 197-2 - Cemento. Valutazione della conformità;

UNI 10397 - Cementi. Determinazione della calce solubilizzata nei cementi per dilavamento con acqua distillata;

UNI 10517 - Cementi Comuni. Valutazione della conformità;

UNI ENV 413-1 - Cemento da muratura. Specifica;

UNI EN 413-2 - Cemento da muratura. Metodi di prova.

Aggregati

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature. La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature, devono essere lavati con acqua dolce qualora ciò sia necessario per eliminare materie nocive. Il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, non deve contenere impurità né materie pulverulenti, deve essere costituito da elementi, le cui dimensioni soddisfino alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

Sistema di attestazione della conformità

I sistemi di attestazione della conformità degli aggregati, infatti, prevede due livelli:

- livello di conformità 4, che prevede lo svolgimento del Controllo di Produzione da parte del produttore;

- livello di conformità 2+, comporta l'intervento di un Organismo notificato che certifica il Controllo svolto dal produttore.

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del D.P.R. n. 246/93 è indicato nella seguente tabella.

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Usato Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Aggregati per calcestruzzo	Calcestruzzo strutturale	2+
UNIEN 12620-13055	Usato non strutturale	4

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed

approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica. Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del D.P.R. n. 246/93. È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tabella seguente a condizione che la miscela di conglomerato cementizio confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Origine del materiale da riciclo	Rck del calcestruzzo (N/mm²)	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	< 15	fino al 100%
demolizioni di solo calcestruzzo e	= 35	= 30 %
c.a.	= 25	fino al 60 %
Riutilizzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati	= 55	fino al 5%

Per quanto riguarda gli aggregati leggeri, questi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 13055.

Marcatura CE

Gli aggregati che devono riportare obbligatoriamente la marcatura CE sono riportati nel seguente prospetto:

	Norme di riferimento
Aggregati per calcestruzzo	EN 12620
Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate	EN 13043
Aggregati leggeri - Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta da iniezione/boiaccia	EN 13055-1
Aggregati grossi per opere idrauliche (armourstone) - Parte 1	EN 13383-1
Aggregati per malte	EN 13139
Aggregati per miscele non legate e miscele legate utilizzati nelle opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade	EN 13242
Aggregati per massicciate ferroviarie	EN 13450

La produzione dei prodotti sopraelencati deve avvenire con un livello di conformità 2+, certificato da un organismo notificato.

Controlli d'accettazione

Gli eventuali controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, come stabilito dalle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, devono essere finalizzati alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella seguente tabella, insieme ai relativi metodi di prova.

Caratteristiche tecniche	Metodo di prova
Descrizione petrografica semplificata	EN932-3
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)	EN933-1
Indice di appiattimento	EN933-3

Dimensione per il filler	EN933-10
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)	EN933-4
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo Rck = C50/60)	EN1097-2

Sabbia

La sabbia, dovrà essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose, solfati ed avere dimensione massima dei grani di 2 mm per murature in genere, di 1 mm per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio. La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita di grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose; deve essere lavata con acqua dolce, qualora ciò sia necessario, per eliminare materie nocive.

-Verifiche sulla qualità

La Direzione dei Lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia, dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego. Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultano da certificato emesso in seguito ad esami fatti, eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave ed i risultati di tali indagini siano ritenuti idonei dalla Direzione dei Lavori. Il prelevamento dei campioni di sabbia normalmente deve avvenire dai cumuli sul luogo di impiego, diversamente può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai silos. La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale ed in particolare la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi prova possono riguardare l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

Norme per gli aggregati per la confezione di calcestruzzi

Riguardo all'accettazione degli aggregati impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo si fa riferimento anche alle seguenti norme:

UNI 8520-1 - Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Definizione, classificazione e caratteristiche;

UNI 8520-2 - Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Requisiti;

UNI 8520-7 - Aggregati per la confezione calcestruzzi. Determinazione del passante allo staccio 0,075 UNI 2332;

UNI 8520-8 - Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili;

UNI 8520-13 - Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'

assorbimento degli aggregati fini;

UNI 8520-16 - Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro);

UNI 8520-17 - Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della resistenza a compressione degli

aggregati grossi;

UNI 8520-20 - Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli

aggregati grossi;

UNI 8520-21 - Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Confronto in calcestruzzo con aggregati di

caratteristiche note;

UNI 8520-22 - Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della potenziale

reattività degli

aggregati in presenza di alcali;

UNI EN 1367-2 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati.

Prova al solfato di

magnesio;

UNI EN 1367-4 - Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati.

Determinazione

del ritiro per essiccamento;

UNI EN 12620:2003 - Aggregati per calcestruzzo;

UNI EN 1744-1 - Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati. Analisi chimica.

-Norme per gli aggregati leggeri

Riguardo all'accettazione degli aggregati leggeri si fa riferimento anche alle seguenti norme:

UNI EN 13055-1 - Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione;

UNI EN 13055-2 - Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati.

Aggiunte

È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma EN 450 e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalla UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

I fumi di silice devono essere costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale.

Ceneri volanti

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, etc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento. Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche che devono soddisfare i requisiti delle UNI EN 450 del settembre 1995. Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto A/C. Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

Microsilice

Silice attiva colloidale amorfa, costituita da particelle sferiche isolate di SiO₂ con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

La silice fume può essere fornita allo stato naturale come ottenuta dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone oppure come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di 50% in massa.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisicochimiche.

Il dosaggio della silice fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento. Detta aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto a/c.

Se si utilizzano cementi di tipo I potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto a/c una quantità

massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che

l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silice fume.

Additivi

Il loro impiego, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix

design della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata.

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:

- fluidificanti;
- aeranti;
- ritardanti; acceleranti;
- fluidificanti-aeranti;
- fluidificanti-ritardanti;
- fluidificanti-acceleranti;
- antigelo-superfluidificanti.

Gli additivi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea EN 934-2. L'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- dovranno essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;
- non dovranno contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- non provocare la corrosione dei ferri d'armatura;
- non interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo, in tal caso si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati solo dopo valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego. Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco. Per le modalità di controllo e di accettazione il Direttore dei Lavori potrà far eseguire prove od accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

Additivi acceleranti

Gli additivi acceleranti, allo stato solido o liquido hanno la funzione di addensare la miscela umida fresca e portare ad un rapido sviluppo delle resistenze meccaniche. Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento, in caso di prodotti che non contengono cloruri tali valori possono essere incrementati fino

al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso dovrà essere opportunamente diluito.

La Direzione dei Lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo quanto previsto dal paragrafo 11.1.9.4.

del D.M. 14 gennaio 2008 e delle norme UNI vigenti;

- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza

alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123;

In generale per quanto non specificato si rimanda alla UNI EN 934-2.

Additivi ritardanti

Gli additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della Direzione dei Lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta

monoliticità;

-getti in particolari condizioni climatiche;

- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

La Direzione dei Lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.1. 9.4. del D.M. 14 gennaio 2008 e delle norme UNI vigenti;

-la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

In generale per quanto non specificato si rimanda alla UNI EN 934-2.

Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa

autorizzazione della Direzione dei Lavori.

Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e lo 2% (ovvero come indicato dal fornitore)

del peso del cemento che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in dosaggio superiore rispetto alla norma. Per

evitare concentrazioni del prodotto prima dell'uso dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la

solubilità a basse temperature.

La Direzione dei Lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.1.9.4. D.M. 14 gennaio 2008 e delle norme UNI vigenti;

- la determinazione dei tempi d'inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la

presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua/cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della

Direzione dei Lavori. L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui, il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come

prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di

prequalifica della miscela. Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo; la Direzione

dei Lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento. Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere

contenuto tra lo 0,2 e lo 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento.

In generale per quanto non specificato si rimanda alla UNI EN 934-2. La Direzione dei Lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

-la determinazione della consistenza dell'impasto mediante l'impiego della tavola a scosse con riferimento alla UNI 8020;

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.1. 9.4. del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI vigenti;

-la prova di essudamento prevista dalla UNI 7122.

Additivi aeranti

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e

disgelo, previa
autorizzazione della Direzione dei Lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra lo
0,005 e lo 0,05%
(ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.

La Direzione dei Lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- la determinazione del contenuto d'aria secondo la UNI 6395;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo secondo previste dal paragrafo 11.1.9.4. del

D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI vigenti;

- prova di resistenza al gelo secondo la UNI 7087;
- prova di essudamento secondo la UNI 7122;

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

Agenti espansivi

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica che indurito, previa autorizzazione della Direzione dei Lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra lo 7 e lo 10% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.

-Norme di riferimento

In generale per quanto non specificato si rimanda alle seguenti norme:

UNI 8146 - Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Idoneità e relativi metodi di controllo;

UNI 8147 - Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell' espansione contrastata

della malta contenente l' agente espansivo;

UNI 8148 - Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell' espansione contrastata del

calcestruzzo contenente l' agente espansivo;

UNI 8149 - Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione della massa volumica.

La Direzione dei Lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.1.9.4. del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI vigenti;
- determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma UNI 7123.

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

Antievaporanti

Gli eventuali prodotti antievaporanti filmogeni devono rispondere alle norme UNI, da UNI 8656 a UNI 8660. L'appaltatore deve preventivamente sottoporre all'approvazione della Direzione dei Lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione. Il Direttore dei Lavori deve accertarsi, che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (per esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

Prodotti disarmanti

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti.

Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla norma UNI 8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

Metodi di prova

La Direzione dei Lavori, per quanto non specificato, per valutare l'efficacia degli additivi potrà disporre

l'esecuzione delle seguenti prove:

UNI 7110 - Additivi per impasti cementizi. Determinazione della solubilità in acqua distillata ed in acqua satura di calce;

UNI EN 934-2 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Additivi per calcestruzzo. Definizioni e requisiti;

UNI 10765 - Additivi per impasti cementizi. Additivi multifunzionali per calcestruzzo. Definizioni, requisiti e criteri di conformità.

Acqua di impasto

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali

dannose, priva di materie terrose e non essere aggressiva.

L'acqua, a discrezione della Direzione dei Lavori, in base al tipo di intervento od uso, potrà essere trattata con

speciali additivi per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto.

È vietato l'impiego di acqua di mare.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008 come stabilito

dalle norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

Acqua di impasto

CARATTERISTICA	PROVA	LIMITI DI ACCETTABILITA'
Ph	Analisi chimica	da 5,5 a 8,5
Contenuto solfati	Analisi chimica	SO ₄ --minore 800 mg/litro
Contenuto cloruri	Analisi chimica	Cl minore 300 mg/litro
Contenuto acido solfidrico	Analisi chimica	minore 50 mg/litro
Contenuto totale di sali minerali	Analisi chimica	minore 3000 mg/litro
Contenuto di sostanze organiche	Analisi chimica	minore 100 mg/litro
Contenuto di sostanze solide sospese	Analisi chimica	minore 2000 mg/litro

Classi di resistenza del conglomerato cementizio

Sulla base della titolazione convenzionale del conglomerato mediante la resistenza cubica R_{ck} vengono definite le seguenti classi di resistenza riportate nella seguente tabella.

Classi di resistenza dei calcestruzzi

CLASSE DI RESISTENZA	R_{ck} (N/mm ²)
molto bassa	$5 < R_{ck} = 15$
bassa	$15 < R_{ck} = 30$
media	$30 < R_{ck} = 55$
alta	$55 < R_{ck} = 85$

I conglomerati delle diverse classi di resistenza di cui alla tabella precedente, trovano impiego secondo quanto riportato nella tabella che segue.

Classi di impiego dei calcestruzzi

CLASSE DI	CLASSE DI RESISTENZA
-----------	----------------------

IMPIEGO		
A)	Per strutture in conglomerato cementizio non armato o a bassa percentuale di armatura	molto bassa
B)	Per strutture semplicemente armate	bassa e media
C)	Per strutture precomprese o semplicemente armate	media
D)	Per strutture semplicemente armate e/o precomprese	alta

Per le classi di resistenza molto bassa, bassa e media, la resistenza caratteristica R_{ck} deve essere controllata durante la costruzione secondo le prescrizioni del cap. 11 delle norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

Per la classe di resistenza alta, la resistenza caratteristica R_{ck} e tutte le grandezze meccaniche e fisiche che hanno influenza sulla resistenza e durabilità del conglomerato, vanno accertate prima dell'inizio dei lavori e la produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

Art. 1.1.5 - PRODOTTI DI PIETRE NATURALI O RICOSTRUITE

La terminologia utilizzata ha il significato di seguito riportato e le denominazioni commerciali dovranno essere riferite a campioni, atlanti, ecc.

Per le prove da eseguire presso i laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 si rimanda alle prescrizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2232 (Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione), del R.D. 16 novembre 1939, n. 2234 (Norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazione) e delle norme UNI vigenti.

I campioni delle pietre naturali da sottoporre alle prove da prelevare dalle forniture esistenti in cantiere, debbono presentare caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche conformi a quanto prescritto nei contratti, in relazione al tipo della pietra ed all'impiego che di essa deve farsi nella costruzione.

Valori indicativi di tenacità

Roccia	Tenacità
Calcere	1
Gneiss	1,20
Granito	1,50
Arenaria calcarea	1,50
Basalto	2,30
Arenaria silicea	2,60

Valori indicativi di resistenza a taglio

Roccia	Carico di rottura (Mpa)
Arenarie Calcere Marmi	3-9 5-11 12 15 16 18-34
Granito Porfido	22-31
Serpentini Gneiss	

Marmo

Roccia cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs dell'ordine da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino). A questa categoria appartengono:

- i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri ed i cipollini;
- i calcari, le dolomie e le breccie calcaree lucidabili;
- gli alabastri calcarei;
- le serpentiniti; - oficalciti

Granito

Roccia fanero-cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs dell'ordine da 6 a 7 (quali quarzo, feldspati, feldspatoidi). A questa categoria appartengono:

- i graniti propriamente detti (rocce magmatiche intrusive acide fanero-cristalline, costituite da quarzo, feldspati sodico-potassici e miche);
- altre rocce magmatiche intrusive (dioriti, granodioriti, sieniti, gabbri, ecc.);
- le corrispettive rocce magmatiche effusive, a struttura porfirica;
- alcune rocce metamorfiche di analoga composizione come gneiss e serizzi.

Travertino

Roccia calcarea sedimentaria di deposito chimico con caratteristica strutturale vacuolare, da decorazione e da costruzione; alcune varietà sono lucidabili.

Pietra

Roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile. A questa categoria appartengono rocce di composizione mineralogica svariatissima, non inseribili in alcuna classificazione. Esse sono riconducibili ad uno dei due gruppi seguenti:

- rocce tenere e/o poco compatte;
- rocce dure e/o compatte.

Per gli altri termini usati per definire il prodotto in base alle norme, dimensioni, tecniche di lavorazione ed alla conformazione geometrica, vale quanto riportato nella norma UNI EN 12670.

Requisiti di accettazione

I prodotti di cui sopra dovranno rispondere alle seguenti specifiche: a) appartenere alla denominazione commerciale e petrografica indicate nel progetto oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesto, nonché essere conformi a eventuali campioni di riferimento ed esenti da crepe, discontinuità, ecc. che ne riducono la resistenza o la funzione;

b) avere la lavorazione superficiale e/o le finiture di cui al progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento, nonché le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze;

c) per le seguenti caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (e i valori minimi e/o la dispersione percentuale):

- massa volumica reale ed apparente, misurata secondo la norma UNI 9724, parte 2^a;
- coefficiente di imbibizione della massa secca iniziale, misurato secondo la norma UNI 9724, parte 2^a;
- resistenza a compressione, misurata secondo la norma UNI 9724, parte 3^a;
- resistenza a flessione, misurata secondo la norma UNI 9724, parte 5^a;
- resistenza all'abrasione, misurata secondo le disposizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2234;

d) per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale per murature, pavimentazioni, coperture, ecc.), si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato e alle prescrizioni contenute nel progetto.

Art. 1.1.6 - PRODOTTI DI VETRO (LASTRE, PROFILATI A U E VETRI PRESSATI)

Si definiscono prodotti di vetro quelli che sono ottenuti dalla trasformazione e lavorazione del vetro.

Essi si dividono nelle seguenti principali categorie: lastre piane, vetri pressati, prodotti di seconda lavorazione.

Per le definizioni rispetto ai metodi di fabbricazione, alle loro caratteristiche, alle seconde lavorazioni, nonché per le operazioni di finitura dei bordi si fa riferimento alle norme UNI.

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della loro fornitura.

Le modalità di posa sono trattate nell'articolo 1.2.12.

Il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito

indicate.

Vetri piani grezzi

I vetri piani grezzi sono quelli colati e laminati grezzi ed anche cristalli grezzi traslucidi, incolori, bianchi, cosiddetti eventualmente armati. Le loro dimensioni saranno quelle indicate nel progetto esecutivo. Per le altre caratteristiche vale la norma UNI EN 572 che considera anche le modalità di controllo da adottare in caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

Vetri piani lucidi

I vetri piani lucidi tirati sono quelli incolori ottenuti per tiratura meccanica della massa fusa, che presenta sulle due facce, naturalmente lucide, ondulazioni più o meno accentuate non avendo subito lavorazioni di superficie. Le loro dimensioni saranno quelle indicate nel progetto esecutivo. Per le altre caratteristiche vale la norma UNI EN 572 che considera anche le modalità di controllo da adottare in caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

Vetri piani trasparenti

I vetri piani trasparenti float sono quelli chiari o colorati ottenuti per colata mediante galleggiamento su un bagno di metallo fuso. Le loro dimensioni saranno quelle indicate nel progetto esecutivo. Per le altre caratteristiche vale la norma UNI EN 572 che considera anche le modalità di controllo da adottare in caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

Vetri piani temprati

I vetri piani temprati sono quelli trattati termicamente o chimicamente in modo da indurre negli strati superficiali tensioni permanenti.

Le loro dimensioni saranno quelle indicate nel progetto esecutivo. Per le altre caratteristiche vale la norma UNI 7142 che considera anche le modalità di controllo da adottare in caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

Vetrocamere

I vetri piani uniti al perimetro (o vetrocamera) sono quelli costituiti da due lastre di vetro tra loro unite lungo il perimetro, solitamente con interposizione di un distanziatore, a mezzo di adesivi od altro in modo da formare una

o più intercapedini contenenti aria o gas disidratati. Le loro dimensioni, numero e tipo delle lastre saranno quelle indicate nel progetto esecutivo. Per le altre caratteristiche vale la norma UNI 10593 che definisce anche i metodi di controllo da adottare in caso di contestazione. I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

Vetri piani stratificati

I vetri piani stratificati sono quelli formati da due o più lastre di vetro e uno o più strati interposti di materia plastica

che incollano tra loro le lastre di vetro per l'intera superficie.

Il loro spessore varia in base al numero ed allo spessore delle lastre costituenti. Essi si dividono in base alla loro resistenza, alle sollecitazioni meccaniche come segue:

- stratificati antivandalismo;
- stratificati anticrimine;
- stratificati antiproiettile.

Le dimensioni, numero e tipo delle lastre saranno quelle indicate nel progetto esecutivo. Per le altre caratteristiche si fa riferimento alle norme seguenti:

- i vetri piani stratificati antivandalismo ed anticrimine devono rispondere rispettivamente alle

norme UNI 9186;

- i vetri piani stratificati antiproiettile devono rispondere alla norma UNI 9187.

I valori di isolamento termico, acustico, ecc. saranno quelli derivanti dalle dimensioni prescritte, il fornitore comunicherà i valori se richiesti.

Vetri piani profilati

I vetri piani profilati ad U sono dei vetri greggi colati prodotti sotto forma di barre con sezione ad U, con la superficie liscia o lavorata, e traslucida alla visione.

Possono essere del tipo ricotto (normale) o temprato armati o non armati. Le dimensioni saranno quelle indicate nel progetto esecutivo. Per le altre caratteristiche valgono le prescrizioni

della norma UNI EN 572 che indica anche i metodi di controllo in caso di contestazione.

Vetri pressati

I vetri pressati per vetrocemento armato possono essere a forma cava od a forma di camera d'aria.

Le dimensioni saranno quelle indicate nel progetto esecutivo. Per le caratteristiche vale quanto indicato nella

norma UNI 7440 che indica anche i metodi di controllo in caso di contestazione.

Art. 1.1.7 - PRODOTTI SIGILLANTI, ADESIVI E GEOTESSILI

Tutti i prodotti di seguito descritti vengono considerati al momento della fornitura. Il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate.

Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si fa riferimento ai metodi UNI esistenti.

Sigillanti

Per sigillanti si intendono i prodotti utilizzati per riempire in forma continua e durevole i giunti tra elementi edilizi (in particolare nei serramenti, nelle pareti esterne, nelle partizioni interne, ecc.) con funzione di tenuta all'aria, all'acqua, ecc.

Oltre a quanto specificato nel progetto esecutivo, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale sono destinati;
- diagramma forza deformazione (allungamento) compatibile con le deformazioni elastiche del supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego, cioè con decadimento delle caratteristiche meccaniche ed elastiche che non pregiudichino la sua funzionalità;
- durabilità alle azioni chimico-fisiche di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde alle prescrizioni progettuali od alle norme UNI 9610 e 9611 e/o è in possesso di attestati di conformità. In loro mancanza si fa riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Adesivi

Per adesivi si intendono i prodotti utilizzati per ancorare un prodotto ad un attiguo, in forma permanente, resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc. dovute all'ambiente ed alla destinazione d'uso.

Sono inclusi nel presente articolo gli adesivi usati in opere di rivestimenti di pavimenti e pareti o per altri usi e per diversi supporti (murario, terroso, legnoso, ecc.).

Sono esclusi gli adesivi usati durante la produzione di prodotti o componenti.

Oltre a quanto specificato nel progetto esecutivo, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si

intendono

rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale essi sono destinati;
- durabilità ai cicli termogravimetrici prevedibili nelle condizioni di impiego (cioè con un decadimento delle caratteristiche meccaniche che non pregiudichino la loro funzionalità);
- durabilità alle azioni chimico-fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;
- caratteristiche meccaniche adeguate alle sollecitazioni previste durante l'uso.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde ad una norma UNI e/o è in possesso di attestati di conformità. In loro mancanza si fa riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Geotessili

Per geotessili si intendono i prodotti utilizzati per costituire strati di separazione, contenimento, filtranti, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.) ed in coperture.

Si distinguono in:

- tessuti: stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);
- non-tessuti: feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si hanno non-tessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo.

Sono esclusi dal presente articolo i prodotti usati per realizzare componenti più complessi. Quando non è specificato nel progetto esecutivo, i geotessili devono essere rispondenti alle seguenti

caratteristiche:

UNI EN 918 -Geotessili e prodotti affini - Prova di punzonamento dinamico (metodo della caduta del cono);

UNI EN ISO 9863-2 - Geotessili e prodotti affini. Determinazione dello spessore a pressioni stabilite. Procedura

per la determinazione dello spessore dei singoli strati di prodotti multistrato;

UNI EN ISO 10319 - Geotessili . Prova di trazione a banda larga;

UNI EN ISO 10321 – Geotessili. Prova di trazione a banda larga per giunzioni e cuciture;

UNI ENV 12447 - Geotessili e prodotti affini. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'idrolisi;

UNI ENV 12224 - Geotessili e prodotti affini. Determinazione della resistenza agli agenti atmosferici;

UNI ENV 12225 -Geotessili e prodotti affini. Metodo per la determinazione della resistenza microbiologica

mediante prova di interrimento;

UNI ENV 12226 - Geotessili e prodotti affini - Prove generali per valutazioni successive a prove di durabilità;

UNI EN ISO 12236 - Geotessili e prodotti affini. Prova di punzonamento statico (metodo CBR);

UNI ENV ISO 13438 -Geotessili e prodotti affini. Metodo di prova per la determinazione della resistenza all'ossidazione.

Dovrà inoltre essere sempre specificata la natura del polimero costituente (poliestere, polipropilene, poliammide, ecc.).

Per quanto non espressamente indicato per i nontessuti si rimanda alle prescrizione delle seguenti norme:

UNI 8279-1 - Nontessuti. Metodi di prova. Campionamento;

UNI 8279-3 - Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della permeabilità all' aria;

UNI 8279-4 - Nontessuti. Metodi di prova. Prova di trazione (metodo di Grab);

UNI 8279-5 - Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione dell' assorbimento di liquidi (metodo del cestello);

UNI 8279-6 - Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione dell' assorbimento di liquidi (metodo della rete);

UNI 8279-7 - Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione dell' ascensione capillare;

UNI 8279-11 - Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza alla perforazione con il metodo della sfera;

UNI 8279-12 - Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della variazione dimensionale a caldo;

UNI 8279-13 - Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del coefficiente di permeabilità radiale all'acqua;

UNI 8279-14 - Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione della resistenza al punzonamento e della deformazione a rottura (metodo della penetrazione);

UNI 8279-16 -Nontessuti. Metodi di prova. Determinazione del tempo di assorbimento di acqua (metodo della goccia);

UNI EN 29073-1 - Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione della massa areica;

UNI EN 29073-3 - Tessili. Metodi di prova per nontessuti. Determinazione della resistenza a trazione e dell'allungamento;

UNI EN 29092 - Tessili. Nontessuti. Definizione.

Dovrà inoltre essere precisato:

- se sono costituiti da filamento continuo o da fiocco;
- se il trattamento legante è meccanico, chimico o termico;
- il peso unitario.

Art. 1.1.8 -PRODOTTI PER ASSORBIMENTO ACUSTICO

Si definiscono materiali assorbenti acustici (o materiali fonoassorbenti) quelli atti a dissipare in forma sensibile l'energia sonora incidente sulla loro superficie e, di conseguenza, a ridurre l'energia sonora riflessa. Questa proprietà è valutata con il coefficiente di assorbimento acustico (a), definito dall'espressione:

$$a = \frac{W_a}{W_i} \text{ -----}$$

dove: W_i è l'energia sonora incidente; W_a è l'energia sonora assorbita.

Sono da considerare assorbenti acustici tutti i materiali porosi a struttura fibrosa o alveolare aperta. A parità di struttura (fibrosa o alveolare) la proprietà fonoassorbente dipende dallo spessore. I materiali fonoassorbenti si classificano secondo lo schema di seguito riportato.

a) Materiali fibrosi:

- minerali (fibra di amianto, fibra di vetro, fibra di roccia);
- vegetali (fibra di legno o cellulosa, truciolari).

b) Materiali cellulari:

- minerali (calcestruzzi leggeri, laterizi alveolari, prodotti a base di tufo);
- sintetici (poliuretano a celle aperte, polipropilene a celle aperte).

Materiali fonoassorbenti in lastre o blocchi Per tutti i materiali fonoassorbenti forniti sotto forma di lastre, blocchi o forme geometriche predeterminate, si devono dichiarare le seguenti caratteristiche fondamentali:

- lunghezza - larghezza: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei Lavori;
- spessore: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti

progettuali; in assenza delle prime due valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei Lavori;

- massa areica: deve essere entro i limiti prescritti nella norma UNI o negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione Tecnica;

- coefficiente di assorbimento acustico: misurato in laboratorio secondo le modalità prescritte dalla norma UNI ISO 354 (UNI EN 20354), deve rispondere ai valori prescritti nel progetto od in assenza a quelli dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Saranno inoltre da dichiarare, in relazione alle prescrizioni di progetto, le seguenti caratteristiche:

- resistività al flusso d'aria;
- reazione e/o comportamento al fuoco;
- limiti di emissione di sostanze nocive per la salute;
- compatibilità chimico-fisica con altri materiali.

I prodotti vengono considerati al momento della fornitura; la Direzione dei Lavori ai fini della loro accettazione può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni sopra riportate. In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere).

Materiali fonoassorbenti che assumono la forma definitiva in opera

Per i materiali fonoassorbenti che assumono la forma definitiva in opera devono essere dichiarate le stesse caratteristiche riferite ad un campione significativo di quanto realizzato in opera. La Direzione dei Lavori deve inoltre attivare controlli della costanza delle caratteristiche del prodotto in opera, ricorrendo ove necessario a carotaggi, sezionamenti, ecc. significativi dello strato eseguito.

Idoneità all'impiego

Entrambe le categorie di materiali fonoassorbenti devono rispondere ad una o più delle caratteristiche di idoneità all'impiego, tra quelle della seguente tabella, in relazione alla loro destinazione d'uso (pareti, coperture, controsoffittature, pavimenti, ecc.).

Caratteristiche di idoneità all'impiego in relazione alla destinazione d'uso

Destinazione d'uso

CARATTERISTICA U. M.

A	B	C	D
---	---	---	---

Valori richiesti

Comportamento all'acqua assorbimento d'acqua per capillarità % assorbimento d'acqua per immersione % resistenza gelo e disgelo cicli permeabilità vapor d'acqua μ

Caratteristiche meccaniche

resistenza a compressione a carichi di lunga durata N/mm² resistenza a taglio parallelo alle facce N resistenza a flessione N resistenza al punzonamento N

resistenza al costipamento %

Caratteristiche di stabilità stabilità dimensionale % coefficiente di dilatazione lineare mm/m

temperatura limite di esercizio °C

Se non vengono prescritti i valori valgono quelli proposti dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei Lavori. In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere). Per le caratteristiche possedute intrinsecamente dal materiale non sono necessari controlli.

Art. 1.1.9 - PRODOTTI PER IMPERMEABILIZZAZIONE E PER COPERTURE

I prodotti per impermeabilizzazioni e per coperture piane sono sotto forma di:

- membrane in fogli e/o rotoli da applicare a freddo od a caldo, in fogli singoli o pluristrato;
- prodotti forniti in contenitori (solitamente liquidi e/o in pasta) da applicare a freddo od a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in sito una membrana

continua.

Membrane

Le membrane si classificano in base:

- al materiale componente (per esempio: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato, ecc.);
- al materiale di armatura inserito nella membrana (per esempio: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile, ecc.);
- al materiale di finitura della faccia superiore (per esempio: poliestere film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie, ecc.);
- al materiale di finitura della faccia inferiore (per esempio: poliestere non tessuto, sughero, alluminio foglio sottile, ecc.).

Prodotti forniti in contenitori

I prodotti forniti in contenitori possono essere :

- mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;
- asfalti colati;
- malte asfaltiche;
- prodotti termoplastici;
- soluzioni in solvente di bitume;
- emulsioni acquose di bitume;
- prodotti a base di polimeri organici.

Il Direttore dei Lavori ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura; in ogni caso l'appaltatore dovrà consegnare l'attestato di conformità della fornitura.

Le membrane per coperture di edifici in relazione allo strato funzionale che vanno a costituire (per esempio strato di tenuta all'acqua, strato di tenuta all'aria, strato di schermo e/o barriera al vapore, strato di protezione degli strati sottostanti, ecc.) devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza e alla norma UNI 8178.

Membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore sono le seguenti (norme UNI 9380-1 e UNI 9380-2):

- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione;
- flessibilità a freddo;
- comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- invecchiamento termico in acqua;
- giunzioni resistenti a trazione e impermeabili all'aria.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Caratteristiche di accettazione

Le caratteristiche delle membrane di impermeabilizzazione devono rispondere alle seguenti norme:

UNI 9380-1 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP per strato di

barriera e/o schermo al vapore;

UNI 9380-2 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF per strato di

barriera e/o schermo al vapore;

UNI 8629-1 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Caratteristiche prestazionali e loro significatività;

UNI 8629-2 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP per elemento di

tenuta;

UNI 8629-3 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPE per elemento

di tenuta;

UNI 8629-4 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione per tipi EPDM e IIR per

elementi di tenuta;

UNI 8629-5 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP (con

autoprotezione metallica) per elemento di tenuta;

UNI 8629-6 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi a base di PVC

plastificato per elementi di tenuta;

UNI 8629-7 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF (con

autoprotezione metallica) per elemento di tenuta;

UNI 8629-8 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF per elemento

di tenuta.

Membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore, di irrigidimento o ripartizione dei carichi, di regolarizzazione, di separazione e/o scorrimento o drenante sono le seguenti (norma UNI 9168):

- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- comportamento all'acqua;
- invecchiamento termico in acqua.

I prodotti non normati, devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori. Le membrane rispondenti alle norme UNI 9380 e UNI 8629 per le caratteristiche precitate sono valide anche per questo impiego.

Membrane destinate a formare strati di tenuta all'aria

Le caratteristiche di accettazione delle membrane destinate a formare strati di tenuta all'aria devono rispondere

alle seguenti norme:

UNI 9168-1 - Membrane complementari per impermeabilizzazione. Limiti di accettazione dei tipi con armatura

cartafeltro o vetro velo;

UNI 9168-2 - Membrane complementari per impermeabilizzazione. Limiti di accettazione dei tipi BOF.

I prodotti non normati devono essere conformi ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Le membrane rispondenti alle norme UNI 9380 e UNI 8629 per le caratteristiche precitate sono valide anche per formare gli strati di tenuta all'aria. In particolare dovranno essere controllati i seguenti parametri:

- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione ed alla lacerazione;
- comportamento all'acqua;
- giunzioni resistenti alla trazione e alla permeabilità all'aria.

Membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate formare strati di tenuta all'acqua sono le seguenti (norma UNI 8629, varie parti):

- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alla lacerazione;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionale in seguito ad azione termica;
- stabilità di forma a caldo;
- impermeabilità all'acqua e comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria ed acqua;
- resistenza all'ozono (solo per polimeriche e plastomeriche);
- resistenza ad azioni combinate (solo per polimeriche e plastomeriche);
- giunzioni resistenti a trazione e impermeabili all'aria.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Membrane destinate a formare strati di protezione

Le caratteristiche da considerare ai fini dell'accettazione delle membrane destinate formare strati di protezione sono le seguenti (norma UNI 8629, varie parti):

- tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alle lacerazioni;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionali a seguito di azione termica;
- stabilità di forma a caldo (esclusi prodotti a base di PVC, EPDM, IIR);
- comportamento all'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria;
- giunzioni resistenti a trazione;
- l'autoprotezione minerale deve resistere all'azione di distacco.

I prodotti non normati devono rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Membrane a base di elastomeri e di plastomeri

I tipi di membrane base di elastomeri e di plastomeri sono:

- membrane in materiale elastomerico senza armatura (per materiale elastomerico si intende un materiale che sia fundamentalmente elastico anche a temperature superiori o inferiori a quelle di normale impiego e/o che abbia subito un processo di reticolazione (per esempio gomma vulcanizzata));
- membrane in materiale elastomerico dotate di armatura (per materiale plastomerico si intende un materiale che sia relativamente elastico solo entro un intervallo di temperatura corrispondente generalmente a quello di impiego ma che non abbia subito alcun processo di reticolazione (come per esempio cloruro di polivinile plastificato o altri materiali termoplastici flessibili o gomme non vulcanizzate));
- membrane in materiale plastomerico flessibile senza armatura;
- membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;
- membrane in materiale plastomerico rigido (per esempio polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o non, polipropilene);
- membrane polimeriche a reticolazione posticipata (per esempio polietilene clorosolfanato) dotate

di armatura;

– membrane polimeriche accoppiate (membrane polimeriche accoppiate o incollate sulla faccia interna ad altri elementi aventi funzioni di protezione altra funzione particolare, comunque non di tenuta. In questi casi, quando la parte accoppiata all'elemento polimerico impermeabilizzante ha importanza fondamentale per il comportamento in opera della membrana, le prove devono essere eseguite sulla membrana come fornita dal produttore).

Le classi di utilizzo delle membrane base di elastomeri e di plastomeri sono le seguenti:

- classe A: membrane adatte per condizioni eminentemente statiche del contenuto (per esempio, bacini, dighe, sbarramenti, ecc.);

- classe B: membrane adatte per condizioni dinamiche del contenuto (per esempio, canali, acquedotti, ecc.);

- classe C: membrane adatte per condizioni di sollecitazioni meccaniche particolarmente gravose, concentrate o no (per esempio, fondazioni, impalcati di ponti, gallerie, ecc);

- classe D: membrane adatte anche in condizioni di intensa esposizione agli agenti atmosferici e/o alla luce;

-classe E: membrane adatte per impieghi in presenza di materiali inquinanti e/o aggressivi (per esempio, discariche, vasche di raccolta e/o decantazione, ecc.);

- classe F: membrane adatte per il contatto con acqua potabile o sostanze di uso alimentare (per esempio, acquedotti, serbatoi, contenitori per alimenti, ecc.).

Nell'utilizzo delle membrane polimeriche per impermeabilizzazione, possono essere necessarie anche

caratteristiche comuni a più classi.

Le membrane a base di elastomeri e di plastomeri devono rispettare le caratteristiche previste dalle varie parti della norma UNI 8898 (varie parti).

Prodotti forniti sotto forma di liquidi o paste

I prodotti forniti solitamente sotto forma di liquidi o paste destinati principalmente a realizzare strati di tenuta all'acqua (ma anche altri strati funzionali della copertura piana) a secondo del materiale costituente, devono rispondere alle caratteristiche ed ai valori limiti di riferimento normalmente applicati; quando non sono riportati limiti si intende che valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettati dalla

Direzione dei Lavori.

I bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni (in solvente e/o emulsione acquosa) devono rispondere ai limiti specificati, per i diversi tipi, alle prescrizioni delle seguenti norme:

UNI 4157 - Edilizia. Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni. Campionamento e limiti di accettazione;

UNI 4163 - Impermeabilizzazione delle coperture. Bitumi da spalmatura. Determinazione dell'indice di

penetrazione dei bitumi.

Caratteristiche dei bitumi da spalmatura

Indicazione per la designazione	Penetrazione a 25 °C dmm/min	Punto di rammollimento (palla anello °C/min)
0	40	55
15	35	65
25	20	80

Le malte asfaltiche per impermeabilizzazione devono rispondere alle seguenti norme:

UNI 5660 - Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Caratteristiche e prelievo dei

campioni;

UNI 5661 - Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione del punto di rammollimento

con il metodo palla-anello;

UNI 5662 - Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione dello scorrimento su piano

inclinato;

UNI 5663 - Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione della fragilità (punto di rottura);

UNI 5664 - Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua;

UNI 5665 - Impermeabilizzazione delle coperture. Malte asfaltiche. Trattamento di termo-ossidazione.

Gli asfalti colati per impermeabilizzazioni devono rispondere alle seguenti norme:

UNI 5654 - Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Caratteristiche e prelievo dei campioni;

UNI 5655 - Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione del punto di rammollimento con il metodo palla-anello;

UNI 5656 - Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione dello scorrimento su piano inclinato;

UNI 5657 - Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione della fragilità a freddo;

UNI 5658 - Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Determinazione dell'impermeabilità all'acqua;

UNI 5659 - Impermeabilizzazione delle coperture. Asfalti colati. Trattamento di termo-ossidazione. Il mastice di rocce asfaltiche per la preparazione di malte asfaltiche e degli asfalti colati deve rispondere alla seguente norma:

UNI 4377 - Impermeabilizzazione delle coperture. Mastice di rocce asfaltiche per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati.

Il mastice di asfalto sintetico per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati deve rispondere alle seguenti norme:

UNI 4378 - Impermeabilizzazione delle coperture. Mastice di asfalto sintetico per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati;

UNI 4379 - Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione dell'impronta nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici;

UNI 4380 - Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione delle sostanze solubili in solfuro di carbonio presenti nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici;

UNI 4381 - Impermeabilizzazione delle coperture. Estrazione del bitume dai mastici di rocce asfaltiche e dai mastici di asfalto sintetici;

UNI 4382 - Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione degli asfalteni presenti nei bitumi contenuti nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici;

UNI 4383 - Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione dei carbonati presenti nel materiale minerale;

UNI 4384 - Impermeabilizzazione delle coperture. Determinazione delle sostanze insolubili in acido cloridrico presenti nel materiale minerale contenuto nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici;

UNI 4385 - Impermeabilizzazione delle coperture. Controllo granulometrico del materiale minerale contenuto nei mastici di rocce asfaltiche e nei mastici di asfalto sintetici.

I prodotti fluidi od in pasta a base di polimeri organici (bituminosi, epossidici, poliuretanic, epossipoliuretanic,

eossi-catrame, polimetencatrame, polimeri clorurati, acrilici, vinilici, polimeri isomerizzati) devono essere valutate

in base alle caratteristiche ed ai limiti di riferimento normalmente applicati; quando non sono riportati limiti si

intende che valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettati dalla Direzione

dei Lavori.

Per i valori non prescritti si intendono validi quelli dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Caratteristiche di comportamento da verificare in sito o su campioni significativi di quanto realizzati in sito:

– spessore dello strato finale in relazione al quantitativo applicato per ogni metro quadrato

Per i valori non prescritti si intendono validi quelli dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Rinforzo di guaine liquide a base di resine acriliche ed epoxibituminose

Le guaine liquide a base di resine acriliche ed epoxibituminose e le malte impermeabilizzanti dovranno essere rinforzate con l'applicazione di reti in fibra di vetro. Per superfici irregolari o inclinate l'uso di reti realizzate con speciali filati voluminizzati assicura un maggiore assorbimento di resina evitando fenomeni di gocciolatura e garantendo l'omogeneità della distribuzione del prodotto. Sul prodotto impermeabilizzante appena applicato, dovrà essere posata la rete ben tesa, annegandola mediante spatola, rullo o pennello, avendo cura di sovrapporre i teli per almeno 10 cm evitando la formazione di bolle e piegature.

Altre norme di riferimento

UNI 8178 - Edilizia. Coperture. Analisi degli elementi e strati funzionali.

UNI 9380-1 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BPP per strato di

barriera e/o schermo al vapore;

UNI 9380-2 - Membrane per impermeabilizzazione di coperture. Limiti di accettazione dei tipi BOF per strato di

barriera e/o schermo al vapore.

Art. 1.1.10 - PRODOTTI PER ISOLAMENTO ACUSTICO

Si definiscono materiali isolanti acustici (o materiali fonoisolanti) quelli atti a diminuire in forma sensibile la

trasmissione di energia sonora che li attraversa.

Questa proprietà è valutata con il potere fonoisolante (R) definito dalla seguente formula:

W_i

$R = 10 \log W_t$ dove: W_i è l'energia sonora incidente; W_t è l'energia sonora trasmessa.

Tutti i materiali comunemente impiegati nella realizzazione di divisori in edilizia devono possedere proprietà fonoisolanti.

Per materiali omogenei questa proprietà dipende essenzialmente dalla loro massa areica. Quando sono realizzati sistemi edilizi compositi (pareti, coperture, ecc.) formate da strati di materiali diversi, il potere fonoisolante di queste strutture dipende, oltre che dalla loro massa areica, dal numero e qualità degli strati, dalle modalità di accoppiamento, dalla eventuale presenza di intercapedine d'aria.

Materiali fonoisolanti in lastre o blocchi

Per tutti i materiali fonoisolanti forniti sotto forma di lastre, blocchi o forme geometriche predeterminate, si devono dichiarare le seguenti caratteristiche fondamentali:

- dimensioni: lunghezza - larghezza, valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei Lavori;
- spessore: valgono le tolleranze stabilite nelle norme UNI, oppure specificate negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelle dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei Lavori;
- massa areica: deve essere entro i limiti prescritti nella norma UNI o negli altri documenti progettuali; in assenza delle prime due valgono quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione Tecnica;
- potere fonoisolante: misurato in laboratorio secondo le modalità prescritte dalla norma UNI 8270/3, deve rispondere ai valori prescritti nel progetto esecutivo od in assenza a quelli dichiarati dal produttore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Saranno inoltre da dichiarare, in relazione alle prescrizioni di progetto, le seguenti caratteristiche:

- modulo di elasticità;
- fattore di perdita;
- reazione o comportamento al fuoco;
- limiti di emissione di sostanze nocive per la salute;
- compatibilità chimico-fisica con altri materiali.

I prodotti vengono considerati al momento della fornitura; la Direzione dei Lavori ai fini della loro accettazione può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure chiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni sopra riportate. In caso di contestazione i metodi di campionamento e di prova delle caratteristiche di cui sopra sono quelli stabiliti dalle norme UNI ed in mancanza di queste ultime, quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali od estere).

Materiali fonoisolanti che assumono la forma definitiva in opera

Per i materiali fonoisolanti che assumono la forma definitiva in opera devono essere dichiarate le stesse caratteristiche riferite ad un campione significativo di quanto realizzato in opera. La Direzione dei Lavori deve inoltre attivare controlli della costanza delle caratteristiche del prodotto in opera, ricorrendo ove necessario a carotaggi, sezionamenti, ecc. significativi dello strato eseguito.

Idoneità all'impiego

Entrambe le categorie di materiali fonoisolanti devono rispondere ad una o più delle caratteristiche di idoneità all'impiego, come indicato al paragrafo relativo ai prodotti per assorbimento acustico, in relazione alla loro destinazione d'uso.

Art. 1.1.11 - PRODOTTI PER PARETI ESTERNE E PARTIZIONI INTERNE

Prodotti a base di laterizio, calcestruzzo e similari

I prodotti a base di laterizio, calcestruzzo e similari non aventi funzione strutturale (vedere articolo murature) ma unicamente di chiusura nelle pareti esterne e partizioni devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed a loro completamento alle seguenti prescrizioni:

- gli elementi di laterizio (forati e non) prodotti mediante trafilatura o pressatura con materiale normale od alleggerito devono rispondere alla norme: UNI 8942-1, UNI 8942-2, UNI 8942-3;
- gli elementi di calcestruzzo dovranno rispettare le stesse caratteristiche indicate nella norma UNI

esclusione delle caratteristiche di inclusione calcarea), i limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto esecutivo ed in loro mancanza quelli dichiarati dal produttore ed approvati dalla Direzione dei Lavori;

-gli elementi di calcio silicato, pietra ricostruita, pietra naturale, saranno accettati in base alle loro caratteristiche dimensionali e relative tolleranze; caratteristiche di forma e massa volumica (foratura, smussi, ecc.); caratteristiche meccaniche a compressione, taglio a flessione; caratteristiche di comportamento all'acqua ed al gelo (imbibizione, assorbimento d'acqua, ecc.).

I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto esecutivo ed in loro mancanza saranno quelli dichiarati dal fornitore ed approvati dalla Direzione dei Lavori.

Prodotti ed i componenti per facciate continue.

I prodotti ed i componenti per facciate continue dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed in loro mancanza alle seguenti prescrizioni:

- gli elementi dell'ossatura devono avere caratteristiche meccaniche coerenti con quelle del progetto esecutivo in modo da poter trasmettere le sollecitazioni meccaniche (peso proprio delle facciate, vento, urti, ecc.) alla struttura portante, resistere alle corrosioni ed azioni chimiche dell'ambiente esterno ed interno;
- gli elementi di tamponamento (vetri, pannelli, ecc.) devono essere compatibili chimicamente e fisicamente con l'ossatura; resistere alle sollecitazioni meccaniche (urti, ecc.); resistere alle sollecitazioni termoigrometriche dell'ambiente esterno e chimiche degli agenti inquinanti;
- le parti apribili ed i loro accessori devono rispondere alle prescrizioni sulle finestre o sulle porte;
- i rivestimenti superficiali (trattamenti dei metalli, pitturazioni, fogli decorativi, ecc.) devono essere coerenti con le prescrizioni sopra indicate;
- le soluzioni costruttive dei giunti devono completare ed integrare le prestazioni dei pannelli ed essere sigillate con prodotti adeguati. La rispondenza alle norme UNI per gli elementi metallici e loro trattamenti superficiali, per i vetri, i pannelli di legno, di metallo o di plastica e per gli altri componenti, viene considerato automaticamente soddisfacimento delle prescrizioni sopraddette.

Prodotti e componenti per partizioni interne prefabbricate

I prodotti ed i componenti per partizioni interne prefabbricate che vengono assemblate in opera (con piccoli lavori di adattamento o meno) devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed, in mancanza, alle prescrizioni indicate al punto precedente.

Prodotti a base di cartongesso

I prodotti a base di cartongesso devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed, in mancanza, alle prescrizioni seguenti:

- avere spessore con tolleranze $\pm 0,5$ mm;
- lunghezza e larghezza con tolleranza ± 2 mm,
- resistenza all'impronta, all'urto, alle sollecitazioni localizzate (punti di fissaggio);
- a seconda della destinazione d'uso, con basso assorbimento d'acqua, con bassa permeabilità al vapore (prodotto abbinato a barriera al vapore), con resistenza all'incendio dichiarata, con isolamento acustico dichiarato. I limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto esecutivo ed, in loro mancanza, quelli dichiarati dal produttore ed approvati dalla Direzione dei Lavori.

Blocchi di gesso

I blocchi in gesso pieni o forati per la formazione di pareti verticali, secondo le dimensioni del progetto esecutivo, a discrezione del Direttore dei Lavori, per evitare in futuro rigonfiamenti e danni dovuti all'elevata umidità relativa od al contatto con acqua, dovranno essere collocati previa predisposizione di una guaina impermeabile collocata

a livello del pavimento al fine di evitare la risalita dell'umidità.

In mancanza di norme italiana specifiche si potrà fare riferimento alla DIN 18163. In cantiere il materiale deve essere appoggiato a pavimento, sempre in piano, al coperto o sotto un telo di plastica.

Norme di riferimento

a) Classificazione

UNI 8369-2 - Pareti perimetrali verticali. Classificazione e terminologia;

UNI 8979 - Pareti perimetrali verticali. Analisi degli strati funzionali;

UNI 9269 - Pareti verticali. Prova di resistenza agli urti;

b) Pareti interne semplici

UNI 8201 - Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza agli urti da corpo molle e duro;

UNI 8326. Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prove di resistenza ai carichi sospesi;

UNI 8327 - Edilizia residenziale. Pareti interne semplici. Prova di resistenza al calore per irraggiamento;

c) Pareti interne mobili

UNI 10700 - Partizioni interne - Pareti interne mobili - Terminologia e classificazione;

UNI 10815 - Pareti interne mobili. Attrezzabilità per impianti tecnici. Criteri generali;

UNI 10816 - Pareti interne mobili. Attrezzabilità con equipaggiamenti di servizio. Criteri generali;

UNI 10817 - Pareti interne mobili. Collegamenti di messa a terra. Requisiti e verifica;

UNI 10879 - Pareti interne mobili. Prova di resistenza ai carichi sospesi ed orizzontali;

UNI 10880 - Pareti interne mobili. Requisiti e metodi di prova di resistenza agli urti;

UNI 10820 - Partizioni interne. Pareti interne mobili. Analisi dei requisiti.

d) Materie plastiche cellulari rigide

UNI 10386 - Materie plastiche cellulari rigide. Pannelli compositi con anima di poliuretano espanso rigido e

paramenti rigidi per coperture, pareti perimetrali verticali esterne e di partizione interna. Tipi, requisiti e prove.

e) Strutture di legno

UNI EN 594 - Strutture di legno. Metodi di prova. Resistenza rigidezza di piastra di pannelli per pareti con telaio di legno;

UNI EN 596 - Strutture di legno. Metodi di prova. Prova di impatto con un corpo morbido su pareti con telaio di legno.

Art. 1.1.12 - PRODOTTI PER RIVESTIMENTI INTERNI ED ESTERNI

Si definiscono prodotti per rivestimenti quelli utilizzati per realizzare i sistemi di rivestimento verticali (pareti, facciate) ed orizzontali (estradossi, solai, controsoffitti) dell'edificio.

I prodotti si distinguono:

a) secondo il loro stato fisico in:

- rigidi (rivestimenti in pietra, ceramica, vetro, alluminio, gesso, ecc.);

- flessibili (carte da parati, tessuti da parati, ecc.);

- fluidi o pastosi (intonaci, vernicianti, rivestimenti plastici, ecc.);

b) secondo la loro collocazione in:

-per esterno;

- per interno;

c) secondo la loro collocazione nel sistema di rivestimento in:

-di fondo;

- intermedi;

-di finitura.

Tutti i prodotti di seguito descritti vengono considerati al momento della fornitura. Il Direttore dei

Lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura, oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate e generalmente indicate.

Prodotti rigidi Piastrelle di ceramica: con riferimento al D.M. 26 giugno 1997, recante Istituzione dei marchi «ceramica artistica e tradizionale» e «ceramica di qualità», la ceramica artistica e tradizionale deve recare il marchio previsto. Per qualunque altra indicazione o contestazione si rimanda alle prescrizioni delle norme UNI vigenti.

Per le lastre di pietra vale quanto riportato nel progetto esecutivo circa le caratteristiche più significative e le lavorazioni da apportare. In mancanza o ad integrazione del progetto valgono i criteri di accettazione generali indicati nell'articolo 1.1.5 integrati dalle prescrizioni fornite, e nell'articolo 1.1.18 relativo ai prodotti per pavimentazioni di pietra (in particolare, per le tolleranze dimensionali e le modalità di imballaggio). Sono comunque da prevedere gli opportuni incavi, fori, ecc. per il fissaggio alla parete e gli eventuali trattamenti di protezione.

Per gli elementi di metallo o materia plastica valgono le prescrizioni del progetto esecutivo. Le loro prestazioni meccaniche (resistenza all'urto, abrasione, incisione), di reazione e resistenza al fuoco, di resistenza agli agenti chimici (detergenti, inquinanti, aggressivi, ecc.) ed alle azioni termoigrometriche saranno quelle prescritte nelle norme UNI, in relazione all'ambiente (interno/esterno) nel quale saranno collocati ed alla loro quota dal pavimento (o suolo), oppure, in loro mancanza valgono quelle dichiarate dal fabbricante ed accettate dalla Direzione dei lavori. Essi, inoltre, saranno predisposti per il fissaggio in opera con opportuni fori, incavi, ecc. Per gli elementi verniciati, smaltati, ecc., le caratteristiche di resistenza alla usura, ai viraggi di colore, ecc. saranno riferite ai materiali di rivestimento. La forma e la costituzione dell'elemento saranno tali da ridurre al minimo i fenomeni di vibrazione e di produzione di rumore, tenuto anche conto dei criteri di fissaggio.

Lastre di cartongesso: il cartongesso è un materiale costituito da uno strato di gesso racchiuso fra due fogli di cartone speciale resistente ed aderente. In cartongesso si possono eseguire controsoffitti piani o sagomati, pareti divisorie che permettono l'alloggiamento di impianti tecnici e l'inserimento di materiali termo-acustici. Queste opere possono essere in classe 1 o classe 0 di reazione al fuoco e anche REI 60' / 90' / 120' di resistenza al fuoco. Il prodotto in lastre deve essere fissato con viti autofilettanti ad una struttura metallica in lamiera di acciaio zincato mentre nel caso di contropareti, deve essere fissato direttamente sulla parete esistente con colla e tasselli, le giunzioni devono essere sigillate e rasate con appositi materiali. Per i requisiti d'accettazione si rinvia all'articolo sui prodotti per pareti esterne e partizioni interne.

Lastre di calcestruzzo: per le lastre di calcestruzzo valgono le prescrizioni generali date nell'articolo su prodotti di calcestruzzo con in aggiunta le caratteristiche di resistenza agli agenti atmosferici (gelo/disgelo) ed agli elementi aggressivi trasportati dall'acqua piovana e dall'aria. Per gli elementi piccoli e medi fino a 1,2 m come dimensione massima si debbono realizzare opportuni punti di fissaggio ed aggancio. Per gli elementi grandi (pannelli prefabbricati) valgono per quanto applicabili e/o in via orientativa le prescrizioni dell'articolo sulle strutture prefabbricate di calcestruzzo.

Prodotti flessibili

Le carte da parati, così come definite nelle norme UNI EN 233 e UNI EN 235, devono rispettare le tolleranze dimensionali dell'1,5 % su larghezza e lunghezza; garantire resistenza meccanica ed alla lacerazione (anche nelle condizioni umide di applicazione); avere deformazioni dimensionali ad umido limitate; resistere alle variazioni di calore e, quando richiesto, avere resistenza ai lavaggi e reazione o resistenza al fuoco adeguate. Le confezioni devono riportare i segni di riferimento per le sovrapposizioni, gli allineamenti (o sfalsatura) dei disegni, l'inversione dei singoli teli, ecc.

I rivestimenti tessili per pareti devono rispondere alle prescrizioni elencate per le carte da parati, con adeguato livello di resistenza e possedere le necessarie caratteristiche di elasticità per la posa a tensione.

Per entrambe le categorie (carta e tessili) la rispondenza alle norme UNI EN ISO 233, 234, 259 e 266 è considerata rispondenza alle prescrizioni del presente articolo.

Prodotti fluidi od in pasta

Gli intonaci sono rivestimenti realizzati con malta per intonaci costituita da un legante (calce-cemento-gesso), da un inerte (sabbia, polvere o granuli di marmo, ecc.) e, eventualmente, da pigmenti o terre coloranti, additivi e rinforzanti.

Gli intonaci devono possedere le caratteristiche indicate nel progetto esecutivo e le seguenti caratteristiche:

- capacità di riempimento delle cavità ed eguagliamento delle superfici;
- reazione al fuoco e/o resistenza all'incendio adeguate;
- impermeabilità all'acqua e/o funzione di barriera all'acqua;
- effetto estetico superficiale in relazione ai mezzi di posa usati;
- adesione al supporto e caratteristiche meccaniche.

Per i prodotti forniti premiscelati la rispondenza a norme UNI è sinonimo di conformità alle prescrizioni predette;

per gli altri prodotti valgono i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I prodotti vernicianti sono applicati allo stato fluido, costituiti da un legante (naturale o sintetico), da una carica e da un pigmento o terra colorante che, passando allo stato solido, formano una pellicola o uno strato non

pellicolare sulla superficie. Si distinguono in:

- tinte, se non formano pellicola e si depositano sulla superficie;
- impregnanti, se non formano pellicola e penetrano nella porosità del supporto;
- pitture, se formano pellicola ed hanno un colore proprio;
- vernici, se formano pellicola e non hanno un marcato colore proprio;
- rivestimenti plastici, se formano pellicola di spessore elevato o molto elevato (da 1 a 5 mm circa), hanno colore proprio e disegno superficiale più o meno accentuato.

I prodotti vernicianti devono possedere valori adeguati delle seguenti caratteristiche in funzione delle prestazioni loro richieste:

dare colore in maniera stabile alla superficie trattata;

- avere funzione impermeabilizzante;
- essere traspiranti al vapore d'acqua;
- impedire il passaggio dei raggi UV;
- ridurre il passaggio della CO₂;
- avere adeguata reazione e/o resistenza al fuoco (quando richiesto); -- avere funzione passivante del ferro (quando richiesto);
- avere resistenza alle azioni chimiche degli agenti aggressivi (climatici, inquinanti);
- resistere (quando richiesto) all'usura.

I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto esecutivo o, in mancanza, quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

Art. 1.1.13 - PRODOTTI PER TUBAZIONI DI IMPIANTI DI ADDUZIONE DI ACQUA, GAS E FOGNATURE

Tubi in acciaio

In generale deve farsi riferimento alle istruzioni della C.M. 5 maggio 1966, n. 2136, riportante le prescrizioni per i tubi di acciaio per acquedotti, ricavati da lamiera curvate con saldature longitudinali o elicoidali, con estremità per giunzioni di testa o a bicchiere. L'acciaio delle lamiere deve essere di qualità ed avere di norma caratteristiche meccaniche e chimiche rientranti in uno dei tipi di acciaio saldabili delle tabelle UNI 5335-64 o caratteristiche analoghe purché rientranti nei seguenti limiti:

- carico unitario di rottura a trazione non minore di 34 kg/mm²;
- rapporto tra carico di snervamento e carico di rottura non superiore a 0,80;

- contenuto di carbonio non maggiore di 0,29%;
- contenuto di fosforo non maggiore di 0,05%;
- contenuto di zolfo non maggiore di 0,05%;
- contenuto di fosforo e zolfo nel complesso non maggiore di 0,08%;
- contenuto di manganese non maggiore di 1,20%;
- contenuto di carbonio e di manganese tali che la somma del contenuto di carbonio e di 1/6 di quello di manganese non sia superiore a 0,45%.

Le prescrizioni di cui sopra saranno suscettibili di aggiornamento in relazione all'adozione di norme di unificazione internazionale.

Norme di riferimento:

UNI 6363 - Tubi di acciaio, senza saldatura e saldati, per condotte di acqua.

UNI EN 10147 - Lamiere e nastri di acciaio per impieghi strutturali, zincati per immersione a caldo in continuo.

Condizioni tecniche di fornitura.

Tolleranze

La C.M. 5 maggio 1966, n. 2136 stabilisce le seguenti tolleranze:

a) spessore della lamiera al di fuori dei cordoni di saldatura:

- in meno: 12,5% ed eccezionalmente 15% in singole zone per lunghezze non maggiori del doppio del diametro del tubo;

- in più: limitate dalle tolleranze sul peso;

- diametro esterno \pm 1,5% con un minimo di 1 mm;

b) diametro esterno delle estremità calibrate dei tubi con estremità liscia per saldatura di testa per una lunghezza

non maggiore di 200 mm dalle estremità:

- 1 mm per tubi del diametro fino a 250 mm;

- 2,5 mm; - 1 millimetro per tubi del diametro oltre i 250 mm. L'ovalizzazione delle sezioni di estremità sarà

tollerata entro limiti tali da non pregiudicare l'esecuzione a regola d'arte della giunzione per saldatura di testa;

c) sul diametro interno del bicchiere per giunti a bicchiere per saldatura: + 3 mm. Non sono ammesse tolleranze in

meno;

d) sul peso calcolato in base alle dimensioni teoriche ed al peso specifico di 7,85 kg/cm³ sono ammesse le

seguenti tolleranze:

- sul singolo tubo: + 10%; - 8%;

- per partite di almeno 10 t: +/- 7,5%.

Tipologie tubi

I tubi di acciaio possono essere senza saldatura o saldati. Ad ogni diametro corrisponde una pressione massima d'esercizio.

Le tubazioni di uso più frequente hanno uno spessore detto della serie normale mentre quelle con spessore

minimo si definiscono della serie leggera.

Tubi senza saldatura

I tubi secondo i prospetti 3.1. (Composizione chimica percentuale) e 3.2. (Caratteristiche meccaniche e tecnologiche a temperatura ambiente) della UNI 663, sono classificati nelle seguenti categorie:

- tubi commerciali;

- tubi di classe normale;
- tubi di classe superiore.

I tubi sono forniti in lunghezza commerciali variabili da 4 a 8 m, con tolleranze di + 10 mm per i tubi fino a 6 m e di + 15 mm per tubi oltre 6 m.

Per i tubi commerciali, le tolleranze su diametro esterno, spessore sono stabilite dal punto 4.5 della UNI 663.

Per i tubi di classe normale e superiore, le tolleranze su diametro esterno, spessore sono stabilite dal punto 5.5 della UNI 663.

I tubi commerciali sono solitamente forniti senza collaudo. Gli altri tipi di tubi devono essere sottoposti a prova idraulica dal produttore che dovrà rilasciare, se richiesta, apposita dichiarazione. L'ovalizzazione non deve superare i limiti di tolleranza stabiliti per il diametro esterno.

Norme di riferimento

UNI 663 - Tubi senza saldatura di acciaio non legato. Tubi lisci per usi generici. Qualità, prescrizioni e prove;

UNI 7287 - Tubi con estremità lisce senza saldatura, di acciaio non legato di base;

UNI 8863 - Tubi senza saldatura e saldati, di acciaio non legato, filettabili secondo UNI ISO 7/1.

UNI EN 10208-1- Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili - Condizioni tecniche di fornitura - Tubi della classe di prescrizione A.

UNI EN 10208-2 - Tubi di acciaio per condotte di fluidi combustibili - Condizioni tecniche di fornitura - Tubi della classe di prescrizione B.

Tubi con saldatura

Per l'accettazione dei tubi con saldatura si farà riferimento alle seguenti norme:

UNI 7288 - Tubi con estremità lisce saldati, di acciaio non legato di base.

UNI 7091 - Tubi saldati di acciaio non legato. Tubi lisci per usi generici.

Designazione e marcatura dei materiali

La designazione dei tubi d'acciaio comprenderà:

- denominazione "tubo"
- norma UNI di riferimento
- diametro esterno altre indicazioni facoltative:
- tolleranze sulla lunghezza
- lunghezza se diversa da quella normale.

Rivestimento interno

Il rivestimento esterno, al controllo visivo, deve essere uniforme e privo di difetti. Lo spessore minimo del rivestimento è previsto dal Prospetto VII in base alla classe prescelta della UNI 5256. I tubi sono trattati all'interno con un adeguato rivestimento a protezione della superficie metallica dall'azione aggressiva del liquido convogliato. I rivestimenti più impiegati sono: bitume di 2-4 mm di spessore; con resine epossidiche di 0,5-1 mm; a base di polveri poliammidiche applicate per proiezione elettrostatica e polimerizzate in forno. La malta cementizia centrifugata, opportunamente dosata, per il rivestimento interno deve essere costituita unicamente da acqua potabile, sabbia fine quarzosa e cemento Portland. Le caratteristiche meccaniche del rivestimento interno devono essere tali da caratterizzarlo come un vero e proprio tubo in cemento autoportante di elevata resistenza, per il quale il tubo dovrà agire praticamente come armatura.

Norme di riferimento

UNI ISO 5256 - Tubi ed accessori di acciaio impiegati per tubazioni interrate o immerse.

Rivestimento esterno e interno a base di bitume o di catrame.

UNI ISO 6600 - Tubi di ghisa sferoidale. Rivestimento interno di malta cementizia centrifugata.

Controlli di

composizione della malta subito dopo l'applicazione.

UNI ISO 4179 - Tubi di ghisa sferoidale per condotte con e senza pressione. Rivestimento interno di malta

cementizia centrifugata. Prescrizioni generali.

Rivestimento esterno

I rivestimenti esterni delle tubazioni in acciaio possono essere realizzati mediante (UNI ISO 5256):

- primo strato bituminoso, di catrame o di resina sintetica;

- uno o più strati protettivi a base di bitume;

- uno o più strati di armatura in velo di vetro inserito in ogni strato protettivo.

Il rivestimento esterno, al controllo visivo, deve essere uniforme e privo di difetti.

La classe di spessore (I, II, III e IV) del rivestimento deve essere scelta in base al prospetto VI e con riferimento

alle caratteristiche di cui al punto 7.1.2 (Spessore) della citata UNI ISO 5256.

Per ulteriori sistemi di rivestimento (protezione catodica, antisolare, ambiente aggressivo, meccanica, ecc.) si

rimanda al punto 4.1 della norma UNI ISO 5256.

La protezione meccanica con feltro o altro materiale simile deve essere applicata sul rivestimento ancora caldo e

non indurito e prima dell'applicazione della protezione antisolare. Negli altri la protezione meccanica può essere

applicata durante la posa in opera della tubazione.

I rivestimenti di cui sopra possono essere realizzati in cantiere dopo il montaggio della tubazione o in stabilimento.

In generale la superficie da rivestire deve essere opportunamente preparata e pulita per l'applicazione del

rivestimento per favorirne l'aderenza.

Tubazioni in acciaio serie leggera

DN	Diametro esterno		Spessore		Diametro esterno		Massa lineica		Designazione abbreviata della filettatura	Estremità lisce kg/m	Estremità filettate e manicottate kg/m
	D (mm)		s (mm)		max (mm)		min (mm)				
10	17,2	21,3	2,0	2,3	17,4	16,7	0,742	0,748	3/8 1/2 3/4 1 1		
15	26,9	33,7	2,3	2,9	21,7	21,0	1,08	1,09	1/4 1 1/2 2 2 1/2		
20	42,4	48,3	2,9	2,9	27,1	26,4	1,39	1,40	3		
25	60,3	76,1	3,2	3,2	34,0	33,2	2,20	2,22			
32	88,9		3,6		42,7	41,9	2,82	2,85			
40					48,6	47,8	3,24	3,28			
50					60,7	59,6	4,49	4,56			
65					76,3	75,2	5,73	5,85			
80					89,4	87,9	7,55	7,72			

100 ; 114,3; 4,0; 114,9; 113,0; 10,8; 11,1

Tubazioni in acciaio serie media

DN	Diametro esterno	Spessore	Diametro esterno		Massa lineica		Designazione abbreviata della filettatura	Estremità lisce	estremità filettate e manicottate
	D (mm)		s (mm)	max (mm)	min (mm)	kg/m			
	10	17,2 21,3	2,3 2,6	17,5	16,7	0,893			
15	26,9 33,7	2,6 3,2	21,8	21,0	1,21	1,22	1/4 1 1/2 2 2 1/2		
20	42,4 48,3	3,2 3,2	27,3	26,5	1,56	1,57	3 4		
25	60,3 76,1	3,6 3,6	34,2	33,3	2,41	2,43			
32	88,9	4,0 4,5	42,9	42,0	3,10	3,13			
40	114,3		48,8	47,9	3,56	3,60			
50			60,8	59,7	5,03	5,10			
65			76,6	75,3	6,42	6,54			
80			89,5	88,00	8,36	8,53			
100			115,0	113,1	12,2	12,5			

Tubazioni in acciaio serie pesante

DN	Diametro esterno	Spessore	Diametro esterno		Massa lineica		Designazione abbreviata della filettatura	Estremità lisce	estremità filettate e manicottate
	D (mm)		s (mm)	max (mm)	min (mm)	kg/m			
	10	17,2 21,3	2,9 3,2	17,5	16,7	1,02			
15	26,9 33,7	3,2 4,0	21,8	21,0	1,44	1,45	1/4 1 1/2 2 2 1/2		
20	42,4 48,3	4,0 4,0	27,3	26,5	1,87	1,88	3 4		
25	60,3 76,1	4,5 4,5	34,2	33,3	2,93	2,95			
32	88,9	5,0 5,4	42,9	42,0	3,79	3,82			
40	114,3		48,8	47,9	4,37	4,41			
50			60,8	59,7	6,19	6,26			
65			76,6	75,3	7,93	8,05			
80			89,5	88,9	10,3	10,5			
100			115,0	113,1	14,5	14,8			

Valori di tolleranza per i tubi in acciaio con riferimento alla norma UNI 8863

Tipo	Spessore		Massa lineica	
	+	-	+	-
Saldati	no	10%	10%	8%
Non saldati	no	12,5%	10%	10%

Tubazioni in gres

I tubi e gli elementi complementari in gres debbono essere realizzati con impasti omogenei di argille idonee sottoposte successivamente a cottura ad alte temperature. Le superfici degli elementi possono essere verniciati sia internamente e sia esternamente, ad eccezione del bicchiere di giunzione e della punta delle canne. Sono ammessi piccoli difetti visivi, quali asperità sulla superficie. La norma UNI EN 295 definisce le esigenze cui devono conformarsi i tubi e gli elementi

complementari di gres a giunzione flessibile con o senza manicotto destinati alla costruzione di sistemi di fognatura.

Norme di riferimento

Per gli elementi in gres si farà riferimento alle norme di seguito riportate.

a) Tubi: UNI EN 295-1 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Specificazioni; UNI EN 295-2. Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Controllo della qualità e campionamento; UNI EN 295-3 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Metodi di prova; UNI EN 295-4 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per elementi complementari speciali, elementi di adattamento ed accessori compatibili; UNI EN 295-5 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per i tubi perforati e per gli elementi complementari di gres; UNI EN 295-6 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami. Requisiti per pozzetti di gres; UNI EN 295-7 - Tubi ed elementi complementari di gres e relativi sistemi di giunzione, destinati alla realizzazione di impianti di raccolta e smaltimento di liquami - Requisiti per tubi e sistemi di giunzione di gres per tubazioni con posa a spinta;

b) Mattoni, mattonelle e fondi fogna di gres per condotte di liquidi:

UNI 9459 - Mattoni, mattonelle e fondi fogna di gres per condotte di liquidi. Caratteristiche e prove.

Tubazioni in PVC

I tubi, i raccordi, le valvole e le attrezzature ausiliarie in PVC per condotte di fluidi in pressione, devono rispettare

le caratteristiche UNI EN 1452 (varie parti):

UNI EN 1452-1 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua - Policloruro di vinile non

plastificato (PVC-U) - Generalità.

UNI EN 1452-2 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione - Policloruro di vinile non plastificato (PVC)

-Tubi.

UNI EN 1452-3 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua - Policloruro di vinile non

plastificato (PVC-U) - Raccordi.

UNI EN 1452-5 - Sistemi di tubazioni di materia plastica per adduzione d'acqua - Policloruro di vinile non

plastificato (PVC-U) - Idoneità all'impiego del sistema.

Tubi per condotte interrato di convogliamento di gas combustibili

Le caratteristiche delle tubazioni di PVC rigido (non plastificato) per condotte interrato di convogliamento di gas

combustibili, devono fare riferimento alla UNI 7445 ed in particolare al prospetto III.

La serie degli spessori del tubo, scelto in relazione alla classe di intensità di traffico (1, 2 e 3) e alla profondità di

interramento (a, b, c) sarà indicato con R, S e Q conformemente al prospetto I della UNI 7445.

I diametri esterni e le relative tolleranze, lo spessore e le relative tolleranze in funzione della serie (Q, R e S)

faranno riferimento al prospetto II della UNI 7445.

Designazione e marcatura

La designazione deve comprendere:

- denominazione

- diametro esterno
- serie di spessori
- norma di riferimento.

La marcatura degli elementi eseguita in modo chiaro e durevole dovrà riportare:

- indicazione del materiale
- diametro esterno
- l'identificazione del produttore
- data di fabbricazione.

Raccordi

Per le caratteristiche costruttive, dimensionali e di accettazione dei raccordi si farà riferimento alla norma UNI 7446.

Giunzioni

Le giunzioni potranno essere, in rapporto alle prescrizioni, sia di tipo rigido, effettuate a mezzo di incollaggi e/o saldature, sia di tipo elastico, effettuate a mezzo di idonei anelli elastomerici di tenuta. La tenuta è assicurata dalla compressione radiale della guarnizione elastomerica. Potranno essere del tipo a bicchiere incollato, del tipo a bicchiere incollato e saldato, del tipo a manicotto incollato (e saldato), del tipo a vite e manicotto ed infine del tipo a flangia mobile. La norma UNI 7447 prescrive che la tenuta idraulica di questo tipo di giunto (per tubi e raccordi) deve essere assicurata nelle seguenti condizioni: pressione idrostatica interna di 0,5 bar in condizioni di deformazione diametrale massima ammissibile del tubo (5%) nelle vicinanze della giunzione; pressione idrostatica interna 0,5 bar in condizioni di deviazione angolare (2°) forzata oltre il libero gioco permesso dalla giunzione; pressione idrostatica esterna 0,5 bar o depressione interna di 0,3 bar.

Pressione di esercizio dei tubi in PVC secondo diversi parametri

Categoria	Temperatura °C	Spessori				
		1	2	3	4	5
PVC 60	20	0,25	0,40	0,60	1,00	1,60
	40	0,10	0,16	0,25	0,60	1,00
	60	-	-	-	0,10	0,25
PVC 100	20	0,40	0,60	1,00	1,60	-
	40	0,25	0,40	0,60	1,00	-
	60	-	-	0,10	0,25	-

Valori di tolleranza dei tubi in PVC

Diametro	Diametro esterno medio		Diametro esterno			
	min	max	Serie spessori 1, 2		Serie spessori 3,4,5	
			min	max	min	max
6 8 10 12	6,0 8,0 10,0	6,3 8,3 10,3	-----38,8		5,7 7,7 9,7	6,3 8,3 10,3
16 20 25	12,0 16,0	12,3 16,3	48,5 61,5		11,7 15,7	12,3 16,3
32 40 50	20,0 25,0	20,3 25,3			19,7 24,7	20,3 25,3
63	32,0 40,0	32,3 40,3			31,7 39,7	32,3 40,3
	50,0 63,0	50,3 63,3			49,7 62,7	50,3 63,3
				-----41,2		
				51,5 64,9		

Tolleranze ammesse per i tubi in PVC

Diametro	Serie spessori
----------	----------------

	1	2	3	4	5
6 8 10 12 16	-----1,8+	-----1,8+	-----1,6+	--1,0+ 0,31,0+	1,0+ 0,3 1,0+
20 25 32 40	0,4	0,41,8+ 0,4	0,41,6+ 0,4	0,31,6+	0,3 1,2+ 0,4
50 63		1,9+ 0,4	2,0+ 0,4 2,4+	0,41,6+ 0,4	1,5+ 0,4 1,9+
			0,5 3,0+ 0,5	1,9+ 0,4 2,4+	0,4 2,4+ 0,5
				0,5 3,0+ 0,5	3,0+ 0,5 3,8+
				3,7+ 0,6 4,7+	0,6 4,7+ 0,7
				0,7	5,9+ 0,8 7,5+
					1,0

Tubazioni di fibrocemento

Tubi di fibrocemento per fognature e sistemi di scarico per sistemi a gravità

I tubi in fibrocemento devono essere costituiti principalmente da cemento o silicato di calcio rinforzato con fibre.

Per le caratteristiche del cemento si rimanda alla UNI ENV 197-1.

La legge 27 marzo 1992, n. 257 - Norme per la cessazione dell'impiego dell'amianto - ha vietato la fabbricazione

e l'impiego di manufatti d'amianto cemento, fissando severe disposizioni per lo smaltimento dei rifiuti di tale

materiale, pertanto è consentito l'impiego solo di prodotti N.T (tecnologia senza amianto).

I tubi potranno essere forniti con estremità lisce oppure con una liscia e l'altra a bicchiere.

I tubi sono classificati secondo la resistenza minima alla compressione in tre classi in base al carico agente sulla

superficie interna unitaria: 60, 90 e 120 kN/m². In particolare i carichi minimi di rottura devono essere conformi a

quelli del prospetto 7 della UNI 588-1, valido per diametro nominale fino a 1000, per diametri nominali superiori

dovrà farsi riferimento a quanto riportato al punto 4.7.1 della UNI 588-1.

Per l'accettazione da parte del Direttore dei Lavori, i tubi debbono essere privi di scheggiature, difetti di

lavorazione ed irregolarità.

La superficie interna dei tubi dovrà essere regolare e liscia.

I diametri nominali devono essere conformi a quelli indicati nel prospetto 1 della UNI 588-1.

La lunghezza nominale dei tubi dovrà corrispondere a quella indicata nel prospetto 2 della UNI 588-1.

Marcatura e denominazione

La marcatura sul tubo richiesta dal punto 4.11 della UNI 588-1 dovrà essere durevole. Essa deve contenere come minimo:

- normativa di riferimento;
- diametro nominale;
- produttore;
- data di produzione;
- classe;
- serie (se necessario);
- certificazione organismo di controllo;
- sigla NT.

La denominazione dei tubi e degli accessori dovrà riportare:

- normativa di riferimento;
- diametro nominale;
- lunghezza:

- serie (se necessario);
- sigla NT.

In particolare per i giunti la marcatura dovrà riportare:

- normativa di riferimento;
- diametro nominale;
- produttore;
- data di produzione;
- classe;
- sigla NT.

Giunti, raccordi e guarnizioni

I giunti per i tubi potranno essere a bicchiere o a manicotto. I giunti ed i raccordi devono presentare caratteristiche non inferiori a quelle dei corrispondenti tubi. Le parti dei giunti non di fibrocemento devono soddisfare alle norme vigenti per i relativi materiali. I giunti devono resistere ad una pressione idrostatica interna od esterna di 100 ± 10 kPa. I giunti, durante la prova di tenuta, non debbono manifestare perdite o trasudamento. Le guarnizioni elastiche di tenuta, realizzate a base di gomma naturale o sintetica, devono essere conformi alle prescrizioni della norma UNI EN 681/1 (elementi di tenuta in elastomero) o di altra specifica normativa emanata sull'argomento.

Controllo della qualità

I prodotti, con riferimento al punto 7 della UNI 588-1, debbono essere sottoposti alle seguenti procedure di controllo:

- controllo iniziale dei prodotti (punto 7.2 della UNI 588-1);
- controllo interno della qualità (punto 7.3 della UNI 588-1);
- controllo effettuato da idoneo istituto di controllo esterno (punto 7.4 della UNI 588-1).

Tubi in polietilene reticolato (PE-X)

I tubi di polietilene reticolato, ottenuti con reticolazione con perossidi, silani, radiazioni ionizzanti o azocomposti,

da utilizzarsi per il convogliamento di fluidi caldi alimentari o non alimentari in pressione e con temperature fino a

80 °C, devono alle prescrizioni seguenti norme:

UNI 9338 -Tubi di materie plastiche per condotte di fluidi caldi sotto pressione. Tubi di polietilene reticolato (PE-

X). Tipi, dimensioni e requisiti;

UNI 9349 -Tubi di polietilene reticolato (PE-X) per condotte di fluidi caldi sotto pressione. Metodi di prova.

Per il convogliamento di fluidi caldi ad uso non alimentare in esercizio continuo, dovrà impiegarsi il tipo 314,

mentre per il convogliamento di fluidi alimentari e sanitari caldi dovrà utilizzarsi il tipo 315.

Tubi in polipropilene (PP)

Per le caratteristiche dei tubi in polipropilene (PP), ricavati osmpolimeri e/o cosmopolimeri del propilene, si farà riferimento alle prescrizioni delle seguenti norme:

UNI 8318 - Tubi di polipropilene (PP) per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti; UNI 8321 - Tubi di polipropilene (PP). Metodi di prova.

Nel caso di utilizzo di fluidi alimentari o acqua potabile dovrà impiegarsi il tipo 312, in grado di sopportare , in pressione, temperature fino 100 °C. In generale per le pressioni di esercizio in funzione della temperatura e della pressione nominale si rimanda a quanto prescritto dalla norma UNI 8318.

Tubi in polietilene ad alta densità (PE ad)

I tubi per condotte di scarico interrate saranno individuati come tipo 303 di cui al Prospetto I della UNI 7613.

La norma UNI 7613 prevede diametri nominali, coincidenti con i diametri esterni medi, dal DN 110 al DN 1200.

La pressione nominale PN corrispondente sarà di 3,2 bar ed i tubi devono essere conformi, per

diametri (esterno ed esterno medio), spessori e relative tolleranze al prospetto II (Dimensioni) di cui al punto 5 della UNI 7613.

I valori dei diametri esterni previsti sono: 110, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 710, 800, 900, 1000 e 1200.

Le condizioni d'impiego sono previste dalla UNI 7613.

I tubi devono essere forniti in barre di 6,00 m o 12,00 m secondo disposizione.

Per gli ulteriori requisiti si rimanda al prospetto III (Requisiti) della UNI 7613 che prevede:

- esame dell'aspetto, da eseguirsi con riferimento al punto 4.1 della UNI 7615;
- verifica delle tolleranze sul diametro esterno medio, sul diametro esterno qualunque, sullo spessore e sulla lunghezza, da eseguirsi con riferimento al punto 4.2 della UNI 7615;
- prova di tenuta idraulica alla pressione interna dei tubi e dei giunti da eseguirsi con riferimento al punto 4.3 della UNI 7615;
- tensioni interne dei tubi e dei giunti da eseguirsi con riferimento al punto 4.4 della UNI 7615;
- resistenza alla pressione interna da eseguirsi con riferimento al punto 4.5 della UNI 7615.
- resistenza chimica nei confronti dei fluidi: UNI ISO/TR 7474.

Raccordi per le tubazioni per la distribuzione dell'acqua

I raccordi per le tubazioni per la distribuzione dell'acqua devono rispondere alle prescrizioni della UNI 10910-3 e

C.M. 2 dicembre 1978, n. 102 emanata dal Ministero della Sanità.

Per i raccordi a serraggio meccanico in materiale plastico valgono i requisiti della norma UNI 9561.

Designazione e marcatura

La designazione dei tubi in PE ad dovrà comprendere: la denominazione, l'indicazione del tipo, il valore del

diametro D, la pressione nominale PN, il riferimento alla citata norma.

La marcatura dei tubi dovrà comprendere: l'indicazione del materiale (PE a.d.); il tipo; il valore del diametro

esterno D; la pressione nominale PN; il marchio di fabbrica; il periodo di produzione.

Norme di riferimento

I tubi di polietilene ad alta densità (PEad) devono rispondere rispettivamente alle seguenti norme UNI:

UNI ISO/TR 7474 - Tubi e raccordi di polietilene ad alta densità (PEad). Resistenza chimica nei confronti dei fluidi.

UNI 7611 - Tubi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti;

UNI 7612 - Raccordi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Tipi, dimensioni e requisiti;

UNI 7613 - Tubi di polietilene ad alta densità per condotte di scarico interrate. Tipi, dimensioni e requisiti;

UNI 7615 - Tubi di polietilene ad alta densità. Metodi di prova;

UNI 7616 - Raccordi di polietilene ad alta densità per condotte di fluidi in pressione. Metodi di prova.

Diametri e spessori dei tubi in PEad

Diametro	Diametro esterno		Pressioni nominali				
	min	max	2,5	4	6	10	16
10	10,0	10,3	-	-	-	-	2,0
12	12,0	12,3	-	-	-	-	2,0
16	16,0	16,3	-	-	-	2,0	2,3

20	20,0	20,3	-	-	-	2,0	2,8
25	25,0	25,3	-	-	2,0	2,3	3,5
32	32,0	32,3	-	-	2,0	3,0	4,5
40	40,0	40,4	-	2,0	2,3	3,7	5,6
50	50,0	50,5	-	2,0	2,0	3,7	5,6
63	63,0	63,6	2,0	2,5	3,6	5,8	8,7
75	75,0	75,7	2,0	2,9	4,3	6,9	10,4
90	90,0	90,9	2,2	3,5	5,1	8,2	12,5
110	110,0	110,0	2,7	4,3	6,3	10,0	15,2
125	125,0	126,2	3,1	4,9	7,1	11,4	17,3
140	140,0	141,3	3,5	5,4	8,0	12,8	19,4
160	160,0	161,5	3,9	6,2	9,1	14,6	22,1
180	180,0	181,7	4,4	7,0	10,2	16,4	24,9
200	200,0	201,8	4,9	7,7	11,4	18,2	27,6
225	225,0	227,1	5,5	8,7	12,8	20,5	31,1
250	250,0	252,3	6,1	9,7	14,2	22,8	34,5
280	280,0	282,6	6,9	10,8	15,9	25,5	-
315	315,0	317,9	7,7	12,2	17,9	28,7	-
355	355,0	358,2	8,7	13,7	20,1	32,3	-
400	400,0	403,6	9,8	15,4	22,7	36,4	-
450	450,0	454,1	11,0	17,4	25,5	41,0	-
500	500,0	504,5	12,2	19,3	28,3	-	-

Tubi in rame

Impieghi

I requisiti, i criteri per il campionamento, i metodi di prova e le condizioni di fornitura dei tubi di rame sono quelli previsti dalla norma UNI EN 1057 - Rame e leghe di rame. Tubi rotondi di rame senza saldatura per acqua e gas nelle applicazioni sanitarie e di riscaldamento. Le prescrizioni della norma UNI si applicano ai tubi rotondi di rame senza saldatura aventi un diametro esterno da 6 mm fino a 267 mm, impiegati per:

- le reti di distribuzione per acqua calda ed acqua fredda;
- gli impianti di riscaldamento ad acqua calda, inclusi gli impianti a pannelli radianti;
- la distribuzione di combustibili domestici gassosi e liquidi;
- lo smaltimento di acqua di scarico sanitario.

Con riferimento all'art. 125, comma 1, lettera d) del R.D. 3 febbraio 1901, n. 45, Regolamento generale sanitario

(G.U. 21 febbraio 1901, n. 44), è vietato vendere qualsiasi oggetto destinato a porsi in contatto diretto con sostanze alimentari e bevande che siano, fatti di rame od ottone e non rivestiti internamente di stagnature o saldati con lega di stagno e piombo contenente di questo ultimo più del 10 per cento; il divieto non concerne i tubi di rame elettrolitico delle condotte per acqua potabile nell'interno delle abitazioni, che sono ammessi sempre che siano osservate le seguenti prescrizioni:

- il materiale rame elettrolitico può essere impiegato esclusivamente per tubazioni nell'interno delle abitazioni;
- il materiale rame elettrolitico, per quanto riguarda la composizione chimica, deve avere un titolo di purezza non inferiore al 99,90 per cento di rame, comprese eventuali minime tracce di argento e non deve contenere fosforo in quantità superiore a gr. 0,04 per cento;
- i tubi di rame elettrolitico, che non contengono fosforo o che lo contengono in misura inferiore a gr. 0,015 per cento, all'esame microscopico eseguito con un ingrandimento di 75 diametri devono dimostrarsi esenti da ossido rameoso;
- l'acqua erogata deve contenere al massimo 3 milligrammi di rame per litro dopo contatto stagnante per 16 ore con i tubi e solamente per i primi 10 giorni di esercizio. Dopo tale periodo la quantità di rame disciolta non deve superare mg. 1,5 per litro;

- le ditte produttrici devono apporre sui tubi di rame apposita punzonatura, intervallata ogni 60 cm sulla quale siano indicati: il marchio di fabbrica, il nome della ditta produttrice, l'anno di fabbricazione, il titolo di purezza del materiale.

Designazione

La designazione del tubo di rame deve riportare i seguenti dati:

- denominazione (tubo di rame);
- norma UNI EN 1057;
- stato metallurgico del materiale indicato dal prospetto 1 della norma UNI EN 1057;
- dimensioni nominali della sezione.

Tolleranze

Le tolleranze del diametro esterno deve rispettare i limiti previsti dal prospetto 4 della norma UNI EN 1057.

Le tolleranze dello spessore di parete, espressa in percentuale. sono indicate nel prospetto 5 della citata norma.

Condizioni dello stato superficiale

Le superfici esterne ed interne dei tubi di rame devono essere pulite e lisce. Il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi che la superficie interna non contenga pellicole nocive nè presenti un livello di carbonio sufficientemente elevato da consentire la formazione di tali pellicole durante la posa in opera.

Prove di curvatura, allargamento e bordatura

Prima della posa in opera il Direttore dei Lavori dovrà fare eseguire le prove di curvatura, allargamento e bordatura in relazione al diametro del tubo, come previsto dal prospetto 7 della norma UNI EN 1057.

La prova di allargamento deve essere eseguita in conformità alle disposizioni della norma EN 10234.

Verifica di qualità

L'appaltatore dovrà fornire i risultati delle prove di qualità fatte eseguire dal produttore con riferimento al prospetto 8 della norma UNI EN 1057

Marcatura

La norma UNI EN 1057 prescrive che i tubi di rame aventi diametro maggiore o uguale a 10 mm e fino a 54 mm compresi, devono essere marcati in modo indelebile sulla lunghezza ad intervalli ripetuti non maggiori di 600 mm, riportando almeno le seguenti indicazioni:

- norma EN 1057;
- dimensioni nominali della sezione: diametro esterno x spessore di parete;
- identificazione dello stato metallurgico mediante l'apposito simbolo;
- marchio di identificazione del produttore;
- data di produzione.

I tubi di rame aventi diametro maggiore o uguale a 6 mm fino a 10 mm escluso oppure di diametro maggiore di 54 mm, devono essere marcati analogamente, in modo leggibile, almeno in corrispondenza di entrambe le estremità.

Prove per verificare l'assenza di difetti

La verifica dell'assenza di difetti, con riferimento all'appendice C della norma UNI EN 1057, potrà essere confermata mediante le seguenti prove:

- controllo mediante le correnti indotte;
- prova idrostatica;
- prova pneumatica.

Tubazioni in rame serie leggera Tubazioni in rame serie pesante

Diametro esterno mm	Spessore mm	Massa lineica kg/m
---------------------	-------------	--------------------

6 8 10 12 14 15 16 18	0,75 0,75 0,75 0,75 0,75 0,75	0,110 0,152 0,194 0,238
22 28 35 42 54 64 76,1	0,75 0,75 1 1 1,2 1,2 1,5 2 2	0,278 0,299 0,320 0,362
88,9 108	2 2,5	0,587 0,755 1,134 1,369
		2,202 3,467 4,143 4,859
		7,374

Diametro esterno mm	Spessore mm	Massa lineica kg/m
6 8 10 12 14 15 16 18	1 1 1 1 1 1 1,5 1,5 1,5 1,5	0,140 0,198 0,252 0,308
22 28 35 42 54 76,1	1,2 2,5 2,5 3	0,363 0,391 0,419 0,475
88,9 108		0,859 1,111 1,405 1,699
		2,908 5,144 6,039 8,807

Valori di tolleranza per i diametri esterni dei tubi in rame con riferimento alla norma UNI 6507

Diametro esterno	Scostamenti limite		
	diametro medio		diametro esterno
6-18 22-28 35-54	+/-0,045 +/-0,055 +/-0,07 +/-		
64-76,1 88,9 108	0,07 +/-0,07 +/-0,07		
			---+/-0,08 +/-0,10 +/-0,12

Valori di tolleranza sugli spessori dei tubi in rame

Diametro nominale	Spessore						
	0,75	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3
6 8 10 12 14	+/- 0,10	+/- 0,13					
	+/- 0,10	+/- 0,13					
	+/- 0,10	+/- 0,13					
	+/- 0,10	+/- 0,13					
	+/- 0,11	+/- 0,14	-----	-----	-----	-----	-----

14 15 16 18 22 28 35 42 54 64 76,1 88,9 108

Tubi in ghisa sferoidale

+/- 0,11 +/- 0,14

+/- 0,11 +/- 0,15

+/- 0,15

+/- 0,21

+/-0,21

+/- 0,17

+/- 0,23

+/- 0,17

+/- 0,23

+/- 0,25

+/- 0,32

+/-0,32

+/- 0,32

+/- 0,40

+/- 0,32
+/- 0,40
+/- 0,40
+/- 0,50

I tubi ed i raccordi in ghisa sferoidale secondo la norma UNI EN 545 sono nei seguenti diametri nominali (DN):
40,
50, 60, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200,
1400, 1500,
1600, 1800, 2000.

Per agevolare l'intercambiabilità tra le forniture di diversi produttori, le tolleranze sul diametro esterno devono rispettare, secondo il tipo, le norme UNI 9163 e UNI 9164. Per le tolleranze di ovalizzazione relative all'estremità lisce dei tubi e dei raccordi la norma UNI EN 545 prescrive:

- di attenersi ai limiti di tolleranza del prospetto 14 della citata norma per i tubi aventi $DN 40 \div 200$;
- una tolleranza = 1% per tubi aventi $DN 250 \div 600$ e = 2% per tubi aventi $DN > 600$.

I tubi in ghisa devono essere forniti secondo il prospetto 3 della UNI EN 545 con i seguenti scostamenti ammissibili rispetto alla lunghezza unificata:

- lunghezza unificata 8,15 m = ± 150 mm;
- altre lunghezze unificate = ± 100 mm.

Le tolleranze sulle lunghezze dei tubi secondo la norma UNI EN 545, prospetto 6, sono:

- tubi con bicchiere ed estremità liscia: ± 30 mm;
- raccordi con giunti a bicchiere: ± 20 mm;
- tubi e raccordi per giunti a flangia: ± 10 mm.

La lunghezza utile del tubo è quella del tubo escluso il bicchiere.

Per i tubi e raccordi lo spessore di parete dovrà essere riferito al diametro nominale (DN), le classi di spessore unificate sono riportate nel prospetto 9 della UNI EN 545.

Rivestimento interno

Tutti i tubi, raccordi e pezzi accessori per condotte in ghisa sferoidale devono essere rivestiti all'interno ed all'esterno. I tubi, dopo la centrifugazione, saranno ricotti, zincati esternamente e rivestiti all'interno con malta ed infine ricoperti all'esterno con vernici bituminose. Per le condotte d'acqua il rivestimento interno, secondo la UNI EN 545, può essere realizzato con malta di cemento di altoforno o alluminoso applicata per centrifugazione, poliuretano, vernice bituminosa.

Rivestimento esterno

Il rivestimento esterno ha la funzione di assicurare una protezione duratura contro l'aggressività chimica dei terreni.

I rivestimenti esterni dei tubi secondo la UNI EN 545 debbono essere costituiti da zinco con uno strato di finitura di prodotto bituminoso o di resina sintetica. La Direzione dei Lavori si riserva di accettare tubi con rivestimenti

esterni in: nastri adesivi, malta di cemento con fibre, poliuretano, polipropilene estruso, polietilene estruso,

rivestimento con manicotto di polietilene.

Relativamente al rivestimento esterno, per tutto quanto non precisato dal presente articolo, si applicheranno le

prescrizioni della UNI ISO 8179.

Raccordi

I raccordi in ghisa sferoidale devono essere conformi alle norme UNI EN 598/95 e/o UNI EN 545.

I raccordi per condotte in pressione devono essere sottoposti in stabilimento a collaudo effettuato con aria ad una

pressione di 1 bar oppure ad altra prova di tenuta equivalente (UNI EN 598/95). Devono inoltre avere le estremità a bicchiere per giunzioni automatiche a mezzo anelli in gomma oppure a flangia.

Protezione esterna in polietilene

Prima del manicottaggio, i tubi e i raccordi devono essere il più asciutti e puliti possibile, evitando in particolare la presenza di terra tra il tubo e il manicotto. Il manicotto in polietilene deve essere applicato perfettamente sulla condotta con opportune piegature e legature. La piega deve sempre essere realizzata sulla generatrice superiore del tubo al fine di limitare i possibili rischi di danneggiamento del manicotto durante il rinterro. È vietato l'impiego di manicotti strappati. I manicotti con piccoli strappi devono essere riparati con nastro adesivo, invece quelli con strappi più grandi devono essere riparati con pezzi di manicotto supplementari in grado di ricoprire tutta la zona danneggiata. Il rivestimento realizzato dal manicotto della canna e dal manicotto del giunto deve assicurare la continuità totale della protezione.

Requisiti di accettazione

I tubi, i raccordi ed i pezzi accessori per condotte non devono presentare alcun difetto o aver subito danneggiamenti durante la movimentazione che possano nuocere al loro impiego. I tubi, i raccordi ed i pezzi accessori per condotte che presentino piccole imperfezioni, inevitabili per i processi di fabbricazione e che non nuociano in alcun modo al loro impiego, o che abbiano subito danneggiamenti durante la movimentazione o in caso di incidenti, potranno essere accettati, previa riparazione e benestare della stazione appaltante, la riparazione di alcuni difetti o danni dovrà essere eseguita con i metodi appropriati indicati dal produttore.

Marcatura dei tubi e raccordi

La marcatura dei tubi dovrà essere eseguita con prodotti indelebili e apposta nella zona centrale dei manufatti, e dovrà comprendere:

a) indicazioni che devono essere ottenuti direttamente nella fusione del getto:

- designazione GS;
- numero di matricola;
- classificazione delle flange secondo la PN (eventuale);
- marchio di fabbrica del produttore;
- anno di fabbricazione;
- diametro nominale (DN);

b) indicazioni che possono essere applicati con qualsiasi metodo (pitturazione) o sull'imballaggio:

- norma UNI di riferimento;
- certificazione rilasciata da terzi (eventuale);
- designazione della classe di spessore dei tubi centrifugati (quando diversa da K 9).

Tubi in alluminio

I tubi in alluminio devono rispondere alla norma:

UNI 10876 - Alluminio e leghe di alluminio. Tubi multistrato di alluminio saldato e polietilene per adduzione fluidi.

Valvole

Le valvole a saracinesca flangiate per condotte d'acqua devono essere conformi alle norma UNI 7125 .

Le valvole disconnettrici a tre vie contro il ritorno di flusso e zone di pressione ridotta devono essere conformi alla norma UNI 9157.

Le valvole di sicurezza per apparecchi in pressione devono rispondere alla norma UNI 9335.

La rispondenza alle norme predette deve essere comprovata da dichiarazione di conformità completata con

dichiarazioni di rispondenza alle caratteristiche specifiche previste dal progetto.

Pompe

Le pompe centrifughe devono rispondere alle prescrizioni previste dal progetto e rispondere (a

seconda dei tipi)
 alle norme UNI:
 UNI EN ISO 9908 - Specifiche tecniche per pompe centrifughe. Classe III;
 UNI EN 22858 - Pompe centrifughe ad aspirazione assiale (pressione nominale 16 bar).
 Designazione, condizioni
 nominali di esercizio e dimensioni;
 UNI ISO 2548 - Pompe centrifughe, semiassiali ed assiali. Codice di prove d accettazione. Classe
 C;
 UNI ISO 3555 - Pompe centrifughe, semiassiali ed assiali. Codice per le prove di accettazione.
 Classe B;
 UNI EN 733 - Pompe centrifughe ad aspirazione assiale, pressione nominale 10 bar, con supporti.
 Punto di
 funzionamento nominale, dimensioni principali, sistema di designazione.

Art. 1.1.14 PRODOTTI SANITARI

Apparecchi sanitari

Terminologia, classificazione e limiti di accettazione

Sono denominati apparecchi sanitari quei prodotti finiti per uso idraulico-sanitario, costituiti da
 materiale ceramico,
 materiali metallici o materie plastiche.

In particolare per il materiale ceramico sono ammessi solo apparecchi sanitari di prima scelta
 realizzati con

porcellana dura (vetrous china) o grès porcellanato (fire clay), secondo le definizioni della norma
 UNI 4542.

Gli apparecchi in materiale metallico o ceramico dovranno essere conformi alle seguenti norme
 UNI per quanto

concerne i requisiti di accettazione:

UNI 4542 - Apparecchi sanitari. Terminologia e classificazione;

UNI 4543-1 - Apparecchi sanitari di ceramica. Limiti di accettazione della massa ceramica e dello
 smalto;

UNI 4543-2 - Apparecchi sanitari di ceramica. Prove della massa ceramica e dello smalto.

Requisiti di accettazione

Gli apparecchi sanitari in generale, indipendentemente dalla loro forma e dal materiale costituente,
 devono soddisfare i seguenti requisiti:

- robustezza meccanica;
- durabilità meccanica;
- assenza di difetti visibili ed estetici;
- resistenza all'abrasione;
- pulibilità di tutte le parti che possono venire a contatto con l'acqua sporca;
- resistenza alla corrosione (per quelli con supporto metallico);
- funzionalità idraulica.

Portate e pressioni nominali dei rubinetti di erogazione

Per il dimensionamento delle condutture di adduzione dell'acqua saranno assunte le portate e le
 pressioni nominali dei rubinetti di erogazione per apparecchi sanitari di seguito riportate:

Apparecchio	Portata l/s	Pressione minima kPa
Lavabi	0,10	50
Bidet	0,10	50
Vasi a cassetta	0,10	50
Vasi con passo rapido o flussometro ø 3/4"	1,50	150
Vasca da bagno	0,20	50
Doccia	0,15	50

Lavello di cucina	0,20	50
Lavabiancheria	0,10	50
Orinatoio comandato	0,10	50
Vuotatoio con cassetta	0,15	50
Beverino	0,05	50
Idrantino ø 1/2"	0,40	100
Idrantino ø 3/4"	0,60	100
Idrantino ø 1"	0,80	100

La pressione disponibile all'impianto, a valle del contatore dell'Ente fornitore d'acqua, si deve ritenere pari a kPa. Qualora la pressione disponibile non sia sufficiente a garantire le portate degli erogatori sopra indicate, dovrà essere previsto un sistema di sopraelevazione della pressione.

Valori di unità di scarico

Per il dimensionamento delle reti di scarico delle acque usate saranno assunti i seguenti valori di unità di scarico per apparecchio:

Apparecchio Unità di scarico

- Vasca (con o senza doccia) 2
- Doccia (per un solo soffione) 2
- Doccia (per ogni soffione di installazione multipla) 3
- Lavabo 1
- Bidet 2
- Vaso con cassetta 4
- Vaso con flussometro 8
- Lavello di cucina 2
- Lavello con tritarifiuti 3
- Lavapiatti 2
- Lavabiancheria 2
- Lavabo con piletta di scarico ø > 1 1/2" 2
- Lavabo clinico 2
- Lavabo da dentista 2
- Lavabo da barbiere 2
- Lavabo circolare (per ogni erogatore) 2
- Beverino 1
- Orinatoio (senza cassetta o flussometro) 2
- Piletta da pavimento 1
- Combinazione lavabo-bidet-vasca-vaso con cassetta 7
- Combinazione lavabo-bidet-vasca-vaso con flussometro 10
- Combinazione lavabo-vaso con cassetta 4
- Combinazione lavabo-vaso con flussometro 8

Qualora non fosse possibile convogliare per gravità le acque di scarico nella fognatura comunale, dovrà essere previsto un sistema di accumulo e sollevamento fino al punto in cui sia possibile farle defluire per gravità. Se espressamente richiesto dai regolamenti d'igiene dei singoli Comuni, dovrà essere previsto un sistema di depurazione con caratteristiche rispondenti alle indicazioni di detti regolamenti.

Rispondenza alle norme UNI

-Lavabi, lavamani e lavelli da cucina

Le caratteristiche dei lavabi, dei lavamani e dei lavelli da cucina debbono rispondere alle seguenti norme:

UNI EN 695 - Lavelli da cucina - Quote di raccordo;

UNI EN 31 - Lavabi. Quote di raccordo;

UNI 10271 - Lavafaccia e lavaocchi di emergenza di tipo trasportabile. Requisiti, prove e marcatura;

UNI EN 111 - Lavamani sospesi. Quote di raccordo;

UNI EN 32 - Lavabi sospesi. Quote di raccordo.

UNI 8951-1 - Lavabi di porcellana sanitaria. Limiti di accettazione;

UNI 8951-2 - Lavabi di porcellana sanitaria. Prove funzionali;

UNI 9608 - Lavafaccia, lavaocchi e docce di emergenza. Requisiti e installazione;

UNI 8194 - Lavabi ottenuti da lastre di resina metacrilica. Requisiti e metodi di prova.

-Vasi

Le caratteristiche dei vasi debbono rispondere alle seguenti norme:

UNI EN 33 - Vasi a pavimento a cacciata, con cassetta appoggiata. Quote di raccordo;

UNI EN 34 - Vasi sospesi a cacciata, con cassetta appoggiata. Quote di raccordo;

UNI EN 37 - Vasi a pavimento a cacciata, senza cassetta appoggiata. Quote di raccordo;

UNI EN 38 - Vasi sospesi a cacciata, senza cassetta appoggiata. Quote di raccordo;

UNI 8196 - Vasi a sedile ottenuti da lastre di resina metacrilica. Requisiti e metodi di prova;

UNI 8949-1 - Vasi di porcellana sanitaria. Limiti di accettazione;

UNI 8949-2 - Vasi di porcellana sanitaria. Prove funzionali.

- Orinatoi

Le caratteristiche degli orinatoi debbono rispondere alle seguenti norme:

UNI EN 80 - Orinatoi a parete senza sifone incorporato. Quote di raccordo.

-Bidet

Le caratteristiche dei bidè debbono rispondere alle seguenti norme:

UNI EN 35 - Bidet appoggiati sul pavimento con alimentazione sopra il bordo. Quote di raccordo;

UNI EN 36 - Bidet sospesi con alimentazione sopra il bordo. Quote di raccordo;

UNI 8950-1 - Bidet di porcellana sanitaria. Limiti di accettazione;

UNI 8950-2 - Bidet di porcellana sanitaria . Prove funzionali;

UNI 8195 - Bidet ottenuti da lastre di resina metacrilica. Requisiti e metodi di prova.

- Vasche da bagno

Le caratteristiche delle vasche da bagno debbono rispondere alle seguenti norme:

UNI EN 232 - Vasche da bagno. Quote di raccordo;

UNI EN 198 - Specifiche per vasche da bagno per usi domestici prodotte con materiali acrilici.

- Piatti doccia e cabine doccia

Le caratteristiche dei piatti doccia e delle cabine doccia debbono rispondere alle seguenti norme:

UNI EN 251 - Piatti doccia. Quote di raccordo;

UNI EN 263 - Specifiche per lastre acriliche colate per vasche da bagno e piatti per doccia per usi domestici;

UNI 8192 - Piatti per doccia ottenuti da lastre di resina metacrilica. Requisiti e metodi di prova;

UNI 8193 - Cabine per doccia ottenute da lastre di resina metacrilica. Requisiti e metodi di prova.

Spazi minimi funzionali per egli apparecchi sanitari

- Spazi minimi

L'installazione degli apparecchi sanitari deve rispettare gli spazi minimi previsti dalle Appendici V e W alla norma

UNI 9182 - Edilizia - Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda. Criteri di progettazione,

collaudo e gestione.

- Spazi minimi per i soggetti portatori di handicap deambulanti e su sedia a ruote

Per garantire la manovra e l'uso degli apparecchi anche alle persone con impedita capacità motoria, deve essere

previsto, in rapporto agli spazi di manovra di cui al punto 8.0.2. del D.M. n. 236/1989,

l'accostamento laterale alla

tazza w.c., bidet, vasca, doccia, lavatrice e l'accostamento frontale al lavabo.

In particolare devono essere rispettati i seguenti spazi minimi funzionali:

a) lo spazio necessario all'accostamento e al trasferimento laterale dalla sedia a ruote alla tazza w.c. e al bidet,

ove previsto, deve essere minimo 100 cm misurati dall'asse dell'apparecchio sanitario;

b) lo spazio necessario all'accostamento laterale della sedia a ruote alla vasca deve essere minimo di 140 cm

lungo la vasca con profondità minima di 80 cm;

c) lo spazio necessario all'accostamento frontale della sedia a ruote al lavabo deve essere minimo di 80 cm

misurati dal bordo anteriore del lavabo.

- Accorgimenti per la collocazione degli apparecchi sanitari

Relativamente alle caratteristiche degli apparecchi sanitari inoltre:

a) i lavabi devono avere il piano superiore posto a 80 cm dal calpestio ed essere sempre senza colonna con

sifone preferibilmente del tipo accostato o incassato a parete;

b) i w.c. e i bidet preferibilmente sono di tipo sospeso, in particolare l'asse della tazza w.c. o del bidet deve essere

posto ad una distanza minima di 40 cm dalla parete laterale, il bordo anteriore a 75-80 cm dalla parete posteriore

e il piano superiore a 45-50 cm dal calpestio.

Qualora l'asse della tazza-w.c. o bidet sia distante più di 40 cm dalla parete, si deve prevedere, a 40 cm dall'asse

dell'apparecchio sanitario, un maniglione o corrimano per consentire il trasferimento; la doccia deve essere a

pavimento, dotata di sedile ribaltabile e doccia a telefono.

- Impugnature di sicurezza

Nei locali igienici deve inoltre essere prevista l'attrezzabilità con maniglioni e corrimano orizzontali e/o verticali in

vicinanza degli apparecchi; il tipo e le caratteristiche dei maniglioni o corrimano devono essere conformi alle

specifiche esigenze riscontrabili successivamente all'atto dell'assegnazione dell'alloggio e posti in opera in tale

occasione.

Nei servizi igienici dei locali aperti al pubblico è necessario prevedere e installare il corrimano in prossimità della

tazza w.c., posto ad altezza di 80 cm dal calpestio, e di diametro cm 3-4; se fissato a parete deve essere posto a

5 cm dalla stessa.

- Casi di adeguamento

Nei casi di adeguamento di edifici nei locali igienici è consentita la eliminazione del bidet e la sostituzione della

vasca con una doccia a pavimento al fine di ottenere anche senza modifiche sostanziali del locale, uno spazio

laterale di accostamento alla tazza w.c. e di definire sufficienti spazi di manovra.

-Visitabilità

Negli alloggi di edilizia residenziali nei quali è previsto il requisito della visitabilità, il servizio igienico si intende accessibile se è consentito almeno il raggiungimento di una tazza w.c. e di un lavabo, da parte di persona su sedia a ruote. Per raggiungimento dell'apparecchio sanitario si intende la possibilità di arrivare sino alla diretta prossimità di esso, anche senza l'accostamento laterale per la tazza w.c. e frontale per il lavabo.

Rubinetti sanitari

Categorie

I rubinetti sanitari considerati nel presente punto sono quelli appartenenti alle seguenti categorie:

- rubinetti singoli, cioè con una sola condotta di alimentazione;

- gruppo miscelatore, avente due condotte di alimentazione e comandi separati per regolare e miscelare la portata d'acqua. I gruppi miscelatori possono avere diverse soluzioni costruttive

riconducibili nei seguenti casi: comandi distanziati o gemellati, corpo apparente o nascosto (sotto il piano o nella parete), predisposizione per posa su piano orizzontale o verticale;

- miscelatore meccanico, elemento unico che sviluppa le stesse funzioni del gruppo miscelatore mescolando prima i due flussi e regolando dopo la portata della bocca di erogazione, le due regolazioni sono effettuate di volta in volta, per ottenere la temperatura d'acqua voluta. I miscelatori meccanici possono avere diverse soluzioni costruttive riconducibili ai seguenti casi:

- monocomando o bicomando, corpo apparente o nascosto (sotto il piano o nella parete),

predisposizione per posa su piano orizzontale o verticale;

- miscelatori termostatici, elemento funzionante come il miscelatore meccanico, ma che varia automaticamente la portata di due flussi a temperature diverse per erogare e mantenere l'acqua alla temperatura prescelta.

Caratteristiche

I rubinetti sanitari indipendentemente dal tipo e dalla soluzione costruttiva, devono rispondere alle seguenti caratteristiche:

- inalterabilità dei materiali costituenti e non cessione di sostanze all'acqua;

- tenuta all'acqua alle pressioni di esercizio;

- conformazione della bocca di erogazione in modo da erogare acqua con filetto a getto regolare e comunque senza spruzzi che vadano all'esterno dell'apparecchio sul quale devono essere montati;

- proporzionalità fra apertura e portata erogata;

- minima perdita di carico alla massima erogazione;

- silenziosità ed assenza di vibrazione in tutte le condizioni di funzionamento;

- facile smontabilità e sostituzione di pezzi;

- continuità nella variazione di temperatura tra posizione di freddo e quella di caldo e viceversa (per i rubinetti miscelatori). La rispondenza alle caratteristiche sopra elencate si intende soddisfatta per i rubinetti singoli e gruppi miscelatori quando essi rispondono alla norma UNI EN 200 e ne viene comprovata la rispondenza con certificati di prova e/o con apposizione del marchio UNI. Per gli altri rubinetti si applica la UNI EN 200 per quanto possibile o si farà riferimento ad altre norme tecniche (principalmente di enti normatori esteri).

Fornitura e stoccaggio

I rubinetti devono essere forniti protetti da imballaggi adeguati in grado di proteggerli da urti, graffi, ecc. nelle fasi

di trasporto e movimentazione in cantiere.

Il foglio informativo deve accompagnare il prodotto, dichiarandone le caratteristiche dello stesso e le altre

informazioni utili per la posa, la manutenzione ecc.

Tubi di raccordo rigidi e flessibili (Per il collegamento tra i tubi di adduzione e la rubinetteria sanitaria)

I tubi di raccordo rigidi e flessibili, indipendentemente dal materiale costituente e dalla soluzione costruttiva, devono rispondere alle caratteristiche seguenti:

- inalterabilità alle azioni chimiche ed all'azione del calore;

- non cessione di sostanze all'acqua potabile;

- indeformabilità alle sollecitazioni meccaniche provenienti dall'interno e/o dall'esterno;

- superficie interna esente da scabrosità che favoriscano depositi;

- pressione di prova uguale a quella di rubinetti collegati.

La rispondenza alle caratteristiche sopraelencate si intende soddisfatta se i tubi rispondono alla norma UNI 9035 ed è comprovata da una dichiarazione di conformità.

Rubinetti idonei ai portatori di handicap

Nei locali igienici destinati a portatori di handicap devono installarsi preferibilmente rubinetti con comando a leva, con erogazione dell'acqua calda regolabile mediante miscelatori termostatici, come stabilito dal D.M. n. 236/1989.

Norme di riferimento

In caso di contestazione nell'accettazione della rubinetteria si farà riferimento alle seguenti norme:

UNI EN 200 - Rubinetteria sanitaria. Prescrizioni generali dei rubinetti singoli e miscelatori (dimensione nominale 1/2) PN 10. Pressione dinamica minima di 0,05 MPa (0,5 bar);

UNI EN 246 - Rubinetteria sanitaria. Criteri di accettazione dei regolatori di getto;

UNI EN 248 - Rubinetteria sanitaria. Criteri di accettazione dei rivestimenti Ni-Cr;

UNI EN 274 - Rubinetteria sanitaria. Dispositivi di scarico di lavabi, bidet e vasche da bagno.

Specifiche tecniche generali.

UNI EN 816 - Rubinetteria sanitaria - Rubinetti a chiusura automatica PN 10.

UNI EN 817 - Rubinetteria sanitaria - Miscelatori meccanici (PN 10). Specifiche tecniche generali;

UNI EN 411 - Rubinetteria sanitaria. Dispositivi di scarico per lavelli. Specifiche tecniche generali;

UNI EN 329 - Rubinetteria sanitaria. Dispositivi di scarico per piatti doccia. Specifiche tecniche generali;

UNI EN 331 - Rubinetti a sfera ed a maschio conico con fondo chiuso, a comando manuale, per impianti a gas negli edifici;

UNI 10856 - Rubinetteria sanitaria. Prove e limiti di accettazione dei rivestimenti organici;

UNI EN 1111 - Rubinetteria sanitaria. Miscelatori termostatici (PN 10) - Specifiche tecniche generali;

UNI EN 1112 - Dispositivi uscita doccia per rubinetteria sanitaria (PN 10);

UNI EN 1113 - Flessibili doccia per rubinetteria sanitaria (PN 10).

Scarichi degli apparecchi sanitari

Gli elementi costituenti gli scarichi applicati agli apparecchi sanitari, indipendentemente dal materiale e dalla

forma, devono possedere caratteristiche di inalterabilità alle azioni chimiche ed all'azione del calore, realizzare la

tenuta tra otturatore e piletta e possedere una regolabilità per il ripristino della tenuta stessa (per scarichi a comando meccanico).

La rispondenza alle caratteristiche sopra elencate si intende soddisfatta quando essi rispondono alle norme:

UNI EN 274 - Rubinetteria sanitaria. Dispositivi di scarico di lavabi, bidet e vasche da bagno.

Specifiche tecniche generali;

UNI EN 329 - Rubinetteria sanitaria. Dispositivi di scarico per piatti doccia. Specifiche tecniche generali.

La rispondenza deve comprovata anche da una attestazione di conformità fornita dall'appaltatore.

Rubinetti a passo rapido, flussometri (per orinatoi, vasi e vuotatoi)

I rubinetti a passo rapido, flussometri, indipendentemente dal materiale costituente e dalla soluzione costruttiva, devono rispondere alle caratteristiche seguenti:

- erogazione di acqua con portata, energia e quantità necessaria per assicurare la pulizia;
- dispositivi di regolazione della portata e della quantità di acqua erogata;
- costruzione tale da impedire ogni possibile contaminazione della rete di distribuzione dell'acqua a monte per effetto di rigurgito;
- contenimento del livello di rumore prodotto durante il funzionamento.

La rispondenza alle caratteristiche predette deve essere comprovata dalla dichiarazione di conformità fornita dall'appaltatore.

Cassette per l'acqua per vasi, orinatoi e vuotatoi

Le cassette per l'acqua per vasi, orinatoi e vuotatoi, indipendentemente dal materiale costituente e dalla soluzione costruttiva, devono rispondere alle caratteristiche seguenti:

- troppo pieno di sezione tale da impedire in ogni circostanza la fuoriuscita di acqua dalla cassetta;

- rubinetto a galleggiante che regola l'afflusso dell'acqua, realizzato in modo che, dopo l'azione di pulizia, l'acqua fluisca ancora nell'apparecchio sino a ripristinare nel sifone del vaso il battente d'acqua che realizza la tenuta ai gas;
- costruzione tale da impedire ogni possibile contaminazione della rete di distribuzione dell'acqua a monte per effetto di rigurgito;
- contenimento del livello di rumore prodotto durante il funzionamento.

La rispondenza alle caratteristiche sopra elencate si intende soddisfatta per le cassette dei vasi quando, in abbinamento con il vaso, soddisfano le prove di pulizia/evacuazione previste dalla norma UNI 8949-1 - Vasi di porcellana sanitaria. Limiti di accettazione. La rispondenza alle caratteristiche predette deve essere comprovata dalla dichiarazione di conformità fornita dall'appaltatore.

Art. 1.1.15 - ACCIAIO PER COSTRUZIONI IN LAMINATI O PROFILATI

L'acciaio per strutture metalliche deve rispondere alle prescrizioni delle norme tecniche. Possono essere impiegati prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali della direttiva 89/106/CEE. Tale equivalenza sarà accertata dal Ministero delle Infrastrutture, Servizio Tecnico Centrale. È consentito l'impiego di tipi di acciaio diversi da quelli sopra indicati purché venga garantita alla costruzione, con adeguata documentazione teorica e sperimentale, una sicurezza non minore di quella prevista dalle presenti norme. Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova sono rispondenti alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI 552, UNI EN 10002-1, UNI EN 10045 -1. Le tolleranze di fabbricazione devono rispettare i limiti previsti dalla EN 1090. In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

modulo di elasticità trasversale $G = E/2(1 + \nu)$ N/mm² coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$ coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6}$ per °C⁻¹

(per temperature fino a 100 °C) densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Acciaio laminato

Prodotti piani e lunghi

Gli acciai di uso generale laminati a caldo, in profilati, barre, larghi piatti e lamiere devono appartenere a uno dei tipi previsti nella norma EN 10025-1÷6 e devono essere in possesso di attestato di qualificazione rilasciato dal

Servizio Tecnico Centrale.

Il produttore dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.1 dell'appendice ZA

della norma europea EN 10025-1. Tali caratteristiche devono rispettare i limiti previsti nelle medesime specifiche tecniche.

Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero,

quando previsto, la marcatura CE di cui al D.P.R. n. 246/1993.

Profilati cavi

Gli acciai di uso generale in forma di profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastro laminato a caldo), devono appartenere a uno dei tipi aventi le caratteristiche meccaniche riportate nelle specifiche norme europee elencate nella successiva tabella, nelle classi di duttilità JR, J0, J2 e K2. Il produttore dichiara le caratteristiche tecniche che devono essere contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al D.P.R. n. 246/1993. Le caratteristiche tecniche per i profilati cavi devono essere in accordo con

quanto previsto dalle tabelle delle norme di riferimento: EN 10210-1 e EN 10219-1, e riassunte come riportato nella seguente tabella:

Caratteristiche tecniche per i profilati cavi

ACCIAIO	NORMA EUROPEA	TABELLE DI RIFERIMENTO
Profilati cavi finiti a caldo	EN 10210-1	Non legati: A1, A.2, A.3 A grano fine: B1, B.2 - B.3
Profilati cavi saldati formati a freddo	EN 10219-1	A1, A2, A3 Materiale di partenza allo stato:

Normalizzato: B1, B3, B4

Termomeccanico: B2, B3, B5

Le prove ed i metodi di misura sono quelli previsti dalle norme suddette.

Acciaio per getti

Per l'esecuzione di parti in getti si devono impiegare getti di acciaio Fe G 400, Fe G 450, Fe G 520 UNI 3158 ed

UNI 3158 FA 152-85 o equivalenti.

Quando tali acciai debbano essere saldati, devono sottostare alle stesse limitazioni di composizione chimica

previste per gli acciai laminati di resistenza simile.

Acciaio per strutture saldate

Composizione chimica degli acciai

Gli acciai da saldare devono avere composizione chimica contenuta entro i limiti previsti dalle norme europee applicabili.

Fragilità alle basse temperature

La temperatura minima alla quale l'acciaio di una struttura saldata può essere utilizzato senza pericolo di rottura fragile, in assenza di dati più precisi, deve essere stimata sulla base della temperatura T alla quale per detto acciaio può essere garantita una resilienza KV, secondo le norme europee applicabili. La temperatura T deve risultare minore o uguale a quella minima di servizio per elementi importanti di strutture saldate soggetti a trazione con tensione prossima a quella limite aventi spessori maggiori di 25 mm e forme tali da produrre sensibili concentrazioni locali di sforzi, saldature di testa o d'angolo non soggette a controllo, od accentuate deformazioni plastiche di formatura. A parità di altre condizioni, via via che diminuisce lo spessore, la temperatura T può innalzarsi a giudizio del progettista fino ad una temperatura di circa 30 °C maggiore di quella minima di servizio per spessori dell'ordine di 10 millimetri. Un aumento può aver luogo anche per spessori fino a 25 mm via via che l'importanza dell'elemento strutturale decresce o che le altre condizioni si attenuano.

Bulloni e Chiodi

Bulloni

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI EN ISO 4016 ed alle UNI 5592 devono appartenere alle sotto indicate classi delle UNI EN 20898, associate nel modo indicato nella seguente tabella.

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite Dado	4.6 4	5.6 5	6.8 6	8.8 8	10.9 10

Bulloni per giunzioni ad attrito

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della tabella precedente, viti e dadi,

devono essere associati come indicato nella tabella seguente.

Viti, dadi, rosette e/o piastrine devono provenire da un unico produttore.

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 - 10.9 secondo UNI EN 898-1	UNI 5712
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2	UNI 5713
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32÷40	UNI 5714
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32÷ 40	UNI 5715 UNI 5716

Chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla UNI EN 10263-1 a 5.

Acciai inossidabili

Nell'ambito delle indicazioni generali, è consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.

In particolare per i prodotti laminati la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua,

permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione ed al controllo.

Procedure di controllo su acciai da carpenteria

I prodotti assoggettabili al procedimento di qualificazione sono, suddivisi per gamma merceologica, i seguenti:

- laminati mercantili, travi ad ali parallele del tipo IPE e HE, travi a le profilati a U;
- lamiere e nastri, travi saldate e profilati aperti saldati;
- profilati cavi circolari, quadrati o rettangolari senza saldature o saldati.

Elementi di lamiera grecata e profilati formati a freddo

Gli elementi di lamiera grecata ed i profilati formati a freddo, ivi compresi i profilati cavi saldati non sottoposti a successive deformazioni o trattamenti termici, devono essere realizzati utilizzando lamiere o nastri di origine, qualificati secondo le procedure indicate ai successivi punti. Il produttore dichiara, nelle forme, previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.1 dell'appendice ZA della norma europea EN 14782. Tali caratteristiche devono rispettare i limiti previsti nelle medesime specifiche tecniche. Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al D.P.R. n. 246/1993. I produttori possono, in questo caso, derogare dagli adempimenti previsti al punto 11.2.1. delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, relativamente ai controlli sui loro prodotti (sia quelli interni che quelli da parte del laboratorio incaricato) ma devono fare riferimento alla documentazione di accompagnamento dei materiali di base, qualificati all'origine, da essi utilizzati. Il produttore di lamiere grecate deve dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni delle caratteristiche meccaniche dei prodotti e che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera. Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012. I produttori sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la fabbricazione dei prodotti, realizzati con materiale base qualificato. I prodotti finiti devono essere marcati, secondo le modalità previste dal punto 11.2.1. delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008 ed il marchio deve essere depositato presso il Servizio Tecnico Centrale. La dichiarazione sopraccitata ed il deposito del marchio, devono essere confermati annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni. Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione. I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica, ed

inoltre ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata. Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Controlli in stabilimento

- Suddivisione dei prodotti

Sono prodotti qualificabili sia quelli raggruppabili per colata che quelli per lotti di produzione. Ai fini delle prove di qualificazione e di controllo, i prodotti nell'ambito di ciascuna gamma merceologica, sono raggruppabili per gamme di spessori così come definito nelle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1. Sempre agli stessi fini, sono raggruppabili anche i diversi gradi di acciai (JR, J0, J2, K2), sempre che siano garantite per tutti le caratteristiche del grado superiore del raggruppamento. Un lotto di produzione è costituito da un quantitativo di 40 t, o frazione residua, per ogni profilo, qualità e gamma di spessore, senza alcun riferimento alle colate che sono state utilizzate per la loro produzione. Per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione corrisponde all'unità di collaudo come definita dalle norme UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 in base al numero dei pezzi.

- Prove di qualificazione

Ai fini della qualificazione il produttore deve produrre una idonea documentazione sulle caratteristiche chimiche
ove pertinenti e meccaniche riscontrate per quelle qualità e per quei prodotti che intende qualificare. La documentazione deve essere riferita ad una produzione consecutiva relativa ad un periodo di tempo di al
meno sei mesi e ad un quantitativo di prodotti tale da fornire un quadro statisticamente significativo della

produzione stessa e comunque o = 2.000 t oppure ad un numero di colate o di lotti = 25.

Tale documentazione di prova deve basarsi sui dati sperimentali rilevati dal produttore, integrati dai risultati delle

prove di qualificazione effettuate a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, incaricato dal
produttore stesso.

Le prove di qualificazione devono riferirsi a ciascun tipo di prodotto, inteso individuato da gamma merceologica,

classe di spessore e qualità di acciaio, ed essere relative al rilievo dei valori caratteristici; per ciascun tipo

verranno eseguite almeno 30 prove su saggi appositamente prelevati.

La documentazione del complesso delle prove meccaniche deve essere elaborata in forma statistica calcolando,

per lo snervamento e la resistenza a rottura, il valore medio, lo scarto quadratico medio e il relativo valore

caratteristico delle corrispondenti distribuzioni di frequenza.

- Controllo continuo della qualità della produzione

Il servizio di controllo interno della qualità dello stabilimento produttore deve predisporre un'accurata procedura atta a mantenere sotto controllo con continuità tutto il ciclo produttivo. In particolare, per quanto riguarda i prodotti finiti, deve procedere ad una rilevazione di tutte le caratteristiche chimiche ove applicabili e meccaniche previste dalle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008. La rilevazione dei dati di cui sopra deve essere ordinata cronologicamente su appositi registri distinti per qualità, per prodotto o per gruppi di prodotti (come sopra indicato) e per gamme di spessori, come specificato nella norma di prodotto. Per ogni colata, o per ogni lotto di produzione, contraddistinti dal proprio numero di riferimento, viene prelevato dal prodotto finito un saggio per colata e comunque un saggio ogni 80 t oppure un saggio per lotto e comunque un saggio ogni 40 t o frazione; per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione è definito dalle relative norme UNI di prodotto, in base al numero dei pezzi. Dai saggi di cui sopra verranno ricavati i provini per la determinazione delle caratteristiche chimiche e meccaniche previste dalle

norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 rilevando il quantitativo in tonnellate di prodotto finito cui la prova si riferisce. Per quanto concerne fy e ft i dati singoli raccolti, suddivisi per qualità e prodotti (secondo le gamme dimensionali) vengono riportati su idonei diagrammi per consentire di valutare statisticamente nel tempo i risultati della produzione rispetto alle prescrizioni delle presenti norme tecniche. I restanti dati relativi alle caratteristiche chimiche, di resilienza e di allungamento vengono raccolti in tabelle e conservati, dopo averne verificato la rispondenza alle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 per quanto concerne le caratteristiche chimiche e, per quanto concerne resilienza e allungamento, alle prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui alle norme europee EN 10210 ed EN 10219 per i profilati cavi. È cura e responsabilità del produttore individuare, a livello di colata o di lotto di produzione, gli eventuali risultati anomali che portano fuori limiti la produzione e di provvedere ad ovviarne le cause. I diagrammi sopra indicati devono riportare gli eventuali dati anomali. I prodotti non conformi devono essere deviati ad altri impieghi, previa punzonatura di annullamento, e tenendone esplicita nota nei registri. La documentazione raccolta presso il controllo interno di qualità dello stabilimento pro-duttore deve essere conservata a cura del produttore.

- Verifica periodica della qualità

Il laboratorio incaricato effettua periodicamente a sua discrezione e senza preavviso, almeno ogni sei mesi, una visita presso lo stabilimento produttore nel corso della quale su tre tipi di prodotto, scelti di volta in volta tra qualità di acciaio, gamma merceologica e classe di spessore, effettuerà per ciascun tipo non meno di 30 prove a trazione su provette ricavate sia da saggi prelevati direttamente dai prodotti sia da saggi appositamente accantonati dal produttore in numero di almeno 2 per colata o lotto di produzione, relativa alla produzione intercorsa dalla visita precedente. Inoltre il laboratorio incaricato effettua le altre prove previste (resilienza e analisi chimiche) sperimentando su provini ricavati da 3 campioni per ciascun tipo sopraddetto. Infine si controlla che siano rispettati i valori minimi prescritti per la resilienza e quelli massimi per le analisi chimiche. Nel caso che i risultati delle prove siano tali per cui viene accertato che i limiti prescritti non siano rispettati, vengono prelevati altri saggi (nello stesso numero) e ripetute le prove. Ove i risultati delle prove, dopo ripetizione, fossero ancora insoddisfacenti, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio Tecnico Centrale e ripete la qualificazione dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Per quanto concerne le prove di verifica periodica della qualità per gli acciai con snervamento o resistenza inferiori al tipo S235, si utilizza un coefficiente di variazione pari a 9%. Per gli stessi acciai con caratteristiche comprese tra i tipi S235 ed S355, si utilizza un coefficiente di variazione pari all'8%. Per gli stessi acciai con snervamento o rottura superiore al tipo S355 si utilizza un coefficiente di variazione pari al 6%. Per tali acciai la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua nell'ultimo semestre ed anche nei casi in cui i quantitativi minimi previsti non siano rispettati, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

- Controlli su singole colate

Negli stabilimenti soggetti a controlli sistematici, i produttori possono richiedere di loro iniziativa di sottoporsi a controlli, eseguiti a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, su singole colate di quei prodotti che, per ragioni produttive, non possono ancora rispettare le condizioni quantitative minime per qualificarsi. Le prove da effettuare sono quelle relative alle UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 ed i valori da rispettare sono quelli di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui alle norme europee EN 10210 ed EN 10219 per i profilati cavi.

- Officine di trasformazione

Si definisce officina di trasformazione un impianto che riceve dal produttore di acciaio elementi base e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in acciaio. L'officina di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista dall'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nell'officina di trasformazione, vengono utilizzati

elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate nel controllo di produzione in fabbrica. Il trasformatore deve dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo di lavorazione e deve assicurarsi che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla consegna. Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012. I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di elementi strutturali devono comprendere l'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale degli elementi base e il certificato del sistema di gestione della qualità. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile l'officina di trasformazione stessa, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine; tale marcatura sarà depositata presso il Servizio Tecnico Centrale. Le officine di trasformazione sono identificate come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenute ad effettuare i controlli obbligatori previsti in cantiere. A tal fine è fatto obbligo a tali officine di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento che assume le responsabilità affidate, per norma, al Direttore dei Lavori. L'esecuzione delle prove presso l'officina di trasformazione non esclude che il Direttore dei Lavori dell'opera, nell'ambito della propria discrezionalità, possa effettuare in cantiere tutti gli eventuali ulteriori controlli che ritenga opportuni. Le officine di trasformazione sono tenute a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando la loro organizzazione, i procedimenti di saldatura e di sagomatura impiegati, i materiali utilizzati, nonché le modalità di marcatura per l'identificazione dell'officina nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità. Nella dichiarazione deve, inoltre, essere indicato l'impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine. Alla dichiarazione deve essere allegata la nota di incarico al Direttore Tecnico dell'officina, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità sui controlli sui materiali. Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione di cui sopra. La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato rispetto al prece-dente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni. Ogni fornitura in cantiere di elementi strutturali deve essere accompagnata, in aggiunta alla documentazione relativa all'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, da copia dei certificati delle prove fatte eseguire dal direttore tecnico responsabile dello stabilimento e della sopra citata dichiarazione. Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

- Centri di prelavorazione di componenti strutturali

Si definiscono centri di prelavorazione o di servizio, quegli impianti che, ricevendo dai produttori di acciaio elementi base (prodotti lunghi e/o piani) realizzano elementi singoli prelavorati che vengono successivamente utilizzati dalle officine di trasformazione per la realizzazione di strutture complesse nell'ambito delle costruzioni. Il centro di prelavorazione deve dotarsi di un sistema di garanzia della qualità delle lavorazioni allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni delle caratteristiche meccaniche del materiale e che il prodotto finito abbia i requisiti previsti dalle presenti norme. È fatto obbligo a tali centri di nominare un responsabile tecnico che dovrà certificare che tutte le prelavorazioni siano state eseguite in conformità alle specifiche richieste. Tale documentazione sarà trasmessa insieme con la specifica fornitura e farà parte della documentazione finale relativa alle trasformazioni successive.

Controlli in cantiere

I controlli in cantiere sono obbligatori.

Devono essere effettuate per ogni fornitura minimo 3 prove, di cui almeno una sullo spessore massimo ed una sullo spessore minimo.

I dati sperimentali ottenuti devono soddisfare le prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee

della serie EN 10025 ovvero delle tabelle per i profilati cavi per quanto concerne l'allungamento e la resilienza, nonché delle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 per le caratteristiche chimiche.

Ogni singolo valore della tensione di snervamento e di rottura non deve risultare inferiore ai limiti tabellari.

Deve inoltre essere controllato che le tolleranze di fabbricazione rispettino i limiti indicati nella EN 1090 e che

quelle di montaggio siano entro i limiti indicati dal progettista. In mancanza deve essere verificata la sicurezza con riferimento alla nuova geometria.

-Prelievo e domanda di prova al laboratorio

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori, ovvero dal direttore tecnico, o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc, che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori ovvero dal direttore tecnico e deve essere integrata dalla dichiarazione di impegno, rilasciata dal legale rappresentante dello officina di trasformazione, ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine e dalla nota di incarico al Direttore Tecnico dell'officina di trasformazione, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità sui controlli sui materiali e deve contenere precise indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai fini del D.M. 14 gennaio 2008 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

- Certificato di prova

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i risultati delle prove eseguite.

I certificati devono, inoltre, riportare l'indicazione del marchio identificativo rilevato. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza con riferimento alle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Bulloni e chiodi

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo produttivo per assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera. Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato, con livello di attestazione della qualità 2+, da parte di un organismo notificato, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012. I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di bulloni o chiodi da carpenteria devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità. I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività,

con specifico riferimento al processo produttivo ed al controllo di produzione in fabbrica, fornendo copia della certificazione del sistema di gestione della qualità. La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni. Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione. Ogni fornitura in cantiere o nell'officina di formazione delle carpenterie metalliche, di bulloni o chiodi deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata e della relativa attestazione da parte del Servizio Tecnico Centrale. I controlli di accettazione sono obbligatori e devono rispettare i piani di campionamento e le prescrizioni di cui alla UNI EN 20898/1 e UNI EN 20898/2.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori, ovvero dal direttore tecnico, o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc, che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati. La domanda di prove al laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori ovvero dal Direttore Tecnico e deve essere integrata dalla dichiarazione di impegno, rilasciata dal legale rappresentante dello officina di trasformazione, ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine e dalla nota di incarico al Direttore Tecnico dell'officina di trasformazione, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità sui controlli sui materiali. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai fini del D.M. 14 gennaio 2008 e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Norme di riferimento

-Esecuzione

UNI 552:1986 - Prove meccaniche dei materiali metallici. Simboli, denominazioni e definizioni
UNI 3158:1977 - Acciai non legati di qualità in getti per costruzioni meccaniche di impiego generale. Qualità, prescrizioni e prove
UNI ENV 1090-1:2001 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole generali e regole per gli edifici
UNI ENV 1090-2:2001 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per componenti e lamiere di spessore sottile formati a freddo
UNI ENV 1090-3:2001 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per gli acciai ad alta resistenza allo snervamento
UNI ENV 1090-4:2001 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per strutture reticolari realizzate con profilati cavi
UNI ENV 1090-6:2003 - Esecuzione di strutture di acciaio. Regole supplementari per l'acciaio inossidabile
UNI EN ISO 377:1999 - Acciaio e prodotti di acciaio. Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette per prove meccaniche
UNI EN 10002-1:1992 - Materiali metallici. Prova di trazione. Metodo di prova (a temperatura ambiente)
UNI EN 10045-1:1992 - Materiali metallici. Prova di resilienza su provetta Charpy. Metodo di prova

-Elementi di collegamento

UNI EN ISO 898-1:2001 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio. Viti e viti prigioniere
UNI EN 20898-2:1994 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso
UNI EN 20898-7:1996 - Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Prova di torsione e coppia minima di rottura per viti con diametro nominale da 1 mm a 10 mm
UNI 5592:1968 - Dadi esagonali normali. Filettatura metrica Iso a passo grosso e a passo fine. Categoria C
UNI EN Iso 4016:2002 - Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato. Categoria C

-Profilati cavi

UNI EN 10210-1:1996 - Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali.

Condizioni tecniche di fornitura

UNI EN 10210-2:1999 - Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali.

Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo

UNI EN 10219-1:1999 - Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate.

Condizioni tecniche di fornitura

UNI EN 10219-2:1999 - Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate - Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo

-Prodotti laminati a caldo

UNI EN 10025-1:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1:

Condizioni tecniche generali di fornitura UNI EN 10025-2:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi

strutturali UNI EN 10025-3:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali -

Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato UNI EN 10025-4:2005 - Prodotti laminati a caldo di

acciai per impieghi strutturali - Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termomeccanica UNI EN 10025-

5:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica UNI

EN 10025-6:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 6: Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piani di acciaio per impieghi strutturali ad alto limite di

snervamento, bonificati

-Saldature

UNI EN 288-3:1993 - Specificazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali

metallici. Prove di qualificazione della procedura di saldatura per la saldatura ad arco di acciai UNI EN ISO 4063:2001 - Saldatura, brasatura forte, brasatura dolce e saldobrasatura dei metalli.

Nomenclatura dei procedimenti e relativa codificazione numerica per la rappresentazione simbolica sui disegni UNI EN 1011-1:2003 - Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei materiali

metallici. Guida generale per la saldatura ad arco UNI EN 1011-2:2003 - Saldatura.

Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Saldatura ad arco per acciai ferritici UNI

EN 1011-3:2005 - Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Saldatura ad

arco di acciai inossidabili UNI EN 1011-4:2005 - Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura dei

materiali metallici. Parte 4: Saldatura ad arco dell'alluminio e delle leghe di alluminio UNI EN

1011-5:2004 - Saldatura. Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici. Parte 5: Saldatura

degli acciai placcati UNI EN 29692:1996 - Saldatura ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad

arco in gas protettivo e saldatura a gas. Preparazione dei giunti per l'acciaio. UNI EN 287-1:2004 -

Prove di qualificazione dei saldatori. Saldatura per fusione. Parte 1: Acciai UNI EN 1418:1999 -

Personale di saldatura. Prove di qualificazione degli operatori di saldatura per la saldatura a fusione

e dei preparatori di saldatura a resistenza, per la saldatura completamente meccanizzata ed

automatica di materiali metallici UNI EN 1713:2003 - Controllo non distruttivo delle saldature.

Controllo mediante ultrasuoni. Caratterizzazione delle indicazioni nelle saldature UNI EN

1714:2003 - Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo mediante ultrasuoni dei giunti

saldati UNI EN 1289:2003 - Controllo non distruttivo delle saldature mediante liquidi penetranti.

Livelli di accettabilità UNI EN 1290:2003 - Controllo non distruttivo delle saldature. Controllo

magnetoscopico con particelle magnetiche delle saldature UNI EN 12062:2004 - Controllo non

distruttivo delle saldature. Regole generali per i materiali metallici UNI EN 473:2001 - Prove non

distruttive. Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive. Principi generali.

Art. 1.1.16 - ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio

Controlli di produzione in fabbrica e procedure di qualificazione

Tutti gli acciai, siano essi destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o ad utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche devono essere prodotti

con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione. Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee disponibili EN 10080, EN 10138, EN 10025, EN 10210, EN 10219. Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993 di recepimento della direttiva 89/106/CE, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata. Nel caso di prodotti coperti da marcatura CE, devono essere comunque rispettati, laddove applicabili, i punti del paragrafo 11.2 del D.M. 14 gennaio 2008 non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate. Il Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai di cui sopra. La Procedura di Qualificazione del Prodotto prevede:

- esecuzione delle Prove di Qualificazione a cura del Laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 incaricato dal Servizio Tecnico Centrale su proposta del produttore;
- invio dei risultati delle prove di qualificazione da sottoporre a giudizio di conformità al Servizio Tecnico Centrale da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 incaricato;
- in caso di giudizio positivo il Servizio Tecnico Centrale provvede al rilascio dell'Attestato di Qualificazione al produttore e inserisce il Produttore nel Catalogo Ufficiale dei Prodotti Qualificati che sarà reso disponibile sul sito internet;
- in caso di giudizio negativo, il Produttore può individuare le cause delle non conformità, apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione sia al Servizio Tecnico Centrale che al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di qualificazione. Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione. La qualificazione ha validità 5 (cinque) anni.

Mantenimento e rinnovo della Qualificazione

Per il mantenimento della qualificazione i Produttori sono tenuti, con cadenza semestrale entro 60 giorni dalla data di scadenza del semestre di riferimento ad inviare al Servizio Tecnico Centrale:

- dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità del processo produttivo, dell'organizzazione del controllo interno di produzione in fabbrica;
- i risultati dei controlli interni eseguiti nel semestre sul prodotto nonché la loro elaborazione statistica con l'indicazione del quantitativo di produzione e del numero delle prove;
- i risultati dei controlli eseguiti nel corso delle prove di verifica periodica della qualità, da parte del laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001;
- la documentazione di conformità statistica dei parametri rilevati (di cui ai prospetti relativi agli acciai specifici) nel corso delle prove di cui sopra indicate. Per la conformità statistica tra i risultati dei controlli interni ed i risultati dei controlli effettuati dal laboratorio incaricato, devono essere utilizzati test statistici di confronto delle varianze e delle medie delle due serie di dati, secondo i procedimenti del controllo;
- della qualità (UNI 6809-72 e 6806-72).

Il Produttore deve segnalare al Servizio Tecnico Centrale ogni eventuale modifica al processo produttivo o al sistema di controllo anche temporanea. Il Servizio Tecnico Centrale esamina la documentazione, ne accerta la conformità ai requisiti previsti e rilascia l'Attestato di Conferma della qualificazione. Ogni sospensione della produzione deve essere tempestivamente comunicata al Servizio Tecnico Centrale indicandone le motivazioni. Qualora la produzione venga sospesa per oltre un anno, la procedura di qualificazione deve essere ripetuta. La sospensione della produzione non esenta gli organismi incaricati dall'effettuare le visite di ispezione periodica della qualità di cui ai punti 11.2.2.10, 11.2.3.5 e 11.2.4.8. del D.M. 14 gennaio 2008. Il Servizio Tecnico Centrale può

effettuare o far effettuare, in qualsiasi momento, al Laboratorio incaricato ulteriori visite ispettive finalizzate all'accertamento della sussistenza dei requisiti previsti per la qualificazione. Al termine del periodo di validità di 5 (cinque) anni dell'Attestato di Qualificazione il produttore deve chiedere il rinnovo, il Servizio Tecnico Centrale, valutata anche la conformità relativa all'intera documentazione fornita nei 5 (cinque) anni precedenti, rinnoverà la qualificazione. Il mancato invio della documentazione di cui sopra entro i previsti sessanta giorni ovvero l'accertamento da parte del Servizio Tecnico Centrale di rilevanti non conformità, comporta la sospensione ovvero la decadenza della qualificazione.

Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e deve costantemente essere riconducibile allo stabilimento di produzione tramite la marcatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità. Ogni prodotto deve essere marcato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marcatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione. Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato. Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, diversi possono essere i sistemi di marcatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri. Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, etc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione. Tenendo presente che l'elemento determinante della marcatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile. Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) viene scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marcatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale. In tal caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal Direttore dei Lavori. I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marcature o le etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto. Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale. Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e di ciò ne deve

essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il laboratorio incaricato informa di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

I controlli e la documentazione di accompagnamento

La vigente normativa prevede le seguenti forme di controllo obbligatorie:

- controlli di produzione in stabilimento;
- controlli di accettazione nei centri di trasformazione e in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione.

I controlli di accettazione eseguiti in cantiere, o nei centri di trasformazione, sono riferiti a lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

- Lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito o del fascio di barre). Un lotto di produzione è compreso tra 30 e 100 tonnellate.

- Lotti di spedizione: sono lotti formati da un massimo di 30 t, spediti in cantiere o nei centri di trasformazione. Tutti i lotti di spedizione, anche se parte di un'unica fornitura, di acciaio devono essere accompagnati dall'attestato di qualificazione del Produttore rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto del produttore. Tutti i lotti di spedizione effettuati da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnati dalla copia dell'attestato di qualificazione del Produttore, sul quale deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto fino al commerciante o al trasformatore intermedio. I controlli in cantiere, eseguiti su ciascun lotto di spedizione, possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da un centro di trasformazione, in quest'ultimo caso la certificazione delle prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 deve riportare gli elementi identificativi del produttore, le caratteristiche commerciali, le quantità fornite, il cantiere di destinazione. Nel caso in cui il centro di trasformazione proceda ad eseguire i controlli di cui sopra, ha l'obbligo di nominare un Direttore Tecnico che, in possesso dei requisiti definiti per norma per il Direttore dei Lavori, assume la responsabilità del controllo dei materiali. Resta comunque nella discrezionalità del Direttore dei Lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni. I controlli sono effettuati secondo le modalità indicate al punto 11.2.3.5 del D.M. 14 gennaio 2008. Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Prove di qualificazione e verifiche periodiche della qualità

I laboratori incaricati, di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, devono operare secondo uno specifico piano di

qualità approvato dal Servizio Tecnico Centrale.

I certificati di prova emessi dovranno essere uniformati ad un modello standard elaborato dal Servizio Tecnico Centrale.

I relativi certificati devono contenere almeno:

- l'identificazione dell'azienda produttrice e dello stabilimento di produzione;
- l'indicazione del tipo di prodotto e della eventuale dichiarata saldabilità;
- il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale;
- gli estremi dell'attestato di qualificazione nonché l'ultimo attestato di conferma della qualificazione (per le sole verifiche periodiche della qualità);
- la data del prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato;
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto ed i risultati delle prove eseguite;
- l'analisi chimica per i prodotti dichiarati saldabili (o comunque utilizzati per la fabbricazione di prodotti finiti elettrosaldati);

- le elaborazioni statistiche previste nei punti: 11.2.2.10, 11.2.3.5 e 11.2.4.8 del D.M. 14 gennaio 2008;

I prelievi in stabilimento sono effettuati, ove possibile, dalla linea di produzione.

Le prove possono essere effettuate dai tecnici del laboratorio incaricato, anche presso lo stabilimento del

produttore, qualora le attrezzature utilizzate siano tarate e la loro idoneità sia accertata e documentata.

Di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione nel rapporto di prova nel quale deve essere presente la

dichiarazione del rappresentante del laboratorio incaricato relativa all'idoneità delle attrezzature utilizzate.

In caso di risultato negativo delle prove il Produttore deve individuare le cause e apportare le opportune azioni

correttive, dandone comunicazione al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di verifica.

Le specifiche per l'effettuazione delle prove di qualificazione e delle verifiche periodiche della qualità, ivi compresa

la cadenza temporale dei controlli stessi, sono riportate rispettivamente nei punti seguenti del D.M. 14 gennaio 2008:

- punto 11.2.2.10, per acciai per cemento armato in barre o rotoli;

- punto 11.2.3.5, per acciai per cemento armato precompresso;

- punto 11.2.4.8, per acciai per carpenterie metalliche.

Tipologie e caratteristiche dei diversi tipi cemento armato

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al precedente punto 16.2.5. e controllati con le modalità riportate nei punti: 11.2.2.10 e 11.2.3.5. del D.M. 14 gennaio 2008

Acciaio per cemento armato laminato a caldo

L'acciaio per cemento armato laminato a caldo, denominato B450C deve essere caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura:

$f_{v\ nom}$

450 N/mm²

$f_{t\ nom}$

540 N/mm²

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella.

L'acciaio per cemento armato laminato a caldo B450C

CARATTERISTICHE

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}

= $f_{v\ nom}$ (N/mm²)

Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	= $f_{t\ nom}$ (N/mm ²)
	$(f_t/f_y)k$	= 1,13 = 1,35
	$(f_y/f_y\ nom)k$	= 1,25
Allungamento	$(A_{gt})k$	= 7%
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
Ø < 12 mm		4 Ø
12 = Ø = 16 mm		5 Ø
per 16 < Ø = 25 mm		8 Ø
per 25 < Ø = 50 mm		10 Ø

Acciai per cemento armato trafilati a freddo

L'acciaio trafilato a freddo, denominato B450C è caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio laminato a caldo B450C, deve rispettare i requisiti

nella seguente tabella.

		CARATTERISTICHE
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	= $f_{y \text{ nom}}$ (N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	= $f_{t \text{ nom}}$ (N/mm ²)
	$(f_t/f_y)_k$	= 1,05
	$(f_y/f_{y \text{ nom}})_k$	= 1,25
Allungamento	$(A_{gt})_k$	= 3%
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\varnothing < 12$ mm		4 \varnothing

CARATTERISTICHE

Accertamento delle proprietà meccaniche

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle UNI EN ISO 15630-1 e UNI EN ISO 15630-2. Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche devono essere determinate su provette mantenute per 60 minuti a 100 ± 10 °C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente. La prova di piegamento e raddrizzamento deve essere eseguita alla temperatura di $20 + 5$ °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 30 minuti a 100 ± 10 °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

Caratteristiche dimensionali

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci,

per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati o preassemblati in

appositi centri di trasformazione, a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera, quali:

elementi presagomati (staffe, ferri piegati, ecc);

elementi preassemblati (gabbie di armatura, ecc.).

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di

nervature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al

conglomerato cementizio.

Per quanto riguarda la marcatura dei prodotti vale quanto indicato al punto 11.2.1.2. delle norme tecniche di cui al

D.M. 14 gennaio 2008.

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al punto 11.2.1.3. delle norme

tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Barre e rotoli

Le barre sono caratterizzate dal diametro \varnothing della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la

densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³.

Il diametro \varnothing delle barre deve essere compreso tra 6 e 50 mm.

Per barre con diametri superiori a 40 mm la struttura va considerata composta e valgono le regole delle strutture

composte acciaio-conglomerato cementizio.

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a $\varnothing = 16$. Nel luogo di lavorazione, dove avviene il raddrizzamento, per tenere in conto del danneggiamento della superficie del tondo ai fini dell'aderenza opportune prove dovranno essere condotte così come indicato al punto 11.2.2.10.4 delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Quando il

raddrizzamento avviene a caldo, bisogna verificare che siano mantenute le caratteristiche meccaniche dell'acciaio.

Procedure di controllo in stabilimento

Il Direttore dei Lavori dovrà richiedere i risultati dei controlli in stabilimento previsti dal punto 11.2.2.10. delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, tali controlli devono riguardare i controlli sistematici:

- prove di qualificazione;
- prove di verifica della qualità;
- controlli sui singoli lotti di produzione.

Reti e tralicci elettrosaldati

Si intendono per reti elettrosaldate le armature costituite da due sistemi di barre parallele ortogonali equidistanziate, assemblate per saldatura negli incroci chiamati nodi. Gli acciai delle reti elettrosaldate devono essere saldabili. La equidistanza non può superare 330 mm. I tralicci sono elementi reticolari composti da barre ed assemblati mediante saldature. Gli acciai per i tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. Le reti ed i tralicci costituiti con acciaio di cui al punto 11.2.2.2 delle norme tecniche di cui D.M. 14 gennaio 2008 devono avere diametro Ø compreso tra 5 e 12 mm. I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630-2 pari al 30% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore. Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo, va controllata e certificata dal produttore di reti. In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. La produzione di reti e tralicci elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento. Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi devono essere dotati della prevista qualificazione. Ogni pannello o traliccio deve essere inoltre dotato di apposita marcatura che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso. La marcatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marcatura supplementare indelebile identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo. Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento la marcatura del prodotto finito può coincidere con la marcatura dell'elemento base.

Peso delle reti elettrosaldate

Diametro Ø mm	Peso barra kg/m	Peso in una direzione kg/m ²								
		Interasse tondini in mm								
		50	75	100	125	150	200	250	300	350
4	0,099	1,98	1,32	0,99	0,79	0,66	0,49	0,39	0,33	0,28
5	0,154	3,08	2,05	1,54	1,23	1,03	0,77	0,62	0,51	0,44
6	0,222	4,44	2,96	2,22	1,78	1,48	1,11	0,89	0,75	0,63
7	0,302	6,04	4,03	3,02	2,42	2,01	1,51	1,21	1,01	0,86
8	0,394	7,89	5,26	3,94	3,15	2,63	1,97	1,58	1,31	1,13
9	0,499	9,98	6,60	4,99	4,00	3,30	2,49	1,98	1,65	1,43
10	0,617	12,30	8,18	6,17	4,93	4,09	3,08	2,45	2,04	1,76
11	0,746	14,90	9,84	7,46	5,97	4,92	3,73	2,96	2,46	2,13
12	0,888	17,80	11,80	8,88	7,10	5,88	4,44	3,52	2,94	2,54

Sezioni delle reti elettrosaldate
cm² per metro

Sezione Diametro barra

Barre portanti

Barre trasversali

Ø mm cm²

50; 75;100; 125; 150; 200; 250; 300; 350; 0,126; 2,52; 1,68; 1,26; 1,01; 0,84; 0,63; 0,50; 0,42; 0,36; 0,196; 3,93; 2,62; 1,96; 1,57; 1,31; 0,98; 0,79; 0,65; 0,56

6	0,283	5,65	3,77	2,83	2,30	1,88	1,41	1,13	0,94	0,81
7	0,385	7,69	5,13	3,85	3,00	2,56	1,92	1,54	1,28	1,10
8	0,502	10,05	6,70	5,02	4,00	3,35	2,51	2,01	1,67	1,43
9	0,635	12,70	8,45	6,35	5,10	4,23	3,18	2,54	2,12	1,81
10	0,785	15,70	10,50	7,85	6,30	5,22	3,92	3,14	2,61	2,24
11	0,947	18,90	12,60	9,47	7,60	6,31	4,74	3,79	3,15	2,71
12	1,130	22,60	15,10	11,30	9,10	7,53	5,65	4,52	3,76	3,23

Procedure di controllo in stabilimento

Il Direttore dei Lavori dovrà richiedere i risultati dei controlli in stabilimento previsti dal punto 11.2.2.11. delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, tali controlli devono riguardare i controlli sistematici:

- prove di qualificazione;
- prove di verifica della qualità;
- controlli sui singoli lotti di produzione.

Saldabilità

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella tabella qui di seguito dove il calcolo del carbonio equivalente C_{eq} è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + (Mn / 6) + ((Cr + Mo + V) / 5) + ((Ni + Cu) / 15)$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

Massimo contenuto di elementi chimici in %			
		Analisi di prodotto 0,24 0,055 0,055 0,85 0,013	Analisi di colata 0,22 0,050 0,050 0,80 0,012
Carbonio Fosforo Zolfo Rame Azoto	C P S Cu N		
Carbonio equivalente	C _{eq}	0,52	0,50

E' possibile eccedere il valore max. di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del C_{eq}, venga ridotto dello 0,02% in massa.

Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

Tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale deve essere come riportato nella tabella seguente.

Diametro nominale, (mm)	5 a = 8	> 8 = 50
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	± 6	± 4,5

Acciai inossidabili

E' ammesso l'impiego di acciai inossidabili purché le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai di cui al punto 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008, con l'avvertenza di sostituire al termine ft della tabella 11.2.1 delle norme tecniche di cui D.M. 14 gennaio 2008, il

termine $f 7 \%$, ovvero la tensione corrispondente ad un allungamento $A_{gt} = 7\%$. La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificate da un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 ed effettuate secondo gli specifici procedimenti di saldatura, da utilizzare in cantiere o in officina, previsti dal produttore. Per essi la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

Acciai zincati

E' ammesso l'uso di acciai zincati purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali.

La qualificazione e, di conseguenza, la relativa verifica delle caratteristiche sopra indicate deve essere effettuata

sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura.

La marcatura deve consentire l'identificazione sia del produttore dell'elemento base che dello stabilimento di

zincatura; pertanto, nel caso in cui la zincatura venga effettuata su prodotti già qualificati all'origine e, quindi,

dotati di marcatura indelebile, deve essere prevista una marcatura aggiuntiva che identifichi lo stabilimento di

zincatura.

Per essi la qualificazione con le successive verifiche è ammessa anche nel caso di produzione non continua,

permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

Controlli nei centri di trasformazione o nei luoghi di lavorazione delle barre. Accettazione in cantiere.

I controlli sono obbligatori e devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.2.2.10 del D.M. 14 gennaio 2008, in ragione di 3 spezzoni, marcati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri della partita. Il campionamento e le prove devono essere eseguiti entro 30 giorni dalla consegna delle barre in cantiere e comunque sempre prima della messa in opera del prodotto. Il controllo della resistenza, la verifica dell'allungamento e del piegamento, per uno stesso diametro, viene eseguito secondo le prescrizioni di cui alle UNI EN ISO 15630-1 e UNI EN ISO 15630-2. valori minimi, limite, che devono essere rispettati per ciascun provino, sono i seguenti:

Valori Limite di Accettazione

Caratteristica	Valore limite	NOTE
<i>f_y minimo</i>	425 N/mm ²	(450-25) N/mm ²
<i>f_y massimo</i>	572 N/mm ²	[450x(1, 25+0,02)] N/mm ²
<i>A_{gt} minimo</i>	= 5.0%	per acciai laminati a caldo
<i>A_{gt} minimo</i>	= 1.0%	per acciai trafilati a freddo
<i>Rottura/snervamento</i>	1.11 = $f_t/f_y = 1.37$	per acciai laminati a caldo
<i>Rottura/snervamento</i>	$f_t/f_y = 1.03$	per acciai trafilati a freddo
<i>Piegamento/raddrizzamento</i>	assenza di cricche	per tutti

Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire impiegando diverse apparecchiature e modalità di prova. Nel caso in cui l'esito delle prove determini una non conformità si dovrà procedere dallo stesso fascio ma da barre diverse dello stesso diametro al prelievo ed alle prove di tre ulteriori provini, salvo quando l'esito negativo sia riconducibile ad un difetto o si abbia ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, in questo caso il risultato della prova stessa deve essere ignorato ed è sufficiente prelevare un ulteriore (sin-golo) provino. Se ciascuno dei tre risultati validi della prova è compreso nei limiti

sopra richiamati, il lotto consegnato deve essere considerato conforme. Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, 10 ulteriori provini devono essere prelevati da elementi diversi del lotto in presenza del produttore o di un suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove che devono essere eseguite presso un laboratorio inserito nell'Albo dei laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico di progetto e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto. Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia e nel caso di un centro di trasformazione dal Direttore Tecnico, che assume le responsabilità affidate per norma al Direttore dei Lavori, che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc, che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati. La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori, ovvero dal Direttore Tecnico, e deve contenere precise indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo e deve essere integrata dalla dichiarazione, rilasciata dal legale rappresentante del centro di trasformazione, di impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine e dalla nota di incarico al Direttore Tecnico del

centro di trasformazione, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità sui controlli sui materiali.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del Direttore dei Lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi della vigente normativa e non possono essere accettate.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i valori di resistenza misurati e l'esito delle prove di piegamento.

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. I controlli in cantiere sono obbligatori, devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri richiamati al punto 11.2.2.10 del

D.M. 14 gennaio 2008 e le proprietà meccaniche devono essere ricavate secondo le disposizioni di cui al punto

11.2.2.3 dello stesso decreto. I controlli in cantiere, eseguiti su ciascun lotto di spedizione, possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da un centro di trasformazione, in questo caso la certificazione delle prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380 deve essere richiesta dal Direttore tecnico, che assume le responsabilità affidate per norma al Direttore dei lavori, e deve essere specifica per ciascun cantiere e per ogni consegna oltre a riportare gli elementi identificativi del produttore, le caratteristiche commerciali, le quantità fornite, il cantiere di destinazione. Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli

eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (per esempio, indice di aderenza, saldabilità).

Prove di aderenza

Ai fini della qualificazione, le barre devono superare con esito positivo prove di aderenza secondo il metodo Beam

- test da eseguirsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con le modalità specificate

nella CNR-UNI 10020 (gennaio 1971). La tensione di aderenza t_d valutata secondo la CNR-UNI 10020 (gennaio 1971) verrà riferita ad una resistenza nominale del calcestruzzo di 27 N/mm², mediante l'applicazione della seguente formula di correzione: Le tensioni tangenziali di aderenza

σ_m e σ_r desunte dalla prova, come media dei risultati ottenuti sperimentando

almeno quattro travi per ogni diametro, devono soddisfare le condizioni seguenti:

$$\sigma_m = \sigma_m = 8 - 0,12 \varnothing$$

$$\sigma_r = \sigma_r = 13 - 0,19 \varnothing$$

ove σ_m , σ_r e σ_r sono espressi in N/mm² e \varnothing è espresso in mm.

Per accertare la rispondenza delle singole partite nei riguardi delle proprietà di aderenza, si calcolerà per un

numero significativo di barre il valore dell'indice di aderenza I_R definito dall'espressione:

$$I_R = (2 * a_m * l_R * \cos(90^\circ - \alpha)) / (\sigma * \varnothing_n * c)$$

confrontando quindi il valore medio di I_R con il corrispondente $I_R(L)$ valutato sulle barre provate in laboratorio. La partita è ritenuta idonea se è verificata al meno una delle due seguenti ineguaglianze (A) e (B):

$$I_R / I_R(L) = \sigma^* / \sigma_m \quad (A)$$

$$I_R = 0,048 \text{ per } 5 \text{ mm} < \varnothing = 6 \text{ mm} \quad \sigma_R = 0,055 \text{ per } 6 \text{ mm} < \varnothing = 8 \text{ mm} \quad (B) \quad \sigma_R = 0,060 \text{ per } 8 \text{ mm} < \varnothing = 12 \text{ mm} \quad \sigma_R = 0,065 \text{ per } \varnothing > 12 \text{ mm}$$

essendo:

σ^* = valore limite di σ_m quale sopra definito per il diametro considerato;

σ_m e σ_r = valori desunti dalle prove di laboratorio;

\varnothing_n = diametro nominale della barra;

c = interasse delle nervature;

a_m = altezza media delle nervature;

α = inclinazione delle nervature sull'asse della barra espressa in gradi;

l_R = lunghezza delle nervature;

I_R = valore di I_R determinato sulle barre della fornitura considerata;

$I_R(L)$ = valore di I_R determinato sulle barre provate in laboratorio.

Qualora il profilo comporti particolarità di forma non contemplate nella definizione di I_R (per esempio nocciolo non

circolare), l'ineguaglianza (A) deve essere verificata per i soli risalti o nervature.

Nel certificato di prova devono essere descritte le caratteristiche geometriche della sezione e delle nervature e

deve, inoltre, essere indicata quale delle due disuguaglianze (A) o (B) viene rispettata.

Norme di riferimento

UNI 8926 - Fili di acciaio destinati alla fabbricazione di reti e tralicci elettrosaldati per cemento armato strutturale.

UNI 8927 - Reti e tralicci elettrosaldati di acciaio per cemento armato strutturale;

UNI 9120 - Disegni tecnici. Disegni di costruzione e d'ingegneria civile. Distinta dei ferri;

UNI 10622 - Barre e vergella (rotoli) di acciaio d'armatura per cemento armato, zincati a caldo;
CNR UNI 10020 - Prova di aderenza su barre di acciaio ad aderenza migliorata;
UNI ENV 10080 - Acciaio per cemento armato. Armature per cemento armato saldabili nervate B500. Condizioni tecniche di fornitura per barre, rotoli e reti saldate;
UNI ISO 10065 - Barre di acciaio per l'armatura del calcestruzzo. Prova di piegamento e raddrizzamento;
UNI ISO 3766 - Disegni di costruzioni e d' ingegneria civile. Rappresentazione simbolica delle armature del calcestruzzo;
UNI ISO 10287 - Acciaio per calcestruzzo armato. Determinazione della resistenza dei nodi delle reti saldate.
UNI EN ISO 15630-1 - Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. Metodi di prova .
Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato
UNI EN ISO 15630-2 - Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso .
Metodi di prova .
Parte 2: Reti saldate

Art. 1.1.17 - LATERIZI

Si intendono per laterizi materiali artificiali da costruzione, formati di argilla, contenente quantità variabili di sabbia, di ossido di ferro, di carbonato di calcio, purgata, macerata, impastata, pressata e ridotta in pezzi di forma e di dimensioni prestabilite, pezzi che, dopo asciugamento, vengono esposti a giusta cottura in apposite fornaci.

Essi dovranno rispondere alle prescrizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2233 (Norme per l'accettazione dei materiali laterizi) ed alle norme UNI vigenti.

I laterizi di qualsiasi tipo, forma e dimensione debbono nella massa essere scevri da sassolini, noduli e da altre impurità; avere facce lisce e spigoli regolari; presentare alla frattura (non vetrosa) grana fine ed uniforme; dare, al colpo di martello, suono chiaro; assorbire acqua per immersione; asciugarsi all'aria con sufficiente rapidità; non sfaldarsi e non sfiorire sotto l'influenza degli agenti atmosferici e di soluzioni saline; non screpolarsi al fuoco; avere resistenza adeguata agli sforzi ai quali dovranno essere assoggettati, in relazione all'uso.

Requisiti di accettazione

Per accertare se i materiali laterizi abbiano i requisiti prescritti, oltre all'esame accurato della superficie e della massa interna ed alle prove di percussione per riconoscere la sonorità del materiale, debbono essere sottoposti a prove fisiche e chimiche, secondo le modalità prescritte dal R.D. 16 novembre 1939, n. 2233.

I laterizi da usarsi in opere a contatto con acque contenenti soluzioni saline devono essere analizzati, per accertare il comportamento di essi in presenza di liquidi di cui si teme l'aggressività.

Elementi in laterizio per solai

Per la terminologia, il sistema di classificazione, i limiti di accettazione ed i metodi di prova si farà riferimento alle

norme:

UNI 9730-1 - Elementi di laterizio per solai. Terminologia e classificazione;

UNI 9730-2 - Elementi di laterizio per solai. Limiti di accettazione;

UNI 9730-3 - Elementi di laterizio per solai. Metodi di prova.

Dovranno inoltre essere rispettate le norme tecniche di cui al punto 5.1.9, del D.M. 14 gennaio 2008.

Tavelle e tavelloni

Per tavelle si intendono elementi laterizi con due dimensioni prevalenti e con altezza minore o uguale a 4 cm. Per tavelloni si intendono elementi laterizi aventi due dimensioni prevalenti ed altezza superiore ai 4 cm (generalmente 6÷8 cm).

Per l'accettazione dimensionale delle tavelle e dei tavelloni si farà riferimento alle tolleranze previste dal punto 4 della norma:

UNI 11128 - Prodotti da costruzione di laterizio. Tavelloni, tavelle e tavelline. Terminologia, requisiti e metodi di prova.

Art. 1.1.18 - PRODOTTI PER PAVIMENTAZIONE

Si definiscono prodotti per pavimentazione quelli utilizzati per realizzare lo strato di rivestimento dell'intero sistema di pavimentazione.

Per la realizzazione del sistema di pavimentazione si rinvia all'articolo relativo all'esecuzione delle pavimentazioni.

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni secondo le norme vigenti:

a) Norme generali

R.D. 16 novembre 1939, n. 2234 - Norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazione;

UNI 7998 - Edilizia. Pavimentazioni. Terminologia;

UNI 7999 - Edilizia. Pavimentazioni. Analisi dei requisiti;

UNI 8437 - Edilizia. Pavimentazioni. Classificazione in base all'isolamento dal rumore di calpestio.

b) Rivestimenti resilienti per pavimentazioni

UNI 5574 - Pavimenti vinilici. Metodi di prova;

UNI EN 661 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della propagazione dell'acqua;

UNI EN 662 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'incurvamento per esposizione all'umidità;

UNI EN 663 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della profondità convenzionale del rilievo;

UNI EN 664 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della perdita di sostanze volatili;

UNI EN 665 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione dell'essudazione dei plastificanti;

UNI EN 666 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della gelatinizzazione;

UNI EN 669 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della stabilità dimensionale delle

piastrelle di linoleum dovuta a variazioni dell'umidità atmosferica;

UNI EN 670 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Identificazione del linoleum e determinazione del

contenuto di cemento e della cenere residua;

UNI EN 672 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa volumica apparente del

sughero agglomerato;

UNI EN 684 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della resistenza delle giunzioni;

UNI EN 685 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Classificazione;

UNI EN 686 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per linoleum liscio e decorativo su un supporto

di schiuma;

UNI EN 687 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per linoleum liscio e decorativo su un supporto

di agglomerati compositi di sughero;

UNI EN 688 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Specifica per agglomerati di sughero

linoleum.

c) posa in opera

UNI 10329 - Posa dei rivestimenti di pavimentazione. Misurazione del contenuto di umidità negli strati di supporto cementizi o simili.

Prodotti di legno per pavimentazione

I prodotti di legno per pavimentazione: tavolette, listoni, mosaico di lamelle, blocchetti, ecc. si intendono denominati nelle loro parti costituenti come indicato nella letteratura tecnica. I prodotti di cui sopra devono rispondere a quanto segue:

a) essere della essenza legnosa adatta all'uso e prescritta nel progetto esecutivo;

b) sono ammessi i seguenti difetti visibili sulle facce in vista:

1) qualità I:

- piccoli nodi sani con diametro minore di 2 mm se del colore della specie (minore di 1 mm se di colore diverso) purché presenti su meno del 10% degli elementi del lotto;

- imperfezioni di lavorazione con profondità minore di 1 mm e purché presenti su meno del 10% degli elementi;

2) qualità II:

- piccoli nodi sani con diametro minore di 5 mm se del colore della specie (minore di 2 mm se di colore diverso) purché presenti su meno del 20% degli elementi del lotto;

- imperfezioni di lavorazione come per la classe I;

- piccole fenditure;

- alborno senza limitazioni ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti;

3) qualità III:

- esenti da difetti che possono compromettere l'impiego (in caso di dubbio valgono le prove di resistenza meccanica);

- alborno senza limitazioni, ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti;

c) avere contenuto di umidità tra il 10 ed il 15%;

d) tolleranze sulle dimensioni e finitura:

- listoni: 1 mm sullo spessore; 2 mm sulla larghezza; 5 mm sulla lunghezza;

- tavolette: 0,5 mm sullo spessore; 1,5% sulla larghezza e lunghezza;

- mosaico, quadrotti, ecc.: 0,5 mm sullo spessore; 1,5% sulla larghezza e lunghezza;

- le facce a vista ed i fianchi da accertare saranno lisci;

e) la resistenza meccanica a flessione, la resistenza all'impronta ed altre caratteristiche saranno nei limiti solitamente riscontrati sulla specie legnosa e saranno comunque dichiarati nell'attestato che accompagna la fornitura. Per i metodi di misura valgono quelli indicati nel presente capitolato;

f) i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, umidità nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Nell'imballo un foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore ed al contenuto, almeno le caratteristiche di cui ai commi da a) ad e).

Piastrelle in ceramica

Le piastrelle di ceramica per pavimentazioni dovranno essere del materiale indicato nel progetto tenendo conto che le dizioni commerciali e/o tradizionali (cotto, cottoforte, gres, ecc.) devono essere associate alla classificazione basata sul metodo di formatura e sull'assorbimento d'acqua secondo la norma UNI EN 87.

A seconda della classe di appartenenza (secondo UNI EN 87) le piastrelle di ceramica estruse o pressate di prima scelta devono rispondere alle norme seguenti:

FORMATURA gruppo I gruppo IIa gruppo IIb gruppo III E ≤ 3% 3% < E ≤ 6% 6% < E ≤ 10% E > 10%

Estruse (A) UNI EN 121 UNI EN 186/1, 186/2 UNI EN 187/1, 187/2 UNI EN 188 Pressate (B) UNI EN 176 UNI EN 177 UNI EN 178 UNI EN 159

I prodotti di seconda scelta, cioè quelli che rispondono parzialmente alle norme predette, saranno accettati in base alla rispondenza ai valori previsti dal progetto, ed, in mancanza, in base ad accordi

tra Direzione dei Lavori e fornitore.

Per i prodotti definiti «pianelle comuni di argilla», «pianelle pressate ed arrotate di argilla» e «mattonelle greificate» dal RD 16 novembre 1939 n. 2234, devono inoltre essere rispettate le prescrizioni seguenti:

- resistenza all'urto 2 Nm (0,20 kgm) minimo;
- resistenza alla flessione 2,5 N/mm² (25 kg/cm²) minimo;
- coefficiente di usura al tribometro 15 mm per 1 km di percorso.

Per le piastrelle colate (ivi comprese tutte le produzioni artigianali) le caratteristiche rilevanti da misurare ai fini di una qualificazione del materiale sono le stesse indicate per le piastrelle pressate a secco ed estruse (vedi norma UNI EN 87), per cui:

- per quanto attiene ai metodi di prova si rimanda alla normativa UNI EN vigente e già citata;
- per quanto attiene i limiti di accettazione, tenendo in dovuto conto il parametro relativo all'assorbimento d'acqua, i valori di accettazione per le piastrelle ottenute mediante colatura saranno concordati fra produttore ed acquirente, sulla base dei dati tecnici previsti dal progetto o dichiarati dai produttori ed accettate dalla Direzione dei Lavori.

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, sporatura, ecc. nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa ed essere accompagnati da fogli informativi riportanti il nome del fornitore e la rispondenza alle prescrizioni predette.

Prodotti di gomma per pavimentazioni

I prodotti di gomma per pavimentazioni sotto forma di piastrelle e rotoli devono rispondere alle prescrizioni date

dal progetto esecutivo ed in mancanza e/o a complemento devono rispondere alle prescrizioni seguenti:

a) essere esenti da difetti visibili (bolle, graffi, macchie, aloni, ecc.) sulle superfici destinate a restare in vista;

b) avere costanza di colore tra i prodotti della stessa fornitura; in caso di contestazione deve risultare entro il

contrasto dell'elemento n. 4 della scala dei grigi di cui alla UNI 5137. Per piastrelle di forniture diverse ed in caso

di contestazione vale il contrasto dell'elenco n. 3 della scala dei grigi della medesima norma UNI 5137;

c) sulle dimensioni nominali ed ortogonalità dei bordi sono ammesse le tolleranze seguenti:

- piastrelle: lunghezza e larghezza 0,3%, spessore 0,2 mm;

- rotoli: lunghezza 1%, larghezza 0,3%, spessore 0,2 mm;

- piastrelle: scostamento dal lato teorico (in millimetri) non maggiore del prodotto tra dimensione del lato (in millimetri) e 0,0012;

- rotoli: scostamento dal lato teorico non maggiore di 1,5 mm;

d) la durezza deve essere tra 75 e 85 punti di durezza Shore A;

e) la resistenza all'abrasione deve essere non maggiore di 300 mm³;

f) la stabilità dimensionale a caldo deve essere non maggiore dello 0,3% per le piastrelle e dello 0,4% per i rotoli;

g) la classe di reazione al fuoco deve essere la prima secondo le norme UNI riportate nel Decreto del Ministero degli Interni del 3 settembre 2001;

h) la resistenza alla bruciatura da sigaretta, intesa come alte razioni di colore prodotte dalla combustione, non

deve originare contrasto di colore uguale o minore al n. 2 della scala dei grigi di cui alla UNI 5137.

Non sono

inoltre ammessi affioramenti o rigonfiamenti;

i) il potere macchiante, inteso come cessione di sostanze che sporcano gli oggetti che vengono a

contatto con il rivestimento, per i prodotti colorati non deve dare origine ad un contrasto di colore maggiore di quello dell'elemento N3 della scala dei grigi di cui alla UNI 5137. Per i prodotti neri il contrasto di colore non deve essere maggiore dell'elemento N2; j) il controllo delle caratteristiche di cui ai commi precedenti, si intende effettuato secondo i criteri indicati dalla norma UNI 8272; k) i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche ed agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio di accompagnamento indicherà oltre al nome del fornitore almeno le informazioni di cui ai commi da a) ad i).

Prodotti di vinile

I prodotti di vinile, omogenei e non, ed i tipi eventualmente caricati devono rispondere alle prescrizioni di cui alle seguenti norme:

UNI 5574 - Pavimenti vinilici. Metodi di prova;

UNI EN 649 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti omogenei ed eterogenei per pavimentazioni

a base di policloruro di vinile. Specifica;

UNI EN 650 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di

vinile su supporto di iuta o di feltro di poliestere oppure su supporto di feltro di poliestere con policloruro di vinile.

Specifica;

UNI EN 651 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di

vinile con strato di schiuma. Specifica;

UNI EN 652 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di

vinile con supporto a base di sughero . Specifica;

UNI EN 653 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Rivestimenti per pavimentazioni a base di policloruro di

vinile espanso (cushioned). Specifica;

UNI EN 654 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle semiflessibili di policloruro di vinile. Specifica;

UNI EN 655 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Piastrelle di agglomerato di sughero con strato di usura a

base di policloruro di vinile. Specifica;

UNI EN 718 - Rivestimenti resilienti per pavimentazioni. Determinazione della massa areica di un'armatura o di un

supporto dei rivestimenti di polivinile di cloruro per pavimentazioni.

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche ed agenti atmosferici

nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. La certificazione rilasciata dal produttore dovrà

attestare la rispondenza delle caratteristiche alle norme precitate.

Prodotti di resina

I prodotti di resina (applicati fluidi od in pasta) per rivestimenti di pavimenti realizzati saranno del tipo realizzato:

- mediante impregnazione semplice (I1);
- a saturazione (I2);
- mediante film con spessori fino a 200 mm (F1) o con spessore superiore (F2);
- con prodotti fluidi cosiddetti autolivellanti (A);
- con prodotti spatolati (S).

Le caratteristiche segnate come significative nel prospetto seguente devono rispondere alle

prescrizioni del progetto. I valori di accettazione sono quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dal Direttore dei Lavori. I metodi di accettazione sono quelli contenuti nel punto 1 facendo riferimento alla norma UNI 8298 (varie parti).

CARATTERISTICHE GRADO DI SIGNIFICATIVITA' RISPETTO AI VARI TIPI I1 I2 F1 F2 A S

Colore --+ + + -Identificazione chimico-fisica + + + + + Spessore --+ + + + Resistenza all'abrasione + + + + + Resistenza al punzonamento dinamico (urto) -+ + + + Resistenza al punzonamento statico + + + + + Comportamento all'acqua + + + + + Resistenza alla pressione idrostatica inversa -+ + + + Reazione al fuoco + + + + + Resistenza alla bruciatura della sigaretta -+ + + + Resistenza all'invecchiamento termico in aria -+ + + + Resistenza meccanica dei ripristini --+ + + +

+ significativa - non significativa

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche e da agenti

atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore, le caratteristiche, le avvertenze per l'uso e per la

sicurezza durante l'applicazione.

Prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni

I prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni a seconda del tipo di prodotto devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza e/o completamento alle seguenti:

1) Mattonelle di cemento con o senza colorazione e superficie levigata; mattonelle di cemento con o senza colorazione con superficie striata o con impronta; marmette e mattonelle a mosaico di cemento e di detriti di pietra con superficie levigata. I prodotti sopracitati devono rispondere al RD 2234 del 16 novembre 1939 per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza all'urto, resistenza alla flessione e coefficiente di usura al tribometro ed alle prescrizioni del progetto.

Le mattonelle di cemento potranno essere:

- con o senza colorazione e superficie levigata;
- con o senza colorazione con superficie striata o con impronta;
- a mosaico di cemento e di detriti di pietra con superficie levigata.

I suddetti prodotti devono rispondere alle prescrizioni del R.D. 2234 del 16 novembre 1939, per quanto riguarda le

caratteristiche di resistenza all'urto, resistenza alla flessione e coefficiente di usura al tribometro ed alle

prescrizioni progettuali.

Le mattonelle di cemento sono particolarmente adatte per pavimentazione di interni, di balconi, e di terrazze.

Devono essere formate di due strati: quello inferiore costituito di conglomerato cementizio, quello superiore, con

spessore minimo di 0,5 cm, costituito da malta ad alta percentuale di cemento. L'eventuale aggiunta di materie

coloranti puo' anche essere limitata alla parte superficiale di logoramento (spessore minimo pari a 0.2 cm).

Il peso delle mattonelle occorrenti per l' esecuzione di un metro quadrato di pavimentazione è di circa 36 kg.

Norme di riferimento

UNI 2623 - Mattonella quadrata di conglomerato cementizio;

UNI 2624 - Mattonella rettangolare di conglomerato cementizio;

UNI 2625 - Mattonella esagonale di conglomerato cementizio;

UNI 2626 - Marmette quadrate di conglomerato cementizio;

UNI 2627 - Marmette rettangolari di conglomerato cementizio;

UNI 2628 - Pietrini quadrati di conglomerato cementizio;
UNI 2629 - Pietrini rettangolari di conglomerato cementizio.

2) Masselli di calcestruzzo per pavimentazioni. I masselli di calcestruzzo per pavimentazioni saranno definiti e classificati in base alla loro forma, dimensioni, colore e resistenza caratteristica; per la terminologia delle parti componenti il massello e delle geometrie di posa ottenibili si rinvia alla documentazione tecnica. Essi devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza o da loro completamento devono rispondere a quanto segue:

- essere esenti da difetti visibili e di forma quali protuberanze, bave, incavi che superino le tolleranze dimensionali ammesse. Sulle dimensioni nominali è ammessa la tolleranza di 3 mm per un singolo elemento e 2 mm quale media delle misure sul campione prelevato;
- le facce di usura e di appoggio devono essere parallele tra loro con tolleranza massima del 15% per il singolo massello e del 10% sulle medie;
- la massa volumica deve scostarsi da quella nominale (dichiarata dal fabbricante) non più del 15% per il singolo massello e non più del 10% per le medie;
- il coefficiente di trasmissione meccanica non deve essere minore di quello dichiarato dal fabbricante;
- il coefficiente di aderenza delle facce laterali deve essere il valore nominale con tolleranza massima del 5% per il singolo elemento e del 3% per le medie;
- la resistenza convenzionale alla compressione deve essere maggiore di 50 N/mm² per il singolo elemento e maggiore di 60 N/mm² per la media;

I prodotti saranno forniti su appositi pallets opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze sporcanti. Il foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore, almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

Norme di riferimento

UNI 9065-1 - Masselli di calcestruzzo per pavimentazioni. Terminologia e classificazione; UNI 9065-2 - Masselli di calcestruzzo per pavimentazioni. Metodo di prova e di calcolo; UNI 9065-3 - Masselli di calcestruzzo per pavimentazioni. Limiti di accettazione.

Prodotti di pietre naturali

I prodotti di pietre naturali o ricostruite per pavimentazioni, si intendono definiti come segue:

- elemento lapideo naturale: elemento costituito integralmente da materiali lapideo (senza aggiunta di leganti);
- elemento lapideo ricostituito (conglomerato): elemento costituito da frammenti lapidei naturali legati con cemento o con resine;
- lastra rifilata: elemento con le dimensioni fissate in funzione del luogo d'impiego, solitamente con una dimensione maggiore di 60 cm e spessore di regola non minore di 2 cm;
- marmetta: elemento con le dimensioni fissate dal produttore ed indipendenti dal luogo di posa, solitamente con dimensioni minori di 60 cm e con spessore di regola minore di 2 cm;
- marmetta calibrata: elemento lavorato meccanicamente per mantenere lo spessore entro le tolleranze dichiarate;
- marmetta rettificata: elemento lavorato meccanicamente per mantenere la lunghezza e/o larghezza entro le tolleranze dichiarate.

Per gli altri termini specifici dovuti alle lavorazioni, finiture, ecc., vedere la norma UNI 9379.

I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto (dimensioni, tolleranze, aspetto, ecc.) ed a quanto prescritto nell'articolo 2.1.5. In mancanza di tolleranze su disegni di progetto si intende che le lastre grezze contengono la dimensione nominale; le lastre finite, marmette, ecc. hanno tolleranza 1 mm sulla larghezza e lunghezza e 2 mm sullo spessore (per

prodotti da incollare le tolleranze predette saranno ridotte).

Le lastre ed i quadrelli di marmo o di altre pietre dovranno inoltre rispondere al RD 2234 del 16 novembre 1939 per quanto attiene il coefficiente di usura al tribometro in mm.

Le forniture avverranno su pallets ed i prodotti saranno opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze sporcanti. Il foglio informativo indicherà almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

Prodotti tessili per pavimenti (moquettes).

Per prodotti tessili per pavimenti (moquettes), si intendono tutti i rivestimenti nelle loro diverse soluzioni costruttive e cioè:

- rivestimenti tessili a velluto (nei loro sottocasi velluto tagliato, velluto riccio, velluto unilivellato, velluto plurilivello, ecc.);
- rivestimenti tessili piatti (tessuto, nontessuto);

L'appaltatore, qualora richiesto dal Direttore dei Lavori, dovrà fornire indicazioni sui prodotti circa:

- massa areica totale e dello strato di utilizzazione;
- spessore totale e spessore della parte utile dello strato di utilizzazione;
- perdita di spessore dopo applicazione (per breve e lunga durata) di carico statico moderato;
- perdita di spessore dopo applicazione di carico dinamico.

In relazione all'ambiente di destinazione potranno essere o richieste le seguenti caratteristiche di comportamento:

- tendenza all'accumulo di cariche elettrostatiche generate dal calpestio;
- numero di fiocchetti per unità di lunghezza e per unità di area;
- forza di strappo dei fiocchetti;
- comportamento al fuoco.

I valori saranno quelli dichiarati dal fabbricante e accettati dal Direttore dei Lavori. Le modalità di prova da seguire in caso di contestazione sono quelle indicate nella norma UNI 8014 (varie parti).

I prodotti saranno forniti protetti da appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, da agenti atmosferici ed altri agenti degradanti nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Il foglio informativo indicherà il nome del produttore, le caratteristiche elencate in b) e le istruzioni per la posa in opera.

Norme di riferimento

UNI 8013-1- Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Terminologia e classificazione;

UNI 8014-1 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Prelievo, numero e dimensioni delle provette;

UNI 8014-2 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica totale;

UNI 8014-3 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica dell'intero strato d'utilizzazione;

UNI 8014-4 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della massa areica della parte utile dello strato di utilizzazione;

UNI 8014-5 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione dello spessore totale;

UNI 8014-6 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione dello spessore della parte utile dello strato d'utilizzazione;

UNI 8014-7- Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova. Determinazione della

perdita di spessore dopo applicazione di breve durata di carico statico moderato;
 UNI 8014-8 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova.
 Determinazione della
 perdita di spessore dopo applicazione di lunga durata di carico statico elevato;
 UNI 8014-9 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova.
 Determinazione della
 perdita di spessore dopo applicazione di carico dinamico;
 UNI 8014-10 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova.
 Determinazione della
 massa volumica del pelo utile;
 UNI 8014-12 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova.
 Determinazione della
 tendenza all' accumulo di cariche elettrostatiche generate dal calpestio;
 UNI 8014-13 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova.
 Determinazione del
 numero di fiocchetti per unità di lunghezza e per unità di area;
 UNI 8014-14 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova.
 Determinazione della
 forza di strappo dei fiocchetti;
 UNI 8014-15 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova.
 Determinazione della
 resistenza allo sporcamento;
 UNI 8014-16 - Rivestimenti tessili del pavimento fabbricati a macchina. Metodi di prova.
 Determinazione della
 resistenza elettrica orizzontale (superficiale) e verticale (trasversale).

Mattonelle di asfalto

Le mattonelle di asfalto dovranno rispondere alle prescrizioni del RD 16 novembre 1939, n. 2234 per quanto riguarda le caratteristiche di:

- resistenza all'urto: 4 N/m (0,40 kg/m minimo);
- resistenza alla flessione: 3 N/mm² (20 kg/cm² minimo);
- coefficiente di usura al tribometro: 15 m/m massimo per 1 km di percorso.

Dovranno inoltre rispondere alle prescrizioni sui bitumi.

In caso di contestazione si fa riferimento alle norme CNR e UNI applicabili.

I prodotti saranno forniti su appositi pallets ed eventualmente protetti da azioni degradanti dovute ad agenti meccanici, chimici ed altri nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione in genere prima della posa. Il foglio informativo indicherà almeno le caratteristiche di cui sopra oltre alle istruzioni per la posa.

Prodotti di metallo per pavimentazioni

I prodotti di metallo per pavimentazioni dovranno rispondere alle prescrizioni date nella norma UNI 4630 per le lamiere bugnate e nella norma UNI 3151 per le lamiere stirate. Le lamiere saranno inoltre esenti da difetti visibili (quali scagliature, bave, crepe, crateri, ecc.) e da difetti di forma (svergolamento, ondulazione, ecc.) che ne pregiudichino l'impiego e/o la messa in opera e dovranno avere l'eventuale rivestimento superficiale prescritto nel progetto.

Pavimenti sopraelevati Il sistema di pavimenti sopraelevati è composto da una struttura metallica portante che assolve il compito di sostenere i pannelli del pavimento rialzato, che possono essere in:

- conglomerato di legno e resine a bassa emissione di formaldeide;
- materiale inerte (solfato di calcio) rinforzato con fibre di cellulosa ad alta resistenza meccanica;
- materiale composito formato dall'accoppiamento di un pannello in truciolare con un pannello di inerte.

Strutture di sostegno: le strutture di sopraelevazione, adatte a sostenere ogni tipo di pannello modulare, si diversificano per rispondere a varie esigenze progettuali quali ad esempio: il carico da supportare, l'altezza della sopraelevazione, la tenuta d'aria per il condizionamento, la continuità

elettrica, la resistenza al fuoco ecc. Le strutture portanti possono essere:

- strutture portanti senza travette: colonnine in acciaio per pavimenti particolarmente bassi da fissare al pavimento con apposito mastice;
- strutture portanti con travette: struttura con colonnine in acciaio e travette aggredibili ad incastro per medie altezze di sopraelevazione;
- struttura in acciaio con travette da fissare con bullone;
- struttura pesante con travi tubolari passanti e travi tubolari di collegamento.

La struttura portante del pavimento sopraelevato deve essere in grado di contrarsi e dilatarsi per effetto delle escursioni termiche senza causare danni al pavimento.

I pannelli di supporto dei pavimenti sopraelevati possono essere realizzati in:

- pannello ligneo costituito da un conglomerato di legno ad alta densità e resine leganti;
- pannello in materiale inerte in solfato di calcio costituito da gesso e fibre;
- pannello composito costituito da uno strato superiore in conglomerato di legno di 28 mm ed uno strato inferiore in solfato di calcio di 10 mm.

Il rivestimento superiore dei pannelli può essere in laminato, in linoleum, in vinile, in ceramica, in moquette, in parquet, in marmo, in gomma o in granito. Il retro dei pannelli può prevedere anche una lamina in alluminio, una lastra di acciaio zincato, un laminato o una vaschetta in acciaio.

Norme di riferimento

UNI 10465 - Pavimenti sopraelevati modulari. Termini e definizioni;

UNI 10466 - Pavimenti sopraelevati modulari. Requisiti;

UNI 10467-1 - Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Generalità;

UNI 10467-2 - Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Misurazione delle caratteristiche geometrico-dimensionali del pannello;

UNI 10467-3 - Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Prove di carico sul modulo di pavimento;

UNI 10467-4 - Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Prove di carico sui componenti;

UNI 10467-5 - Pavimenti sopraelevati modulari. Metodi di prova. Misurazione della resistenza elettrica sul modulo di pavimento.

Art. 1.1.19 - CONTROSOFFITTI

I controsoffitti sono strutture di finitura costituiti da elementi modulari leggeri prefabbricati sospesi a strutture puntiformi e discontinue. Gli elementi di sostegno possono essere fissati direttamente al solaio o ad esso appesi.

Lo strato di tamponamento può essere realizzato con i seguenti elementi:

- doghe metalliche a giacitura orizzontale;
- lamelle a giacitura verticale;
- grigliati a giacitura verticale e orditura ortogonale;
- cassettoni costituiti da elementi a centina,

nei materiali e colori previsti dalle indicazioni progettuali esecutive riguardo alle caratteristiche meccaniche, chimiche, e fisiche.

Gli elementi dei controsoffitti non accettati dal Direttore dei Lavori per il manifestarsi di difetti di produzione o di posa in opera dovranno essere dismessi e rifatti a spese dell'appaltatore. La posa in opera comprende anche l'eventuale onere di tagli, forature e formazione di sagome. Il Direttore dei Lavori dovrà controllare la facile amovibilità degli elementi modulari dalla struttura di distribuzione per le eventuali opere di manutenzione.

Elementi di sospensione e profili portanti

Gli organi di sospensione dei controsoffitti per solai in c.a laterizio possono essere realizzati con vari sistemi:

- fili metallici zincati;

- tiranti di ferro piatto con fori ovalizzati per la regolazione dell'altezza mediante viti;
- tiranti in ferro tondo o piatto.

Gli organi di sospensione dei controsoffitti fissati alle solette in c.a. possono essere realizzati con:

- elementi in plastica incastrati nella soletta;
- guide d'ancoraggio;
- viti con tasselli o viti ad espansione.

Gli organi di sospensione dei controsoffitti fissati ai solai in lamiera d'acciaio possono essere realizzati con:

- lamiere piane con occhielli punzonati
- tasselli ribaltabili
- tasselli trapezoidali collocati entro le nervature sagomate della lamiera.

I profili portanti i pannelli dei controsoffitti dovranno avere le caratteristiche tecniche indicate in progetto, in mancanza si seguiranno le indicazioni del Direttore dei Lavori. Gli eventuali elementi in legno per la struttura di sostegno del controsoffitto debbono essere opportunamente trattati ai fini della prevenzione del loro deterioramento ed imbarcamento.

Controsoffitti in pannelli di gesso

I controsoffitti in pannelli di gesso debbono essere costituiti da lastre prefabbricate piane o curve, confezionate con impasto di gesso ed aggiunta di fibre vegetali di tipo manila o fibre minerali; eventualmente anche con l'uso di perline di polistirolo per aumentarne la leggerezza. Le caratteristiche dovranno rispondere alle prescrizioni progettuali. Tali tipi di controsoffitti possono essere fissati mediante viti autopercoranti ad una struttura costituita da doppia orditura di profilati metallici o misti legno/metallo, sospesa all'intradosso del solaio secondo le prescrizioni progettuali, tramite pendini a molla o staffe. Il controsoffitto in pannelli di gesso di tipo tradizionale potrà essere sospeso mediante pendini costituiti da filo metallico zincato ancorato al soffitto esistente mediante tasselli od altro. Durante la collocazione le lastre debbono giuntate con gesso e fibra vegetale. Infine dovranno essere stuccate le giunture a vista ed i punti di sospensione delle lastre. Particolare attenzione dovrà essere posta alla finitura dei giunti tra i pannelli e tra pannelli e pareti del locale. A posa ultimata le superfici devono risultare perfettamente lisce e prive di asperità.

Controsoffitti in lastre di cartongesso

I controsoffitti in cartongesso possono essere costituiti da lastre prefabbricate piane, confezionate con impasto di gesso stabilizzato miscelato e additivato, rivestito su entrambi i lati da speciali fogli di cartone. Le caratteristiche devono rispondere alle prescrizioni progettuali. Tali tipi di controsoffitti debbono fissati, mediante viti autopercoranti ad una struttura costituita da doppia orditura di profilati metallici o misti legno/metallo, sospesa all'intradosso del solaio, secondo le prescrizioni progettuali, o tramite pendini a molla o staffe. Particolare attenzione dovrà essere posta alla finitura dei giunti tra i pannelli e tra pannelli e pareti della stanza. A posa ultimata le superfici devono risultare perfettamente lisce.

Controsoffitti in perline di legno

I controsoffitti in perline di legno con lati sagomati ad incastro a maschio e femmina o a battuta possono essere

montati con chiodi nascosti nell'incastro o con ganci su correnti in legno.

Particolare attenzione deve essere posta alla ventilazione dell'intercapedine che si viene a formare al fine di

evitare ristagni di umidità.

Controsoffitti in pannelli di fibre minerali

I controsoffitti in pannelli di fibre minerali possono essere collocati su un doppio ordito di profilati metallici a T rovesciata, sospesi mediante pendini o staffe. I profilati metallici potranno essere a vista, seminascosti o nascosti, secondo le prescrizioni progettuali o le direttive del Direttore dei Lavori.

Art. 1.1.20 - MURATURA PORTANTE

Gli elementi per muratura portante devono essere in possesso di attestato di conformità alla relativa

norma europea armonizzata della serie EN 771, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente tabella:

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di Attestazione della Conformità
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata. UNI EN 771-1-2-3-4-5	CATEGORIA 1	2+
	CATEGORIA 2	4

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica. Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del D.P.R. n. 246/1993.

Il produttore degli elementi per muratura portante dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui alla seguente, in conformità all'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea della serie EN 771.

Parametro	Norma UNI EN di riferimento
Dimensioni e tolleranze dimensionali	UNI EN 772-16
Configurazione (in disegno o tabella da allegare)	UNI EN 772-3, 772-9, 772-16
Categoria (I o II)	UNI EN 771-1
Densità apparente	UNI EN 772-13
Resistenza caratteristica a compressione (direzione dei carichi verticali)	UNI EN 772-1
Resistenza caratteristica a compressione media in direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura	UNI EN 772-1

Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano la marcatura CE, conformemente al punto ZA.3 della relativa norma europea.

In particolare, per quanto riguarda la resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali,

la resistenza caratteristica a compressione nel piano della muratura e in direzione ortogonale ai carichi verticali e

le specifiche sulle malte per murature, si specifica quanto riportato nei paragrafi seguenti.

Gli elementi da impiegarsi nelle murature dovranno avere facce piane e spigoli regolari, essere esenti da

screpolature, fessure e cavità e presentare superfici atte alla adesione delle malte. I mattoni da paramento

dovranno presentare in maniera particolare regolarità di forma, integrità superficiale e sufficiente uniformità di

colore per l'intera partita.

Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a

foratura verticale)

Gli elementi possono avere incavi di limitata profondità destinati ad essere riempiti dal letto di malta.

Elementi resistenti in muratura

Elementi artificiali

Per gli elementi resistenti artificiali (laterizio o calcestruzzo) da impiegare con funzione resistente si applicano le

prescrizioni riportate al punto 11.9.1. delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di fori in direzione normale al piano di posa (elementi a foratura verticale).

Per l'impiego nelle opere trattate dalla presente norma, gli elementi sono classificati in base alla percentuale di

foratura f ed all'area media della sezione normale di ogni singolo foro f . I fori devono essere distribuiti pressoché

uniformemente sulla faccia dell'elemento. La percentuale di foratura è espressa dalla relazione $f = 100 F/A$ dove:

F = area complessiva dei fori passanti e profondi non passanti;

A = area lorda della faccia dell'elemento di muratura delimitata dal suo perimetro.

Le tabelle che seguono, riportano la classificazione per gli elementi in laterizio e calcestruzzo rispettivamente.

Gli elementi possono avere incavi di limitata profondità destinati ad essere riempiti dal letto di malta.

Classificazione elementi in laterizio

Elementi	Percentuale di foratura	f
Pieni	$f = 15\%$	$f = 900 \text{ mm}^2$
Semipieni	$15\% < f = 45\%$	$f = 1200 \text{ mm}^2$
Forati	$45\% < f = 55\%$	$f = 1500 \text{ mm}^2$

Classificazione elementi in calcestruzzo

Elementi	Percentuale di foratura	f	
		$A = 90000 \text{ mm}^2$	$A > 90000 \text{ mm}^2$
Pieni	$f = 15\%$	=10 A	=15 A
Semipieni	$15\% < f = 45\%$	=10 A	=15 A
Forati	$45\% < f = 55\%$	=10 A	=15 A

Elementi naturali

Gli elementi naturali sono ricavati da materiale lapideo che deve essere non friabile o sfaldabile, e resistente al gelo. Non devono contenere in misura sensibile sostanze solubili, o residui organici.

Gli elementi murari devono essere integri senza zone alterate o removibili. Gli elementi devono possedere i requisiti di resistenza meccanica ed adesività alle malte determinati secondo le modalità descritte nel paragrafo 11.9. delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008 L'impiego di elementi provenienti da murature esistenti è subordinato al soddisfacimento dei requisiti sopra indicati, al ripristino della freschezza delle superfici a mezzo di pulitura e lavaggio delle superfici stesse ed al controllo dell'integrità strutturale dell'elemento con verifica della capacità di svolgere funzione statica.

Norme di riferimento

Per la terminologia, il sistema di classificazione, i limiti di accettazione ed i metodi di prova si farà riferimento alle

seguenti norme:

UNI EN 771-1 - Specifica per elementi per muratura - Parte 1: Elementi per muratura di laterizio;

UNI EN 771-2 - Specifica per elementi di muratura - Parte 2: Elementi di muratura di silicato di

calcio;

UNI EN 771-3 - Specifica per elementi di muratura - Parte 3: Elementi per muratura di calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri);

UNI EN 771-4 - Specifica per elementi di muratura - Parte 4: Elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato;

UNI EN 771-5 - Specifica per elementi di muratura - Parte 5: Elementi per muratura di pietra agglomerata;

UNI EN 771-6 - Specifica per elementi di muratura - Elementi di muratura di pietra naturale;

UNI EN 772-1 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della resistenza a compressione;

UNI EN 772-2 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione dell'area percentuale dei vuoti in elementi di muratura in calcestruzzo (metodo dell'impronta su carta);

UNI EN 772-3 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica;

UNI EN 772-4 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della massa volumica reale ed apparente e della porosità aperta e totale degli elementi di muratura in pietra naturale;

UNI EN 772-5 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del tenore di sali solubili attivi degli elementi di muratura di laterizio;

UNI EN 772-6 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della resistenza a trazione per flessione degli elementi di muratura di calcestruzzo;

UNI EN 772-7 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione dell'assorbimento d'acqua di strati impermeabili all'umidità di elementi di muratura di laterizio mediante bollitura in acqua;

UNI EN 772-9 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del volume e della percentuale dei vuoti e del volume netto degli elementi di muratura in silicato di calcio mediante riempimento con sabbia;

UNI EN 772-10 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del contenuto di umidità in elementi di muratura in silicato di calcio e in calcestruzzo aerato autoclavato;

UNI EN 772-11 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione dell'assorbimento d'acqua degli elementi di muratura di calcestruzzo, di materiale lapideo agglomerato e naturale dovuta alla capillarità ed al tasso iniziale di assorbimento d'acqua degli elementi di muratura di laterizio;

UNI EN 772-14 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della variazione di umidità di elementi di muratura di calcestruzzo e di materiale lapideo agglomerato;

UNI EN 772-15 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della permeabilità al vapore acqueo di elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato;

UNI EN 772-16 - Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 16: Determinazione delle dimensioni;

UNI EN 772-18 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della resistenza al gelo/disgelo degli elementi di muratura di silicato di calcio;

UNI EN 772-19 - Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della dilatazione all'umidità di grandi elementi da muratura in laterizio con fori orizzontali;

UNI EN 772-20 - Metodi di prova per elementi di muratura - Parte 20: Determinazione della planarità delle facce degli elementi di muratura.

Resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali

La resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali degli elementi deve essere dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un laboratorio di cui all'art. 59 del

D.P.R. n. 380/2001, con periodicità di prova almeno annuale.

Nel caso venga utilizzato un numero di campioni pari a 30, la resistenza caratteristica viene ricavata mediante la

seguente formula:

$f_{bk} = f_{bm} - 1,64s$ nella quale è: f_{bm} = la media aritmetica delle resistenze unitarie dei campioni; s = lo scarto quadratico medio.

Nel caso in cui il numero n dei campioni sia compreso tra 10 e 29 il coefficiente moltiplicatore di s assume convenzionalmente i valori k di cui alla seguente tabella.

n	10	12	16	20	25
k	2,13	2,06	1,98	1,93	1,88

In entrambi i casi sopra riportati e qualora il valore s calcolato risultasse inferiore a $0,08 f_{bm}$ si deve introdurre nella formula questo ultimo valore. Qualora il valore di s/f_{bm} risultasse superiore a $0,2$ il valore della resistenza f_{bk} deve essere considerato non accettabile. Nel caso infine in cui la prova venga effettuata su un numero di campioni compreso fra 6 e 9 la resistenza caratteristica viene assunta pari al minimo dei seguenti due valori:

- $0,7 f_{bm}$ (N/mm²);

- il valore minimo della resistenza unitaria del singolo campione.

Le formule sopra riportate si applicano alle prove effettuate annualmente; non si applicano alle prove di autocontrollo effettuate dal produttore, per le quali valgono le indicazioni riportate nella relativa UNI EN 771, sia per quanto riguarda la quantità di campioni che la periodicità delle prove.

Resistenza caratteristica a compressione nel piano della muratura e nella direzione ortogonale ai carichi verticali

La determinazione della resistenza caratteristica a compressione nella direzione ortogonale a quella

dei carichi f_{bk}

verticali nel piano della muratura

è dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un

laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, con periodicità di prova almeno annuale. f_{bk}

La resistenza caratteristica è dedotta da quella media dei 6 campioni mediante la relazione:

$$f_{bk} = 0,7 f_{bm}$$

Malte per muratura

La malta da muratura deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere dotata di attestato di conformità all'annesso ZA della norma europea EN 998-2 (Marcatura CE).

Il fabbricante di malta dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.1 a)

dell'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea EN 998-2.

Il sistema di attestazione della conformità delle malte, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993 è indicato nella seguente tabella.

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Malta per murature	Usi strutturali	2+
UNI EN 998-2	Uso non strutturale	4

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica. Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, Procedura 3, del D.P.R. n. 246/1993 Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose. Le calce aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (regii decreti 16 novembre 1939, n. 2231 e n. 2230; legge 26 maggio 1965, n. 595, D.M. 14 gennaio 1966, D.M. 3 giugno 1968, D.M. 31 agosto 1972 e successive integrazioni o modificazioni). Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione f_m . La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza f_m espressa in N/mm² secondo la tabella seguente. Non è ammesso l'impiego di malte con resistenza

$$f_m = 1 \text{ N/mm}^2$$

Classi di malte

Classe	M2,5	M5	M10	M15	M20	Md
Resistenza a compressione N/mm ²	2.5	5	10	15	20	d

d è una resistenza a compressione maggiore di 25 N/mm² dichiarata dal produttore.

Malte tradizionali

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi, non deve essere aggressiva nè contenere solfati o cloruri in percentuale dannosa.

La sabbia da impiegare per il confezionamento delle malte deve essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose.

Le calce aeree, le pozzolane ed i leganti idraulici devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti

dalle vigenti norme: R.D. 16 novembre 1939, n. 2230 e R.D. n. 2231; legge 26 maggio 1965, n. 595, D.M. 14

gennaio 1966, D.M. 3 giugno 1968, D.M. 3 agosto 1972 .

Le modalità per la determinazione della resistenza a compressione delle malte sono riportate nel D.M. 3 giugno

1968 così come modificato dal D.M. 13 settembre 1993.

I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la seguente tabella.

Classe e tipi di malta

Classe	Tipo di malta	Composizione			
		Cemento	Calce aerea	Calce idraulica	Sabbia

M4	Idraulica	-	-	1	3	-
M4	Pozzolonica	-	1	-	-	3
M4	Bastarda	1	-	2	9	-
M3	Bastarda	1	-	1	5	-
M2	Cementizia	1 1	-	0,5 -	4 3	-
M1	Cemetizia		--			--

Rapporti di miscela delle malte

	Rapporti in volume	Quantità per 1 m ³ di malta (kg)
Calce idrata, sabbia	1: 3,5	142-1300
	1: 4,5	110-1300
Calce idraulica, sabbia	1:3 1:4	270-1300 200-1300
Calce eminentemente idraulica, sabbia	1:3 1:4	330-1300 250-1300
Calce idrata, cemento, sabbia	2:1:8 2:1:9	125-150-1300 110-130-1300
Cemento, sabbia	1:3 1:4	400-1300 300-1300

Alla malta cementizia si può aggiungere una piccola quantità di calce aerea con funzione plastificante.

Malte di diverse proporzioni nella composizione confezionate anche con additivi, preventivamente sperimentate,

possono essere ritenute equivalenti a quelle indicate qualora la loro resistenza media a compressione risulti non inferiore ai valori seguenti:

- 2 N/mm² per l'equivalenza alla malta M1
- 8 N/ mm² per l'equivalenza alla malta M2
- 5 N/ mm² per l'equivalenza alla malta M3
- 2,5 N/ mm² per l'equivalenza alla malta M4

Malte premiscelate

L'impiego di malte premiscelate e pronte per l'uso è consentito purché ogni fornitura sia accompagnata da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Ove il tipo di malta non rientri tra quelli appresso indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

Malte speciali

Le malte speciali a base cementizia (espansive, autoportanti, antiritiro, ecc.) composte da cementi ad alta

resistenza, inerti, silice, additivi, da impiegarsi nei ripristini di elementi strutturali in c.a., impermeabilizzazioni,

iniezioni armate, devono possedere le caratteristiche indicate nel progetto esecutivo, in caso di applicazione di

prodotti equivalenti gli stessi devono essere accettati ed autorizzati dalla Direzione dei Lavori.

Per qualunque contestazione si rimanda alle prescrizioni delle seguenti norme:

UNI 8993 - Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Definizione e classificazione;

UNI 8994 - Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Controllo dell'idoneità;

UNI 8995 - Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della massa volumica della

malta fresca;

UNI 8996 -Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione dell' espansione libera in

fase plastica;

UNI 8997 - Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Malte superfluide.

Determinazione della

consistenza mediante cabaletta;

UNI 8998 - Malte cementizie espansive premiscelate per ancoraggi. Determinazione della quantità d'acqua

d'impasto essudata;

UNI EN 12190 - Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo.

Metodi di

prova. Determinazione della resistenza a compressione delle malte da riparazione.

Metodi di prova delle malte cementizie

Sulle malte cementizie si effettuano le seguenti prove:

UNI 7044 - Determinazione della consistenza delle malte cementizie mediante l'impiego di tavola a scosse;

UNI EN 1015-1 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della distribuzione granulometrica

(mediante staccatura);

UNI EN 1015-2 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Campionamento globale e preparazione delle

malte di prova;

UNI EN 1015-3 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della consistenza della malta

fresca (mediante tavola a scosse);

UNI EN 1015-4 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della consistenza della malta

fresca (mediante penetrazione della sonda);

UNI EN 1015-6 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della massa volumica apparente

della malta fresca;

UNI EN 1015-7 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione del contenuto d'aria della malta

fresca;

UNI EN 1015-19 - Metodi di prova per malte per opere murarie. Determinazione della permeabilità al vapore

d'acqua delle malte da intonaco indurite;

UNI ENV 1170-8 - Malte e paste di cemento rinforzate con fibre di vetro (GRC). Prova mediante cicli climatici.

Verifica sperimentale dei parametri meccanici della muratura

Resistenza a compressione

-Determinazione sperimentale della resistenza a compressione

La resistenza caratteristica sperimentale a compressione si determina su n muretti ($n = 6$), seguendo sia per la

confezione che per la prova le modalità indicate qui di seguito.

I provini (muretti) devono avere le stesse caratteristiche della muratura in esame e ognuno di essi deve essere

costituito almeno da tre corsi di elementi resistenti e deve rispettare le seguenti limitazioni:

- lunghezza (b) pari ad almeno due lunghezze di blocco;

- rapporto altezza/spessore (l/t) variabile tra 2.4 e 5.

La confezione è eseguita su di un letto di malta alla base e la faccia superiore è finita con uno strato di malta. Dopo una stagionatura di 28 giorni a 20 °C, 70% di umidità relativa, prima di effettuare la prova, la faccia superiore di ogni provino viene eventualmente livellata con gesso; il muretto può

anche essere contenuto fra due piastre metalliche rettificata, utili per gli spostamenti ed il suo posizionamento nella pressa. Il provino viene posto fra i piatti della macchina di prova (uno dei quali articolato) e si effettua quindi la centratura del carico. In proposito è consigliabile procedere anche ad un controllo estensimetrico. Il carico deve essere applicato con una velocità di circa 0.5 MPa ogni 20 secondi.

La resistenza caratteristica è data dalla relazione:

$$f_k = f_m - k s$$

dove:

f_m = resistenza media;

s = stima dello scarto;

k = coefficiente riportato nella tabella seguente:

n	6	8	10	12	20
k	2.33	2.19	2.1	2.05	1.93

La determinazione della resistenza caratteristica deve essere completata con la verifica dei materiali, da condursi come segue:

- malta: n. 3 provini prismatici 40 x 40 x 160 mm da sottoporre a flessione, e quindi a compressione sulle 6 metà risultanti, secondo EN 998-2;

- elementi resistenti: n. 10 elementi da sottoporre a compressione con direzione del carico normale al letto di posa.

-Stima della resistenza a compressione

In sede di progetto, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni il valore di f_k può essere

dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza della malta tramite la che seguirà.

La validità di tale tabella è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di

spessore compreso tra 5 e 15 mm.

Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse

estrapolazioni.

Valori della f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm²	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2.5
2.0	1.2	1.2	1.2	1.2
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
40.0	14.3	12.0	10.4	-

Nel caso di murature costituite da elementi naturali si assume convenzionalmente la re-sistenza caratteristica a compressione dell'elemento pari f_{bk} a:

$$f_{bk} = 0,75 f_{bm}$$

dove f_{bm} rappresenta la resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata. Il

valore della resistenza caratteristica a compressione della muratura f_k può essere dedotto dalla resistenza caratteristica a compressione degli elementi f_{bk} e dalla classe di appartenenza della malta tramite la seguente tabella.

Valori della f_k per murature in elementi naturali di pietra squadrata

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2.5
2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
>40.0	14.3	12.0	10.4	-

Anche in questo caso, per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali

-Determinazione sperimentale della resistenza a taglio

La determinazione della resistenza al taglio in assenza di tensioni normali, f_{vk0} deve essere effettuata mediante

prove di compressione diagonale su muretti. Le prove devono essere effettuate su almeno 6 provini. La resistenza caratteristica f_{vk0} sarà dedotta dalla resistenza media f_{vm} , ottenuta dai risultati delle prove.

-Stima della resistenza a taglio

In sede di progetto, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni il valore di f_{vk0} può essere

dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi tramite le tabelle seguenti.

La validità di tali tabelle è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di

spessore compreso tra 5 e 15 mm. Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in

nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

Valori di f_{vk0} per murature in elementi artificiali di laterizio pieni e semipieni (valori in N/mm^2)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	Tipo di malta	f_{vk0}
= 15	<M15	0.2
> 15	<M15	0.3

Valori di f_{vk0} per murature in elementi artificiali di calcestruzzo pieni e semipieni (valori in N/mm^2)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	Tipo di malta	f_{vk0}
= 3	M15, M10, M5	0.1
	M2.5	0.1
> 3	M15, M10, M5	0.2
	M2.5	0.1

La tabella seguente indica i valori di f_{vk0} che possono essere usati nel caso di murature con elementi naturali di pietra squadrata.

Valori di f_{vk0} per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in N/mm^2)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	Tipo di malta	f_{vko}
= 3	M15, M10, M5	0.1
	M2.5	0.1
> 3	M15, M10, M5	0.2
	M2.5	0.1

Resistenza caratteristica a taglio

In presenza di tensioni di compressione, la resistenza caratteristica a taglio della muratura, f_{vk} , è definita come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione

$f_{vk} = f_{vk0} + 0,4 \sigma_n$ dove: f_{vk0} = resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali; σ_n = tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

Per elementi resistenti artificiali semipieni o forati deve risultare soddisfatta la relazione.

$f_{vk} = f_{vk,lim} = 1,4$

$f_{vk,lim}$

$f_{vk,lim}$ = valore massimo della resistenza caratteristica a taglio che può essere impiegata nel calcolo;

= valore caratteristico della resistenza degli elementi in direzione orizzontale e nel piano del muro, da ricavare secondo le modalità descritte nella relativa norma della serie EN 771.

Moduli di elasticità secanti

Il modulo di elasticità normale secante della muratura è valutato, in presenza di dati sperimentali, facendo riferimento all'intervallo:

$0,1 f_k \div 0,4 f_k$

In sede di progetto, in mancanza di determinazione sperimentale, nei calcoli possono essere assunti i seguenti valori:

- modulo di elasticità normale secante $E = 1000 f_k$
- modulo di elasticità tangenziale secante $G = 0.4 E$ Tutte le inserzioni dovranno essere raccordate con raggio di curvatura, al netto delle tolleranze, maggiore di 3 mm.

Art. 1.1.21 - MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO PER USI STRUTTURALI

Si considerano i seguenti prodotti a base di legno:

- legno strutturale massiccio con giunti a dita legno;
- legno lamellare incollato;
- legno lamellare incollato con giunti a dita a tutta sezione;
- pannelli a base di legno per uso strutturale;
- altri prodotti a base di legno per impieghi strutturali.

La produzione, fornitura e utilizzazione dei prodotti a base di legno per uso strutturale dovranno avvenire in applicazione di un sistema di assicurazione della qualità e di un sistema di rintracciabilità che copra la catena di custodia dal momento della prima classificazione e marcatura dei singoli componenti e/o semilavorati almeno fino al momento della prima messa in opera. Il Direttore dei Lavori ai fini della loro accettazione può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni previste dalle norme vigenti.

Valori caratteristici

Si definiscono valori caratteristici di resistenza di un tipo di legno i valori del frattile 5% della distribuzione delle resistenze, ottenuti sulla base dei risultati di prove sperimentali effettuate con una durata di 300 secondi su provini all'umidità di equilibrio del legno corrispondente alla temperatura di 20°C ed umidità relativa dell'aria del 65%. Per il modulo elastico, si fa riferimento

sia ai valori caratteristici di modulo elastico (frattile 5% della distribuzione dei moduli elastici) sia ai valori medi, ottenuti nelle stesse condizioni di prova sopra specificate. Si definisce massa volumica caratteristica il valore del frattile 5% della relativa distribuzione con massa e volume corrispondenti alle condizioni di umidità di equilibrio del legno alla temperatura di 20°C ed umidità relativa dell'aria del 65%. Esistono profili caratteristici riconosciuti come validi e affidabili per ciascun tipo di materiale sul quale è stata condotta una sperimentazione conforme alle normative in vigore.

Produttore

Si definisce "produttore" il soggetto legalmente responsabile della classificazione secondo la resistenza meccanica (così come definita nelle pertinenti norme tecniche citate nel seguito) del materiale o del prodotto a base di legno. In assenza di esplicita indicazione contraria nei documenti di accompagnamento delle forniture di materiali e prodotti a base di legno, ai fini della responsabilità legale il produttore coincide con il fornitore del materiale o del prodotto.

Legno massiccio

Il legno massiccio per uso strutturale è un prodotto naturale selezionato, in dimensioni d'uso nelle strutture, classificato, elemento per elemento, secondo la resistenza sulla base di specifiche normative. I parametri di resistenza, di rigidità e di massa volumica assegnati al legno strutturale vengono di regola determinati sulla base di prove sperimentali normalizzate che producono gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il materiale sarà soggetto nella struttura. Tali prove devono essere condotte su campioni significativi di elementi classificati in dimensione d'uso. I criteri di classificazione garantiscono all'elemento prestazioni meccaniche minime statisticamente determinate senza necessità di ulteriori prove sperimentali e verifiche. Per tipi di legname non inclusi nelle norme vigenti, è ammissibile la determinazione dei parametri di cui sopra sulla base di confronti con specie legnose note aventi caratteristiche simili a quelle della specie incognita, oppure sulla base di correlazioni con i valori di resistenza, rigidità e massa volumica ottenuti tramite prove eseguite su campioni di provini piccoli e netti. In questi due casi, tuttavia, si dovrà dimostrare di aver tenuto conto della minore affidabilità dei risultati rispetto a quelli ottenuti con il metodo ordinario. La produzione, fornitura e utilizzazione del legno strutturale dovranno avvenire in applicazione di un sistema di rintracciabilità dei singoli elementi che copra la catena di custodia dal momento della prima classificazione e marcatura almeno fino al momento della prima messa in opera. I valori di resistenza e di rigidità devono, ove possibile, essere determinati mediante la norma ISO 8375. Per la prova dovrà essere prelevato un campione rappresentativo ed i provini da sottoporre a prova, ricavati dal campione, dovranno contenere un difetto riduttore di resistenza e determinante per la classificazione. Nelle prove per determinare la resistenza a flessione, il tratto a momento costante deve contenere un difetto riduttore di resistenza che sarà determinante per la classificazione, e la sezione resistente sottoposta a trazione deve essere scelta a caso.

All'atto della posa in opera il Direttore dei Lavori deve verificare, acquisendone copia, che il legno strutturale sia

oggetto di attestato di qualificazione e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

Per il legno strutturale, nelle norme sono disponibili due tipi diversi di profili caratteristici:

- le Categorie: sono riferite a specifici "tipi di legname" ovvero specifiche combinazioni di specie legnosa/provenienza geografica/qualità. Le categorie sono contenute nelle diverse norme di classificazione dei diversi Paesi di produzione del legno strutturale;
- le Classi di Resistenza: sono riunite nella UNI EN 338 e costituiscono una raccolta di "profili normalizzati" di validità generale, utili allorché il progettista non desideri o non sia in grado di indicare un preciso tipo di legname.

Entrambi i tipi di profili caratteristici sono ugualmente ammissibili in sede di progettazione.

Tuttavia, al momento della fornitura del materiale, la classificazione di quest'ultimo dovrà essere conforme a quanto prescritto nel progetto. È ammessa l'equivalenza di una Categoria alla corrispondente Classe di Resistenza (e viceversa) se tale equivalenza è stabilita dalla UNI EN1912.

Profili prestazionali caratteristici diversi da quelli sopra indicati potranno essere assunti nella progettazione sulla base dei risultati documentati di prove sperimentali in conformità a quanto disposto nella EN 14081 (o normativa riconosciuta equivalente, per legname di provenienza non Europea).

Profili caratteristici per legno strutturale di provenienza italiana

Profili caratteristici per tipi di legno strutturale di provenienza italiana sono contenuti nelle UNI 11035 (Parte 1 e Parte 2). Nelle stesse norme si forniscono le regole di classificazione per i tipi di legname strutturale italiani, nonché indicazioni sulla procedura necessaria per l'attribuzione di profili caratteristici a tipi di legname non inclusi nella norma.

Profili caratteristici per legno strutturale di provenienza non italiana

Per tipi di legno strutturale di provenienza non italiana è possibile utilizzare le Classi di Resistenza equivalenti indicate nella UNI EN 1912.

Legno strutturale con giunti a dita

In aggiunta a quanto prescritto per il legno massiccio, gli elementi di legno strutturale con giunti a dita devono essere conformi alla UNI-EN 385.

Segati di legno

I segati di legno a complemento di quanto specificato nel progetto o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche :

- tolleranze sulla lunghezza e larghezza : +/- 10 mm;
- tolleranze sullo spessore: +/- 2 mm;
- umidità non maggiore del 15%, misurata secondo la norma UNI 9021/2;
- difetti visibili ammessi valutati, in funzione della qualità, secondo la norme:

- Conifere:

ISO 1029 - Segati di conifere - Difetti - Classificazione;

ISO 1030 - Segati di conifere - Difetti - Misurazione;

ISO 1031 - Segati di conifere - Difetti - Termini e definizioni;

UNI 8198 - Segati di conifere. Classificazione in base alla resistenza meccanica.

-Latifoglie:

ISO 2299 - Segati di latifoglie - Difetti - Classificazione;

ISO 2300 - Segati di latifoglie - Difetti - Termini e definizioni;

ISO 2301 - Segati di latifoglie - Difetti - Misurazione;

-Altre norme di riferimento:

UNI 8947 - Segati di legno. Individuazione e misurazione dei difetti da essiccazione.

UNI 8662-1 - Trattamenti del legno. Termini generali;

UNI 8662-2 - Trattamenti del legno. Termini relativi all' impregnazione e alla preservazione;

UNI 8662-3 - Trattamenti del legno. Termini relativi all' essiccazione;

UNI 8859 - Trattamenti preservanti del legno. Impregnazione a pressione in autoclave mediante composti in

soluzione acquosa di rame, cromo e arsenico (CCA);

UNI 8976 - Trattamenti preservanti del legno. Impregnazione a pressione in autoclave mediante creosoto;

UNI 8940 -Legno. Trattamenti preservanti. Applicazione di sostanze preservanti in solvente organico con il procedimento a doppio vuoto;

UNI 9090 - Legno. Trattamenti preservanti contro attacchi di funghi. Istruzioni per la preservazione con soluzioni a

base di ossido di stagno tributilico;

UNI 9092-2 - Trattamenti preservanti del legno. Impregnazione a pressione in autoclave.

Determinazione

dell'assorbimento netto di liquido impregnante;

UNI 9030 - Segati di legno. Qualità di essiccazione.

Legno lamellare incollato

Requisiti di produzione

All'atto della posa in opera il Direttore dei Lavori deve verificare, acquisendone copia, che il legno lamellare incollato sia oggetto di attestato di qualificazione e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

Classi di resistenza

L'attribuzione degli elementi strutturali di legno lamellare ad una classe di resistenza viene effettuata dal produttore secondo quanto previsto ai punti seguenti.

-Classificazione sulla base delle proprietà delle lamelle

L'elemento strutturale di legno lamellare incollato può essere costituito dall'insieme di lamelle tra loro omogenee (elemento "omogeneo") oppure da lamelle di diversa qualità (elemento "combinato") secondo quanto previsto in UNI EN 1194. Nella citata norma viene indicata la corrispondenza tra le classi delle lamelle che compongono l'elemento strutturale e la classe di resistenza risultante per l'elemento lamellare stesso, sia omogeneo che combinato.

-Attribuzione diretta in base a prove sperimentali

Nei casi in cui il legno lamellare incollato non ricada in una delle tipologie previste dalla UNI EN 1194, è ammessa l'attribuzione diretta degli elementi strutturali lamellari alle classi di resistenza sulla base di risultati di prove sperimentali, da eseguirsi in conformità alla EN 14080.

Dimensioni delle lamelle

Le dimensioni delle singole lamelle dovranno rispettare i limiti per lo spessore s e l'area della sezione trasversale A indicati in UNI-EN 386.

Giunti a dita "a tutta sezione"

I giunti a dita "a tutta sezione" devono essere conformi a quanto previsto da UNI-EN 387.

I giunti a dita "a tutta sezione" non possono essere usati per elementi strutturali da porre in opera nella classe di

servizio 3, quando la direzione della fibratura cambi in corrispondenza del giunto.

Controllo della qualità

Per il controllo della qualità e della costanza della produzione si dovranno eseguire le seguenti prove:

- prova di delaminazione;
- prova di intaglio;
- controllo degli elementi;
- laminati verticalmente;
- controllo delle sezioni giuntate.

Pannelli a base di legno

I produttori di pannelli a base di legno per uso strutturale devono essere in possesso di attestato di conformità alla

relativa parte approvata della norma europea armonizzata EN 13986.

Il produttore di pannelli a base di legno per uso strutturale dichiara, nelle forme previste e per le parti approvate

delle norme europee armonizzate sopra citate, quanto previsto dall'appendice ZA e in particolare:

- le caratteristiche tecniche conformemente al paragrafo ZA. 1
- le informazioni che accompagnano la marcatura CE, conformemente al paragrafo ZA.3.

Il metodo di controllo della conformità dei pannelli a base di legno è quello dettagliato nell'appendice ZA-Prospetto ZA.2 "Sistemi di attestazione della conformità" (Sistema 2+) delle relative norme armonizzate. Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

All'atto della posa in opera il Direttore dei Lavori deve verificare, acquisendone copia, che il pannello a base di legno per uso strutturale sia oggetto di attestato di conformità e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore. I valori caratteristici di resistenza e di rigidità sono indicati nella EN 12369 (per pannelli OSB, pannelli di particelle e pannelli di fibra) oppure indicati dai produttori (per i pannelli di legno compensato) con riferimento

alla UNI EN 1072, determinati secondo il metodo descritto nella UNI EN 1058.

Pannelli a base di fibra di legno

I pannelli a base di fibra di legno oltre a quanto specificato nel progetto, e/o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

- tolleranze sulle lunghezza e larghezza: +/- 3 mm;
- tolleranze sullo spessore: +/- 0,5 mm;
- umidità non maggiore dell'8%;
- massa volumica: per tipo tenero minore di 350 kg/m³, per tipo semiduro tra 350 e 800 kg/m³, per tipo duro oltre 800 kg/m³, misurate secondo la norma UNI EN ISO 20354;

La superficie potrà essere:

- grezza (se mantenuta come risulta dalla pressatura);
- levigata (quando ha subito la lavorazione predetta);

Norme di riferimento

UNI EN 316 - Pannelli di fibra di legno . Definizione, classificazione e simboli;

UNI EN 318 - Pannelli di fibra di legno. Determinazione delle variazioni dimensionali associate a variazioni di

umidità relativa;

UNI EN 320 - Pannelli di fibra di legno. Determinazione della resistenza alla estrazione assiale delle viti;

UNI EN 321 - Pannelli di fibra di legno. Prove cicliche in ambiente umido.

Pannelli a base di particelle di legno

I pannelli a base di particelle di legno a complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti con le seguenti caratteristiche:

- tolleranze sulla lunghezza e larghezza: +/- 5 mm;
- tolleranze sullo spessore: +/- 0,5 mm;
- umidità del 10% +/-3%;

Funzionalmente dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- rigonfiamento massimo dopo immersione in acqua: 12% ;
- assorbimento massimo d'acqua;
- resistenza minima a flessione;

Norme di riferimento

UNI EN 309 - Pannelli di particelle di legno. Definizione e classificazione;

UNI EN 311 - Pannelli di particelle di legno. Resistenza al distacco degli strati esterni dei pannelli di particelle.

Metodo di prova;

UNI EN 312-1 - Pannelli di particelle di legno. Specifiche . Requisiti generali di tutti i tipi di pannelli;

UNI EN 312-2 - Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli per uso generale in ambiente

secco;

UNI EN 312-3 - Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli. Requisiti dei pannelli per

allestimenti interni (inclusi i mobili) per uso in ambiente secco;

UNI EN 312-4 - Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli portanti per uso in ambiente

secco;

UNI EN 312-5 - Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli portanti per uso in ambiente

umido;

UNI EN 312-6 - Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli portanti per carichi pesanti per uso

in ambiente secco;

UNI EN 312-7 - Pannelli di particelle di legno. Specifiche. Requisiti dei pannelli portanti per carichi pesanti per uso in ambiente umido;

UNI EN 317 - Pannelli di particelle di legno e pannelli di fibra di legno. Determinazione del rigonfiamento dello spessore dopo immersione in acqua;

UNI EN 319 - Pannelli di particelle di legno e pannelli di fibra di legno. Determinazione della resistenza a trazione perpendicolare al piano del pannello.

Pannelli di legno compensato e paniforti

I pannelli di legno compensato e paniforti a complemento di quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono fornite con le seguenti caratteristiche :

- tolleranze sulle lunghezze e larghezze: +/- 5 mm;
- tolleranze sullo spessore: +/- 1 mm;
- umidità non maggiore del 12%, misurata secondo;
- grado di incollaggio;

Funzionalmente dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza minima a trazione;
- resistenza minima a flessione statica.

Norme di riferimento

Per i requisiti d'accettazione dei pannelli in legno compensato si farà riferimento alle seguenti norme:

UNI EN 313-1 - Pannelli di legno compensato. Classificazione e terminologia. Classificazione;

UNI EN 313-2 - Pannelli di legno compensato. Classificazione e terminologia. Terminologia;

UNI EN 314-1 - Pannelli di legno compensato. Qualità dell'incollaggio. Metodi di prova;

UNI EN 314-2 - Pannelli di legno compensato. Qualità dell'incollaggio. Requisiti;

UNI EN 315 - Pannelli di legno compensato. Tolleranze dimensionali.

Adesivi

Gli adesivi per usi strutturali devono produrre unioni aventi resistenza e durabilità tali che l'integrità dell'incollaggio sia conservata, nella classe di servizio assegnata, durante tutta la vita prevista della struttura.

Le caratteristiche degli adesivi per legno debbono essere conformi alle seguenti norme:

UNI EN 301 - Adesivi fenolici e amminoplastici per strutture portanti in legno. Classificazione e requisiti prestazionali; UNI EN 302-1 - Adesivi per strutture portanti in legno. Metodi di prova.

Determinazione della resistenza del giunto al taglio a trazione longitudinale; UNI EN 302-2 -

Adesivi per strutture portanti in legno. Metodi di prova. Determinazione della resistenza alla delaminazione (Metodo di laboratorio); UNI EN 302-3 - Adesivi per strutture portanti in legno.

Metodi di prova. Determinazione dell'effetto dell'attacco acido alle fibre del legno, dovuto ai trattamenti ciclici di temperatura e umidità, sulla resistenza alla trazione trasversale; UNI EN 302-4

- Adesivi per strutture portanti in legno. Metodi di prova. Determinazione dell'effetto del ritiro del legno sulla resistenza al taglio.

Elementi meccanici di collegamento

Per gli elementi di collegamento usati comunemente quali: chiodi, bulloni, perni e viti, la capacità portante caratteristica e la deformazione caratteristica dei collegamenti devono essere determinate sulla base di prove condotte in conformità alla norma ISO 6891. Si deve tenere conto dell'influenza del ritiro per essiccazione dopo la fabbricazione e delle variazioni del contenuto di umidità in esercizio. Si presuppone che altri dispositivi di collegamento eventualmente impiegati siano stati provati in maniera corretta completa e comprovata da idonei certificati:

- Classe di umidità 1: questa classe di umidità é caratterizzata da un contenuto di umidità nei materiali corrispondente ad una temperatura di 20 +/- 2 °C e ad una umidità relativa nell'aria circostante che supera il 65 %

soltanto per alcune settimane all'anno. Nella classe di umidità 1 l'umidità media di equilibrio per la

maggior parte delle conifere non supera il 12 %;

- Classe di umidità 2: questa classe di umidità è caratterizzata da un contenuto di umidità nei materiali corrispondente ad una temperatura di 20 +/- 2 °C e ad una umidità relativa dell'aria circostante che supera l'80 % soltanto per alcune settimane all'anno. Nella classe di umidità 2 l'umidità media di equilibrio per la maggior parte delle conifere non supera il 18 %.

- Classe di umidità 3: condizioni climatiche che danno luogo a contenuti di umidità più elevati.
Protezione anticorrosione minima per le parti di acciaio, descritta secondo la norma UNI ISO 2081

CLASSE DI UMIDITÀ	TRATTAMENTO
1	nessuno (1)
2	Fe/Zn 12c
3	Fe/Zn 25c (2)

(1) Minimo per le graffe: Fe/Zn 12c.

(2) In condizioni severe: Fe/Zn 40c o rivestimento di zinco per immersione a caldo.

Durabilità del legno e derivati

Al fine di garantire alla struttura adeguata durabilità, si devono considerare i seguenti fattori tra loro correlati:

- l'uso della struttura;
- le condizioni ambientali prevedibili;
- la composizione, le proprietà e le prestazioni dei materiali;
- la forma degli elementi strutturali ed i particolari costruttivi;
- la qualità dell'esecuzione ed il livello di controllo della stessa;
- le particolari misure di protezione;
- la probabile manutenzione durante la vita presunta.

adottando in fase di progetto idonei provvedimenti volti alla protezione dei materiali.

Requisiti di durabilità naturale dei materiali a base di legno

Il legno ed i materiali a base di legno devono possedere un'adeguata durabilità naturale per la classe di rischio prevista in servizio, oppure devono essere sottoposti ad un trattamento preservante adeguato. Per i prodotti in legno massiccio, una guida alla durabilità naturale e trattabilità delle varie specie legnose è contenuta nella UNI EN 350, mentre una guida ai requisiti di durabilità naturale per legno da utilizzare nelle classi di rischio è contenuta nella UNI-EN 460. Le definizioni delle classi di rischio di attacco biologico e la metodologia decisionale per la selezione del legno massiccio e dei pannelli a base di legno appropriati alla classe di rischio sono contenute nelle UNI EN 335 (Parte 1, Parte 2 e Parte 3). La classificazione di penetrazione e ritenzione dei preservanti è contenuta nelle UNI EN 351 (Parte 1 e Parte 2). Le specifiche relative alle prestazioni dei preservanti per legno ed alla loro classificazione ed etichettatura sono indicate nelle UNI EN 599 (Parte 1 e Parte 2).

Resistenza alla corrosione

I mezzi di unione metallici strutturali devono, di regola, essere intrinsecamente resistenti alla corrosione, oppure devono essere protetti contro la corrosione. L'efficacia della protezione alla corrosione dovrà essere commisurata alle esigenze proprie della Classe di Servizio in cui opera la struttura.

Procedure di qualificazione e accettazione del legno

Il Direttore dei Lavori potrà far eseguire prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nel presente paragrafo.

Legno massiccio

Per la qualificazione della produzione, i produttori di legno strutturale massiccio devono produrre al Servizio Tecnico Centrale, per ciascun stabilimento, la documentazione seguente:

- l'individuazione dello stabilimento cui l'istanza si riferisce;
- il tipo di elementi strutturali che l'azienda è in grado di produrre;
- l'organizzazione del sistema di rintracciabilità relativo alla produzione di legno strutturale;
- l'organizzazione del controllo interno di produzione, con l'individuazione di un "Direttore Tecnico

della produzione" qualificato alla classificazione del legno strutturale;

-il marchio afferente al produttore (in seguito denominato "marchio del fornitore") specifico per la classe di prodotti "elementi di legno massiccio per uso strutturale".

I produttori sono tenuti ad inviare al Servizio Tecnico Centrale, ogni anno, i seguenti documenti:

- una dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità della organizzazione del controllo interno di qualità o le eventuali modifiche;

- i risultati dei controlli interni eseguiti nell'ultimo anno, per ciascun tipo di prodotto, da cui risulti anche il quantitativo di produzione.

Il mancato rispetto delle condizioni sopra indicate, accertato anche attraverso sopralluoghi, può comportare la decadenza della qualificazione.

Tutte le forniture di elementi in legno massiccio per uso strutturale debbono essere marcate e accompagnate da

una documentazione relativa alle caratteristiche tecniche del prodotto.

-Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche

qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile depositata presso il Servizio

Tecnico Centrale, conforme alla norma EN 14081.

Ogni prodotto deve essere marcato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma

fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma

fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marcatura deve essere inalterabile nel

tempo e senza possibilità di manomissione.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito.

Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per

ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro

produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in lotti, differenti possono essere i sistemi di

marcatura adottati, anche in relazione all'uso.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni

singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che

prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo

di legname nonché al lotto di classificazione e alla data di classificazione.

Tenendo presente che l'elemento determinante della marcatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, dalla

impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella

documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali

modifiche apportate.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marcata (pezzo singolo o lotto)

viene
scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marcatura del prodotto è responsabilità sia degli
utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di
accompagnamento del
materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.
I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta
archiviazione della
documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10
anni e devono
mantenere evidenti le marcature o etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.
Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del
prodotto attraverso il
marchio possono essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale.

-Forniture e documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di legno strutturale devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione
del Servizio
Tecnico Centrale.

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo.

Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere
accompagnate da

copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di
trasporto del
commerciante o trasformatore intermedio.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a
rifiutare le
eventuali forniture non conformi.

Legno lamellare

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve
essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte di un organismo
terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme
UNI EN 45012. Ai fini della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo
produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento
alle indicazioni contenute nelle relative norme europee od internazionali applicabili. I documenti
che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di
garanzia della qualità del processo produttivo. Ai produttori di elementi in legno lamellare è fatto
altresì obbligo di:

- sottoporre la produzione, presso i propri stabilimenti, ad un controllo continuo documentato
condotto sulla base della UNI-EN 386. Il controllo della produzione deve essere effettuato a cura
del Direttore Tecnico di stabilimento, che deve provvedere alla trascrizione dei risultati delle prove
su appositi registri di produzione. Detti registri devono essere disponibili al Servizio Tecnico
Centrale e, limitatamente alla fornitura di competenza, al Direttore dei Lavori ed al collaudatore
della costruzione.

- nella marchiatura dell'elemento, oltre a quanto già specificato nel punto 20.8.1, deve essere
riportato anche l'anno di produzione.

Pannelli a base di legno

Ai produttori di pannelli a base di legno per impieghi strutturali per i quali, per quanto applicabili,
valgono integralmente tutte le disposizioni di cui sopra, è fatto altresì obbligo di sottoporre la
produzione ai controlli pre-visti per gli impieghi strutturali conformemente a quanto indicato nella
EN 13986.

Altri prodotti a base di legno

Ai produttori di elementi a base di legno per impieghi strutturali che non rientrino tra quelli precedentemente esaminati, per quanto applicabili, valgono integralmente tutte le disposizioni di cui al precedente punto sopra, è fatto altresì obbligo di sottoporre la produzione ai controlli previsti per impieghi strutturali nelle normative EN applicabili.

Prodotti provenienti dall'estero

Gli adempimenti di cui sopra si applicano anche agli eventuali prodotti finiti provenienti dall'estero. Per i prodotti provenienti da Paesi esteri, nei quali sia in vigore una certificazione di idoneità tecnica riconosciuta dalle rispettive Autorità competenti, il fornitore potrà, in alternativa a quanto previsto al primo comma, inoltrare al Servizio Tecnico Centrale domanda intesa ad ottenere il riconoscimento dell'equivalenza della procedura adottata nel Paese di origine depositando contestualmente la relativa documentazione per i prodotti da fornire con il corrispondente marchio. L'equivalenza della procedura di cui al precedente comma è sancita con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Laboratori di prove e controlli

Sono abilitati ad effettuare le prove ed i controlli, sia sui prodotti che sui cicli produttivi, i laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 ed i laboratori ufficiali abilitati ai sensi del D.P.R. n. 246/1993 in materia di prove e controlli sul legno

Art. 1.1.22 - ELEMENTI STRUTTURALI COMPOSTI

Si intendono come elementi strutturali composti quelli costituiti da materiali strutturali diversi ipotizzati rigidamente collegati attraverso la superficie di contatto per la trasmissione delle forze di taglio, in modo da costituire un elemento strutturale staticamente autonomo.

Fanno parte di questa categoria:

- gli elementi strutturali acciaio-calcestruzzo costituiti da acciai per carpenteria metallica e calcestruzzo normale o precompresso;
- gli elementi calcestruzzo-calcestruzzo costituiti da elementi in calcestruzzo armato normale o precompresso di diverse caratteristiche reologiche o diversi tempi di maturazione;
- gli elementi legno-calcestruzzo;
- altri componenti misti.

Nel calcolo della resistenza e deformabilità, oltre agli stati tensionali provocati dalle azioni esterne, andranno tenuti in conto gli stati coattivi provocati dalle diverse caratteristiche reologiche (deformazioni viscosi), proprietà termodinamiche, leggi di maturazione e ritiro.

Elementi strutturali in acciaio-calcestruzzo

Formano oggetto delle presenti norme gli elementi strutturali costituiti da acciai per carpenteria metallica e calcestruzzo normale o precompresso.

La trasmissione degli sforzi tra calcestruzzo ed acciaio, per assicurare le ipotesi di aderenza, deve essere affidata

a connettori metallici, che devono assorbire la risultante degli sforzi teorici sulla superficie di contatto.

I connettori devono poter assorbire sia gli sforzi di taglio che quelli di trazione ortogonali alle superfici di contatto

dei materiali componenti, dovuti sia a sforzi applicati che a deformazioni imposte.

I componenti strutturali usuali sono:

- elementi inflessi costituiti da travi metalliche che portano all'estradosso una soletta in calcestruzzo;
- solettoni in cemento armato precompresso a trave incorporata;
- elementi prevalentemente compressi: colonne composte in cui i componenti, carpenteria metallica e calcestruzzo, lavorano prevalentemente in parallelo. Gli elementi composti possono essere utilizzati con altri elementi in acciaio, in calcestruzzo o composti, per realizzare un insieme strutturale. In questo caso assumono grande rilevanza le connessioni o i nodi dei vari elementi strutturali.

Travi composte

Nel caso di travi composte, devono essere previsti sull'intera loro lunghezza connettori a taglio e armatura

trasversale in grado di trasmettere allo stato limite ultimo la forza di scorrimento all'interfaccia fra soletta di

calcestruzzo e acciaio, trascurando il contributo dell'aderenza spontanea fra le parti. I connettori andranno

distribuiti secondo il diagramma degli sforzi di scorrimento.

I connettori devono essere in grado di impedire il distacco fra le parti in acciaio e quelle in calcestruzzo.

Le distanze fra i connettori devono essere tali da consentire la trasmissione della forza di scorrimento e da

prevenire la separazione fra acciaio e calcestruzzo.

I connettori di qualsiasi tipo, saldati o bullonati, devono essere verificati per l'azione di taglio sulla superficie di

attacco alla trave metallica, ed all'azione di pressione lungo il gambo.

La soletta deve essere verificata per la pressione lungo il gambo del connettore.

Lo spessore della soletta di calcestruzzo deve risultare sempre maggiore di almeno 30 mm dell'altezza del

connettore.

La capacità di trasmettere gli sforzi di trazione nei connettori, può essere utilmente ricavata da prove sperimentali.

Nelle travi composte da profilati in acciaio e soletta in cemento armato lo spessore di quest'ultima non deve

essere inferiore al doppio dello spessore del copriferro e comunque maggiore od uguale a 50 mm.

La soletta sovrastante deve avere una armatura di ripartizione.

Solette composte con lamiera grecata

Il profilato metallico è sostituito da una lamiera grecata preformata a freddo, che contiene il getto di calcestruzzo.

Lo spessore minimo della soletta di calcestruzzo non può essere inferiore a 40 mm e deve contenere una

armatura di ripartizione.

La lamiera grecata, integrata ove necessario da barre di armatura, rappresenta la parte resistente agli sforzi di

trazione.

Al fine di garantire la trasmissione delle forze di scorrimento all'interfaccia fra lamiera e calcestruzzo non può farsi

affidamento sulla pura aderenza fra i materiali ma devono adottarsi sistemi generalmente del tipo:

- a ingranamento meccanico fornito dalla deformazione del profilo metallico o ingranamento ad attrito nel caso di profili sagomati con forme rientranti; - ancoraggi di estremità costituiti da pioli saldati o altri tipi di connettori, purché combinati a sistemi ad ingranamento;

- ancoraggi di estremità ottenuti con deformazione della lamiera, purché combinati con sistemi a ingranamento

per attrito.

Quando a tali solai venga affidata la funzione di diaframma per resistere alle azioni orizzontali devono

attentamente considerarsi l'effetto delle aperture e le azioni aggiuntive indotte sui connettori a taglio.

- il calcestruzzo avvolge il componente metallico e contiene armature longitudinali e staffe trasversali che cerchiano il calcestruzzo contro l'elemento metallico;

- un profilato cavo tubolare contiene il calcestruzzo. Nell'interno del calcestruzzo possono essere aggiunte delle armature longitudinali di ripresa. Nel primo caso, lo spessore di conglomerato deve

essere il doppio del copriferro delle armature, con spessore minimo pari a 50 mm; particolare attenzione va posta nel rispetto di queste regole nei nodi strutturali. La trasmissione degli sforzi di scorrimento, deve avvenire attraverso connettori ortogonali alla superficie, ovvero mediante rugosità delle superfici di contatto, di cui venga valutata, per via sperimentale, la capacità di trasmettere forze di scorrimento.

Colonne composte

Le colonne composte possono dividersi in due categorie:

Art. 1.1.23 - APPOGGI STRUTTURALI

Gli appoggi strutturali sono dispositivi di vincolo utilizzati nelle strutture, nei ponti e negli edifici, allo scopo di trasmettere puntualmente carichi e vincolare determinati gradi di libertà di spostamento. I produttori di appoggi strutturali devono essere in possesso di attestato di conformità (marcatura CE) secondo il

D.P.R. n. 246/93, art. 7, comma 1 lettera A, alla relativa norma europea armonizzata della serie UNI EN 1337.

Il fabbricante degli appoggi destinati ad essere impiegati nelle opere di ingegneria dichiara, in conformità alla

norma della serie UNI EN 1337, le caratteristiche tecniche del prodotto, quali la capacità portante, la capacità di

rotazione, il coefficiente di attrito e la durabilità.

Posa in opera

All'atto della posa in opera degli appoggi il Direttore dei Lavori deve verificare, acquisendone copia, che il dispositivo sia oggetto di attestato di conformità (Marcatura CE) e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore. Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare nell'ambito delle proprie competenze, quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture prive dell'attestato di conformità; dovrà inoltre effettuare idonee prove di accettazione, che comprendano in ogni caso la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali nonché la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche dei materiali componenti.

Art. 1.1.24 - DISPOSITIVI ANTISISMICI

Per dispositivi antisismici si intendono gli elementi che contribuiscono a modificare la risposta sismica di una struttura, ad esempio incrementando il periodo fondamentale della struttura, modificando la forma dei modi di vibrare fondamentali, incrementando la dissipazione di energia, limitando la forza trasmessa alla struttura e/o introducendo vincoli permanenti o temporanei che migliorano la risposta sismica. Tutti i dispositivi devono avere una vita di servizio maggiore di 10 anni. Devono essere previsti piani di manutenzione e di sostituzione allo scadere della vita di servizio, senza significativi effetti sull'uso delle strutture in cui sono installati. Ai fini della robustezza dei componenti strutturali in oggetto deve essere certificato che trattamenti termici, in un campo di temperatura di riferimento -15°C - $+45^{\circ}\text{C}$ non modificano, significativamente le prestazioni del dispositivo. Per opere particolari, per le quali le temperature prevedibili non rientrano in tale intervallo, la sperimentazione verrà condotta per campi di temperatura diversi da quelli di riferimento. Se l'effetto delle azioni variabili ne fanno modificare, con processo ciclico, i regimi tensionali, deve esserne verificato il decadimento delle caratteristiche meccaniche per effetto della fatica.

Tipologie

In generale, ai fini delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008, si considerano le seguenti tipologie di dispositivi:

- Dispositivi "Lineari" (LD): dispositivi caratterizzati da un legame forza-spostamento praticamente lineare, fino ad un dato livello di spostamento, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità; nella fase di scarico non devono mostrare spostamenti residui significativi.
- Dispositivi "Non Lineari" (NLD): dispositivi caratterizzati da un legame forza-spostamento non

lineare, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità.

- Dispositivi "Viscosi": dispositivi in cui la forza dipende soltanto dalla velocità o da velocità e spostamento contemporaneamente; il loro funzionamento è basato sulle forze di reazione causate dal flusso di un fluido viscoso attraverso orifizi o sistemi di valvole.

- Isolatori Elastomerici: sono dispositivi costituiti da strati alternati di materiale elastomerico (gomma naturale o materiali artificiali idonei) e di acciaio, quest'ultimo con funzione di confinamento dell'elastomero; questi dispositivi risultano fortemente deformabili per carichi paralleli alla giacitura degli strati (carichi orizzontali).

Se i dispositivi antisismici svolgono anche il ruolo di appoggi strutturali nelle situazioni non sismiche, questi devono soddisfare le prescrizioni riportate nell'articolo relativo agli appoggi strutturali.

Procedure di qualificazione

I dispositivi antisismici devono essere sottoposti a procedure di qualificazione, con verifica della conformità ai requisiti funzionali dichiarati. Tali procedure hanno lo scopo di dimostrare che il dispositivo sia in grado di mantenere la propria funzionalità nelle condizioni d'uso previste durante tutta la vita di progetto e devono includere almeno i punti seguenti:

- dichiarazione della vita di servizio;
- dichiarazione della conservazione delle prestazioni del dispositivo durante la vita di servizio;
- dichiarazione delle caratteristiche meccaniche dei componenti del dispositivo;
- descrizione del comportamento sotto azione sismica;
- determinazione dei legami costitutivi del dispositivo mediante prove sperimentali;
- un modello costitutivo che descriva il comportamento del dispositivo in differenti condizioni di uso, incluse tutte le combinazioni di azioni previste nella presente norma, che rappresenti correttamente i fenomeni fisici attesi nel funzionamento del dispositivo, in particolare sotto le azioni sismiche;
- prove di qualificazione.

In particolare, le caratteristiche tecniche da misurare e dichiarare sono indicate nella seguente tabella, a seconda del tipo di dispositivo.

CARATTERISTICA	D. Lineare	D. Non lineare	D. Viscoso	Isolatore in elastomero
Capacità portante	si	si	-	si
Resistenza ad azioni sismiche	si	si	si	-
Modulo di taglio	si	si	si	si
Capacità di rotazione	si	si	si	si
Coefficiente di attrito	si	si	-	-
Capacità di distorsione orizzontale	-	-	si	si
Durabilità	si	si	si	si

Per quanto riguarda la definizione delle suddette caratteristiche, le norme di prova di qualificazione ed accettazione dei dispositivi, si farà riferimento, ove possibile, alle norme europee applicabili ovvero, in assenza delle stesse, agli allegati all'O.P.C.M. del 20 marzo 2000, n. 3274. Le caratteristiche dei dispositivi, di cui alla Tabella 25.1, devono essere accertate mediante opportune prove sui materiali e sui dispositivi, eseguite e certificate da laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001, dotati di adeguata competenza, attrezzatura ed organizzazione. Tali laboratori devono essere incaricati dal produttore previo nulla osta rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale. In assenza di un attestato di conformità CE, i dispositivi antisismici devono essere dotati di un Benestare Tecnico rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP..

La documentazione da inviare al Servizio Tecnico Centrale, per il rilascio del Benestare Tecnico, deve includere:

- denominazione e caratteristiche del dispositivo che si intende qualificare;

- disegni con la esatta indicazione delle dimensioni, dei materiali impiegati, e della loro qualificazione, delle tolleranze ammesse e di ogni altra caratteristica utile alla loro valutazione;
- documentazione tecnica con la dichiarazione delle caratteristiche tecniche individuate nella Tabella 25.1;
- certificati delle prove svolte dal laboratorio di prova prescelto;
- il manuale di installazione e posa in opera, con l'individuazione, tra gli altri, di tutte le specifiche tecniche delle attrezzature e dei prodotti da utilizzare nelle operazioni;
- di posa in opera.

I dispositivi devono essere dotati di un marchio indelebile che ne comprovi la provenienza e la conformità alla documentazione depositata.

Posa in opera

Allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera, tutti i dispositivi devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione. Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012. L'elenco dei prodotti qualificati sarà disponibile presso il Servizio Tecnico Centrale. Il dispositivo può essere utilizzato nelle opere se in possesso di Benestare Tecnico. Il Benestare ha validità 5 (cinque) anni. I documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi del Benestare Tecnico, della certificazione del processo di produzione, dei rapporti di prova e le caratteristiche dichiarate dal produttore. All'atto della posa in opera dei dispositivi il Direttore dei Lavori deve verificare, acquisendone copia, che il dispositivo sia oggetto di Benestare Tecnico presso il Servizio Tecnico Centrale e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore del sistema stesso. Dovrà inoltre rifiutare le eventuali forniture non conformi ed effettuare idonee prove di accettazione, che comprendano in ogni caso la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali nonché eventualmente la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche di cui alla precedente.

Art. 1.1.25 - PRODOTTI PER COPERTURE DISCONTINUE (A FALDA)

Si definiscono prodotti per coperture quelli utilizzati per realizzare lo strato di tenuta all'acqua nei sistemi di copertura e quelli usati per altri strati complementari. Ai sensi della norma UNI 8178 sono definite coperture discontinue (a falda) quelle nelle quali l'elemento di tenuta assicura la tenuta all'acqua solo per valori della pendenza della superficie di copertura maggiore di un minimo, prevalentemente in funzione del materiale impiegato. Per la progettazione di elementi di tenuta si fa riferimento alle istruzioni contenute nella UNI 9308/1 Per la realizzazione delle coperture discontinue nel loro insieme, si rinvia all'articolo 1.2.12, mentre per la terminologia generale si fa riferimento alle norme UNI 8089, 8090, 8091, 8178 e, per quanto di specifico concernente il campionamento ed i limiti di accettazione delle caratteristiche dei vari prodotti, alla norma UNI 8626, dalla quale sono estratte le indicazioni sulla significatività delle caratteristiche riportate nel prospetto seguente.

Esse sono distinte in quanto:

- caratteristiche di elevata significatività in quanto caratterizzanti il prodotto (simbolo "+");
- caratteristiche non caratterizzanti il prodotto, ma in grado di fornire utili indicazioni per il suo impiego o comportamento in opera (simbolo "•");
- caratteristiche non significative o prove non eseguibili (simbolo "-").

I valori di accettazione sono quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dal Direttore dei Lavori.

CARATTERISTICA	A	B	C	D	E	F	G
Aspetto	+	+	+	+	+	+	+
Lunghezza	+	+	+	+	+	+	+
Larghezza	+	+	+	+	+	+	+
Spessore	-	-	+	+	+	+	+
Planarità	+	+	-	-	-	-	+
Ortometria/Rettilinearità dei bordi	+	+	+	+	+	+	-
Profilo	-	-	+	+	+	-	-
Massa convenzionale	•	+	-	+	+	+	+
Permeabilità	+	-	-	-	-	-	-
Impermeabilità	-	+	+	-	-	+	+
Gelività (cicli alterni)	+	+	+	-	+	+	+
Gelività (con porosimetro)	+	-	-	-	-	-	-
Carico di rottura a flessione	+	+	+	+	+	-	+

A = Tegole di laterizio B = Tegole di cemento C = Lastre di fibro-cemento D = Lastre e rotoli di poliestere E = Lastre metalliche (protette e non) F = Tegole bituminose G = Lastre di pietra ed ardesia

I prodotti di seguito descritti vengono considerati al momento della fornitura; il Direttore dei Lavori, ai fini della loro accettazione può procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate. Nel caso di contestazione, le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati sono quelli indicati nelle norme UNI citate di seguito.

Tegole e coppi di laterizio per coperture

Le tegole e i coppi di laterizio per coperture ed i loro pezzi speciali si intendono denominati secondo le dizioni commerciali usuali (marsigliese, romana, ecc.). I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed, in mancanza e/o a complemento, alle seguenti prescrizioni, derivate dalla norma UNI 8626, controllabili attraverso i metodi di prova indicati.

a) i difetti visibili, misurati secondo la norma UNI 8635/1, sono ammessi nei seguenti limiti:

- le fessure, non devono essere visibili o rilevabili a percussione;
- le protuberanze e le scagliature, non devono avere diametro medio (media aritmetica delle dimensioni massima e minima dei diametri) > di 15 mm ed è ammessa soltanto una protuberanza di diametro medio tra 7 e 15 mm ogni 2 dm² di superficie proiettata;
- sbavature, tollerate purché permettano un corretto assemblaggio;

b) sulle dimensioni nominali e sulla forma geometrica, misurate secondo la norma UNI EN 1024, secondo le norme indicate, sono ammesse le seguenti tolleranze:

- lunghezza 3%, misurata secondo la norma UNI 8635/2;
- larghezza 3% per tegole e 8% per coppi, misurata secondo la norma UNI 8635/3;
- planarità (esclusi i coppi) Cp singolo < di 20 e Cp medio < di 10 rad/100m, misurata secondo la norma UNI 8635/5;

- ortometria (esclusi i coppi) 3% in orizzontale della lunghezza del lato considerato, misurata secondo la norma UNI 8635/6;

c) massa convenzionale 15%, misurata secondo la norma UNI 8635/8;

d) la permeabilità, misurata secondo la norma UNI EN 539-1;

e) resistenza a flessione, misurata secondo la norma UNI 8635/13, parzialmente modificata da UNI EN 538:

carico di rottura F singola > di 1000 N, valore medio > di 1500 N;

f) carico di rottura: valore singolo della forza F maggiore di 1000 N e valore medio maggiore di 1500 N;

g) i criteri di accettazione sono quelli sopra riportati. In caso di contestazione si farà riferimento alle norme UNI

8626 e UNI 8635.

I prodotti devono essere forniti su appositi pallet, legati e protetti da azioni meccaniche, chimiche e sporco che

possano degradarli nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Gli imballi, solitamente di materiale termoretraibile, devono contenere un foglio informativo

riportante almeno il nome del fornitore e le caratteristiche dei commi da a) a f) ed eventuali istruzioni complementari per la posa.

Tegole di calcestruzzo per coperture

Le tegole di calcestruzzo per coperture ed i loro pezzi speciali si intendono denominati secondo le dizioni commerciali usuali (portoghese, olandese, ecc.), differenziandosi tra tegole "ad incastro" e "senza incastro". I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto esecutivo ed, in mancanza e/o a completamento, alle seguenti prescrizioni, derivate dalla norma UNI 8626, UNI EN 490 e UNI EN 491 controllabili attraverso i metodi di prova indicati.

a) i difetti visibili, misurati secondo la norma UNI 8635/1, sono ammessi nei seguenti limiti:

- le fessure non sono ammesse;
- le incavature non devono avere profondità > di 4 mm (escluse le tegole con superficie granulata);
- le protuberanze sono ammesse in forma lieve solo per tegole colorate nell'impasto;
- le scagliature sono ammesse, in forma leggera;
- le sbavature e le deviazioni sono ammesse purché non impediscano il corretto assemblaggio del prodotto;

b) sulle dimensioni nominali e sulla forma geometrica sono ammesse le seguenti tolleranze:

- lunghezza 1,5%, misurata secondo la norma UNI 8635/2, parzialmente modificata dalla norma UNI EN 491;
- larghezza 1%, misurata secondo la norma UNI 8635/3, parzialmente modificata dalla norma UNI EN 491;
- altre dimensioni dichiarate 1,6%;
- ortometria: tolleranza orizzontale 1,6% del lato maggiore, misurata secondo la norma UNI 8635/6, parzialmente modificata dalla norma UNI EN 491;

c) sulla massa convenzionale è ammessa la tolleranza del 10%, misurata secondo la norma UNI 8635/8, parzialmente modificata dalla norma UNI EN 491;

d) l'impermeabilità, misurata secondo la norma UNI 8635/10, parzialmente modificata dalla norma UNI EN 491, non deve permettere la caduta di gocce d'acqua dall'intradosso, dopo 24 ore;

e) dopo i cicli di gelività la resistenza a flessione F deve essere 1800 N su campioni maturati 28 giorni, misurata secondo la norma UNI 8635/11, parzialmente modificata dalla norma UNI EN 491;

f) la resistenza a rottura F del singolo elemento, misurata secondo la norma UNI 8635/13, parzialmente modificata dalla norma UNI EN 491, deve essere a 1600 N dopo 7 giorni di maturazione ed a 1800 N dopo 28 giorni; la media deve essere maggiore od uguale a 1500 N;

g) i criteri di accettazione sono quelli sopra riportati. In caso di contestazione si farà riferimento alle norme UNI 8626 e UNI 8635.

I prodotti devono essere forniti su appositi pallet legati e protetti da azioni meccaniche, chimiche e sporco che possano degradarli nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Lastre di fibro-cemento

Le lastre di fibro-cemento possono essere dei tipi seguenti:

- lastre piane a base di fibro-cemento e silico-calcare, fibro-cemento, cellulosa, fibro-cemento/silico calcare rinforzati (vedere Norma UNI 8626, parzialmente modificata da UNI EN 492);
- lastre ondulate a base di fibro-cemento, aventi sezione trasversale formata da ondulazioni approssimativamente sinusoidali, con sezione traslata lungo un piano o lungo un arco di cerchio (vedere Norma UNI 8626);
- lastre nervate a base di fibro-cemento, aventi sezione trasversale grecata o caratterizzata da tratti piani e tratti sagomati (vedere Norma UNI 8626, parzialmente modificata da UNI EN 494).

I criteri di controllo sono quelli indicati per le tegole e i coppi di laterizio.

Le lastre piane devono rispondere alle caratteristiche indicate nel progetto esecutivo ed, in mancanza e/o ad

integrazione, alle seguenti:

a) larghezza 1200 mm, lunghezza scelta tra 1200, 2500 o 5000 mm con tolleranza 0,4% e massimo

5 mm;

b) spessori {indicare lo spessore in mm} mm (scelto tra le sezioni normate) con tolleranza 0,5% fino a 5 mm e

10% fino a 25 mm;

c) rettilineità dei bordi scostamento massimo 2 mm per metro, ortogonalità 3 mm per metro;

d) caratteristiche meccaniche (resistenza a flessione):

tipo 1: 13 N/mm² minimo con sollecitazione lungo le fibre e 15 N/mm² minimo con sollecitazione perpendicolare alle fibre;

tipo 2: 20 N/mm² minimo con sollecitazione lungo le fibre e 16 N/mm² minimo con sollecitazione perpendicolare alle fibre;

e) massa volumica apparente:

tipo 1: 1,3 g/cm³ minimo; tipo 2: 1,7 g/cm³ minimo;

f) tenuta all'acqua con formazione di macchie di umidità sulle facce inferiori dopo 24 ore sotto battente d'acqua, ma senza formazione di gocce d'acqua;

g) resistenza alla temperatura di 120 °C per 2 ore con decadimento della resistenza a flessione non maggiore del 10%.

Le lastre ondulate e le lastre nervate devono rispondere alle caratteristiche indicate nel progetto ed, in mancanza

o ad integrazione, alle seguenti:

a) facce destinate all'esposizione alle intemperie: lisce, bordi diritti, taglio netto e ben squadrato ed entro i limiti di tolleranza;

b) caratteristiche dimensionali e tolleranze di forma secondo quanto dichiarato dal fabbricante ed accettato dalla Direzione dei lavori;

c) tenuta all'acqua;

d) resistenza a flessione, secondo i valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori;

e) resistenza al gelo, dopo 25 cicli in acqua a temperatura di 20 °C seguiti da permanenza in frigo a -20 °C, non devono presentare fessurazioni, cavillature o degradazione;

f) la massa volumica non deve essere minore di 1,4 kg/dm³.

Gli accessori devono rispondere alle prescrizioni sopradette per quanto attiene l'aspetto, le caratteristiche dimensionali e di forma, la tenuta all'acqua e la resistenza al gelo.

Lastre di materia plastica

Le lastre di materia plastica rinforzata o non rinforzata si intendono definite e classificate secondo le norme UNI vigenti. I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto e, in mancanza e/o completamente, alle seguenti prescrizioni:

a) le lastre profilate traslucide di materia plastica per coperture a parete singola, indipendentemente dal materiale usato e dal tipo di edificio, devono rispondere alla norma UNI EN 1013/1. I requisiti dei materiali sono definiti nelle parti specifiche della norma e così pure i metodi di prova (questi ultimi in particolare sono descritti nella UNI EN 1013/3).

b) le lastre di polistirene devono essere conformi alla norma UNI 7073;

c) le lastre di polimetilmetacrilato devono essere conformi alle norme UNI EN ISO 7823/1 (se colate) e 7074/2 (se estruse-calandrate);

d) i criteri di accettazione sono quelli sopra riportati.

Lastre di metallo

Le lastre di metallo ed i loro pezzi speciali si intendono denominati secondo la usuale terminologia commerciale e, dal punto di vista descrittivo, classificati così come nella norma UNI 9029. Essi dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto e, in mancanza e/o a complemento, alle seguenti caratteristiche:

a) i prodotti completamente supportati: tolleranze rispetto alle dimensioni e allo spessore {indicare le tolleranze

rispetto alle dimensioni e allo spessore}, resistenza al punzonamento {indicare la resistenza al punzonamento},
resistenza al piegamento a 360°; resistenza alla corrosione; resistenza a trazione {indicare la resistenza al
piegamento a 360°, la resistenza alla corrosione, la resistenza a trazione} N/mm².
Le caratteristiche predette saranno quelle riferite al prodotto in lamina prima della lavorazione. Gli
effetti estetici e
i difetti saranno valutati in relazione alla collocazione dell'edificio;
b) i prodotti auto-portanti (compresi i pannelli, le lastre grecate, ecc.), oltre a rispondere alle
prescrizioni predette,
dovranno soddisfare la resistenza a flessione secondo i carichi di progetto e la distanza tra gli
appoggi.
I criteri di accettazione sono quelli sopra riportati. In caso di contestazione si fa riferimento alle
norme UNI vigenti
(nel caso siano in lamiera di zinco non auto-portante alla norma UNI EN 501).
La fornitura dovrà essere accompagnata da foglio informativo riportante il nome del fornitore e la
rispondenza alle
caratteristiche richieste.

Tegole bituminose

Le tegole bituminose dovranno rispondere alle caratteristiche di resistenza a flessione, resistenza
all'urto, resistenza al gelo e disgelo, comportamento agli aggressivi inquinanti entro i limiti
prescritti dal progetto esecutivo
o dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei Lavori, con riferimento a quanto riportato
in merito alle
tolleranze ammesse nella norma UNI 8626.

Le specifiche delle tegole bituminose con supporti minerali e sintetici sono riportate nella norma
UNI EN 544.

I criteri di accettazione sono quelli sopra riportati. La fornitura dovrà essere accompagnata da foglio
informativo
riportante il nome del fornitore e la corrispondenza alle caratteristiche richieste.

Prodotti di pietra e di ardesia

I prodotti di pietra e di ardesia dovranno rispondere alle caratteristiche di resistenza a flessione,
resistenza all'urto, resistenza al gelo e disgelo, comportamento agli aggressivi inquinanti entro i
limiti prescritti dal progetto esecutivo o dichiarati dal fornitore ed accettati dalla Direzione dei
Lavori, con riferimento a quanto riportato in merito alle tolleranze ammesse nella norma UNI 8626.
I criteri di accettazione sono quelli sopra riportati. La fornitura dovrà essere accompagnata da foglio
informativo riportante il nome del fornitore e la corrispondenza alle caratteristiche richieste.

CAPO 1.2

MODALITA' DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

Art. 1.2.1 - DEMOLIZIONI

Interventi preliminari

L'appaltatore prima dell'inizio delle demolizioni deve assicurarsi dell'interruzione degli
approvvigionamenti idrici,
gas, allacci di fognature; dell'accertamento e successiva eliminazione di elementi in amianto in

conformità alle prescrizioni del D.M. 6 settembre 1994 recante «Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto».

Ai fini pratici, i materiali contenenti amianto presenti negli edifici possono essere divisi in tre grandi categorie:

- materiali che rivestono superfici applicati a spruzzo o a cazzuola;
- rivestimenti isolanti di tubi e caldaie;
- una miscellanea di altri materiali comprendente, in particolare, pannelli ad alta densità (cemento-amianto), pannelli a bassa densità (cartoni) e prodotti tessili. I materiali in cemento-amianto, soprattutto sotto forma di lastre di copertura, sono quelli maggiormente diffusi.

Sbarramento della zona di demolizione

Nella zona sottostante la demolizione deve essere vietata la sosta ed il transito di persone e mezzi, delimitando la

zona stessa con appositi sbarramenti.

L'accesso allo sbocco dei canali di scarico per il caricamento ed il trasporto del materiale accumulato deve essere

consentito soltanto dopo che sia stato sospeso lo scarico dall'alto.

Idoneità delle opere provvisionali

Le opere provvisionali, in legno o in ferro, devono essere allestite sulla base di giustificati calcoli di resistenza;

esse devono essere conservate in efficienza per l'intera durata del lavoro, secondo le prescrizioni specifiche del piano di sicurezza.

Prima di reimpiegare elementi di ponteggi di qualsiasi tipo si deve provvedere alla loro revisione per eliminare le parti non ritenute più idonee.

In particolare per gli elementi metallici devono essere sottoposti a controllo della resistenza meccanica e della

preservazione alla ruggine degli elementi soggetti ad usura come ad esempio: giunti, spinotti, bulloni, lastre, cerniere, ecc.

Il coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o il Direttore dei Lavori potrà ordinare l'esecuzione di prove per

verificare la resistenza degli elementi strutturali provvisionali impiegati dall'appaltatore.

Prima dell'inizio di lavori di demolizione è fatto obbligo di procedere alla verifica delle condizioni di conservazione

e di stabilità delle strutture da demolire e dell'eventuale influenza su strutture limitrofe.

In relazione al risultato di tale verifica devono essere eseguite le opere di rafforzamento e di puntellamento

necessarie ad evitare che, durante la demolizione, si possano verificare crolli intempestivi o danni anche a

strutture di edifici confinanti o adiacenti.

Ordine delle demolizioni. Programma di demolizione

I lavori di demolizione come stabilito, dall'art. 72 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, devono procedere con cautela e con ordine dall'alto verso il basso ovvero secondo le indicazioni del piano operativo di sicurezza e devono essere condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento e di quegli eventuali edifici adiacenti, ricorrendo, ove occorra, al loro preventivo puntellamento. La successione dei lavori, quando si tratti di importanti ed estese demolizioni, deve risultare da apposito programma il quale deve essere firmato dall'appaltatore, dal

coordinatore per l'esecuzione dei lavori e dal Direttore dei Lavori e deve essere tenuto a disposizione degli ispettori del lavoro.

Allontanamento e /o deposito delle materie di risulta

Il materiale di risulta ritenuto inutilizzabile dal Direttore dei Lavori per la formazione di rilevati o rinterri, deve

essere allontanato dal cantiere per essere portato a rifiuto presso pubblica discarica od altra discarica autorizzata;

diversamente l'appaltatore potrà trasportare a sue spese il materiale di risulta presso proprie aree.

Il materiale proveniente dagli scavi che dovrà essere riutilizzato dovrà essere depositato entro l'ambito del

cantiere, o sulle aree precedentemente indicate ovvero in zone tali da non costituire intralcio al movimento di

uomini e mezzi durante l'esecuzione dei lavori.

Proprietà degli oggetti ritrovati

La stazione appaltante, salvi i diritti che spettano allo Stato a termini di legge, si riserva la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte o l'archeologia o

l'etnologia, compresi i relativi frammenti, che si rinverranno nei fondi occupati per l'esecuzione dei lavori e per i rispettivi cantieri e nella sede dei lavori stessi. L'appaltatore dovrà pertanto

consegnarli alla stazione appaltante, che gli rimborserà le spese incontrate per la loro conservazione e per le speciali operazioni che fossero state espressamente ordinate al fine di assicurarne

l'incolumità ed il diligente recupero. Qualora l'appaltatore, nella esecuzione dei lavori, scopra ruderi monumentali, deve darne subito notizia al Direttore dei Lavori e non può demolirli né alterarli in

qualsiasi modo senza il preventivo permesso del direttore stesso. L'appaltatore deve denunciare immediatamente alle forze di pubblica sicurezza il rinvenimento di sepolcri, tombe, cadaveri e

scheletri umani, ancorché attinenti pratiche funerarie antiche, nonché il rinvenimento di cose, consacrate o meno, che formino o abbiano formato oggetto di culto religioso o siano destinate

all'esercizio del culto o formino oggetto della pietà verso i defunti. L'appaltatore dovrà altresì darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori, che potrà ordinare adeguate azioni per una

temporanea e migliore conservazione, segnalando eventuali danneggiamenti all'autorità giudiziaria.

Proprietà dei materiali da demolizione

I materiali provenienti da scavi o demolizioni restano in proprietà della stazione appaltante; quando, a giudizio della Direzione dei Lavori, possano essere reimpiegati, l'appaltatore deve trasportarli e

regolarmente accatastarli per categorie nei luoghi stabiliti dalla direzione stessa, essendo di ciò compensato con gli appositi prezzi di elenco. Qualora in particolare i detti materiali possano essere

usati nei lavori oggetto del presente capitolato speciale d'appalto, l'appaltatore avrà l'obbligo di accettarli; in tal caso verrà ad essi attribuito un prezzo pari al 50% del corrispondente prezzo

dell'elenco contrattuale; i relativi importi devono essere dedotti dall'importo netto dei lavori, restando a carico dell'appaltatore le spese di trasporto, accatastamento, cernita, lavaggio ecc.

Demolizione per rovesciamento

Salvo l'osservanza delle leggi e dei regolamenti speciali e locali, la demolizione di parti di strutture aventi altezza sul terreno non superiore a 5,00 m può essere effettuata mediante rovesciamento per

trazione o per spinta. La trazione o la spinta deve essere esercitata in modo graduale e senza strappi e deve essere eseguita soltanto su elementi di struttura opportunamente isolati dal resto del

fabbricato in demolizione in modo da non determinare crolli intempestivi o non previsti di altre parti. Devono inoltre essere adottate le precauzioni necessarie per la sicurezza del lavoro quali:

trazione da distanza non minore di una volta e mezzo l'altezza del muro o della struttura da abbattere e allontanamento degli operai dalla zona interessata. Si può procedere allo scalzamento

dell'opera da abbattere per facilitarne la caduta soltanto quando essa sia stata adeguatamente puntellata; la successiva rimozione dei puntelli deve essere eseguita a distanza a mezzo di funi. Il

rovesciamento per spinta può essere effettuato con martinetti solo per opere di altezza non superiore a 3 m, con l'ausilio di puntelli sussidiari contro il ritorno degli elementi smossi. Deve essere evitato

in ogni caso che per lo scuotimento del terreno in seguito alla caduta delle strutture o di grossi

blocchi possano derivare danni o lesioni agli edifici vicini o ad opere adiacenti o risultare pericolosi per i lavoratori addettivi.

Art. 1.2.2 - SCAVI E SBANCAMENTI IN GENERE

Ricognizione

L'appaltatore prima di eseguire gli scavi o gli sbancamenti previsti deve verificare la presenza di eventuali scavi precedenti, tubazioni di acqua, gas e fognature, cavi elettrici e telefonici, cavità sotterranee, ecc., eventualmente non indicati (o erroneamente indicati) negli elaborati progettuali esecutivi, in modo da potere impiegare i mezzi idonei per l'esecuzione dei lavori in appalto. Il cantiere dovrà essere delimitato da recinzione in rete metallica fissata con paletti di ferro o legno, infissi nel terreno o in plinti in calcestruzzo.

Viabilità nei cantieri

Durante i lavori deve essere assicurata nei cantieri la viabilità delle persone e dei veicoli.

Le rampe di accesso al fondo degli scavi di splateamento o di sbancamento devono avere una carreggiata solida,

atta a resistere al transito dei mezzi di trasporto di cui è previsto l'impiego, ed una pendenza adeguata alla

possibilità dei mezzi stessi.

La larghezza delle rampe deve essere tale da consentire un franco di almeno 70 cm, oltre la sagoma di ingombro

del veicolo. Qualora nei tratti lunghi il franco sia limitato ad un solo lato, devono essere realizzate piazzuole o

nicchie di rifugio ad intervalli non superiori a 20,00 m lungo l'altro lato.

I viottoli e le scale con gradini ricavati nel terreno o nella roccia devono essere provvisti di parapetto nei tratti

prospicienti il vuoto quando il dislivello superi i 2,00 m.

Le alzate dei gradini ricavati in terreno friabile devono essere sostenute, ove occorra, con tavole e paletti robusti.

Alle vie di accesso ed ai punti pericolosi non proteggibili devono essere apposte segnalazioni opportune e devono

essere adottate le precauzioni necessarie per evitare la caduta di gravi dal terreno a monte dei posti di lavoro.

Splateamento e sbancamento

Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco, secondo le prescrizioni dell'art. 12 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, devono avere un'inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti.

Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di 1,50 m è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve provvedersi all'armatura o al consolidamento del terreno.

Nei lavori di scavo eseguiti con mezzi meccanici deve essere vietata la presenza degli operai nel campo di azione dell'escavatore e sul ciglio del fronte di attacco. Il posto di manovra dell'addetto all'escavatore, quando questo non sia munito di cabina metallica, deve essere protetto con solido riparo. Ai lavoratori deve essere fatto esplicito divieto di avvicinarsi alla base della parete di attacco e, in quanto necessario in relazione all'altezza dello scavo o alle condizioni di accessibilità del ciglio della platea superiore, la zona superiore di pericolo deve essere almeno delimitata mediante opportune segnalazioni spostabili col proseguire dello scavo.

Scavo a sezione obbligatoria: pozzi, scavi e cunicoli

Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 1,50 m, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, secondo le prescrizioni dell'art. 13 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno. Le tavole di rivestimento

delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi almeno 30 cm rispetto al livello del terreno o stradale. Nello scavo dei cunicoli, salvo che si tratti di roccia che non presenti pericolo di distacchi, devono predisporre idonee armature per evitare franamenti della volta e delle pareti. Dette armature devono essere applicate man mano che procede il lavoro di avanzamento; la loro rimozione può essere effettuata in relazione al progredire del rivestimento in muratura. Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano edifici o manufatti, le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi. Nell'infissione di pali di fondazione devono essere adottate misure e precauzioni per evitare che gli scuotimenti del terreno producano lesioni o danni alle opere vicine, con pericolo per i lavoratori. Nei lavori in pozzi di fondazione profondi oltre 3,00 m deve essere disposto, a protezione degli operai addetti allo scavo ed all'esportazione del materiale scavato, un robusto impalcato con apertura per il passaggio della benna.

Scavi in presenza d'acqua. Prosciugamento

Si ritengono scavi subacquei quelli eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto un livello costante determinato da acque sorgive nelle cavità di fondazione, sia dopo un parziale prosciugamento con pompe, sia dopo la predisposizione di canali di drenaggio. Se l'appaltatore, in caso di acque sorgive o filtrazioni, non potesse far defluire l'acqua naturalmente, è in facoltà della Direzione dei Lavori di ordinare, secondo i casi e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento. Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la Direzione dei Lavori ordinasse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi saranno eseguiti in economia, e l'appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari. I sistemi di prosciugamento del fondo adottati dall'appaltatore devono essere accettati dalla Direzione dei Lavori, specialmente durante l'esecuzione di strutture in muratura o in c.a. al fine di prevenire il dilavamento delle malte.

Impiego di esplosivi

L'uso di esplosivi per l'esecuzione di scavi è vietato.

Deposito di materiali in prossimità degli scavi

È vietato, secondo le prescrizioni dell'art. 14 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, costituire depositi di materiali

presso il ciglio degli scavi, soprattutto se privi delle necessarie armature, in quanto il materiale accumulato può

esercitare pressioni tali da provocare frane.

Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.

Presenza di gas negli scavi

Quando si eseguono lavori entro pozzi, fogne, cunicoli, camini e fosse in genere, come stabilisce l'art. 15 del

D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164, devono essere adottate idonee misure di sicurezza contro i pericoli derivanti dalla presenza di gas o vapori tossici, asfissianti, infiammabili o esplosivi, specie in rapporto alla natura geologica del terreno o alla vicinanza di fabbriche, depositi, raffinerie, stazioni di compressione e di decompressione, metanodotti e condutture di gas, che possono dar luogo ad infiltrazione di sostanze pericolose. Quando sia accertata o sia da temere la presenza di gas tossici, asfissianti o l'irrespirabilità dell'aria ambiente e non sia possibile assicurare un'efficiente aerazione ed una completa bonifica, i lavoratori devono essere provvisti di apparecchi respiratori, ed essere muniti di cintura di sicurezza con bretelle passanti sotto le ascelle collegate a funi di salvataggio, le quali devono essere tenute all'esterno dal personale addetto alla sorveglianza. Questo deve mantenersi in continuo collegamento con gli operai all'interno ed essere in grado di sollevare prontamente all'esterno il lavoratore colpito dai gas. Possono essere adoperate le maschere respiratorie, in luogo di autorespiratori, solo quando, accertate la natura e la concentrazione dei gas o vapori nocivi o asfissianti, esse offrano garanzia di sicurezza e sempreché sia assicurata

un'efficace e continua aerazione.

Quando è stata accertata la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve provvedersi alla bonifica dell'ambiente mediante idonea ventilazione; deve inoltre vietarsi, anche dopo la bonifica, se siano da temere emanazioni di gas pericolosi, l'uso di apparecchi a fiamma, di corpi incandescenti e di apparecchi comunque suscettibili di provocare fiamme o surriscaldamenti atti ad incendiare il gas. Nei casi sopra previsti i lavoratori devono operare in abbinamento nell'esecuzione dei lavori.

Sistemazione di strade, accessi e ripristino passaggi

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la sistemazione delle strade e dei collegamenti esterni ed interni, la collocazione, ove necessario di ponticelli, andatoie, rampe, scalette di adeguata portanza e sicurezza. Prima di dare inizio ai lavori di sistemazione, varianti, allargamenti ed attraversamenti di strade esistenti, l'impresa è tenuta ad informarsi se eventualmente nelle zone nelle quali ricadono i lavori stessi esistono cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, gasdotti, fognature). In caso affermativo l'impresa dovrà comunicare agli Enti proprietari di dette opere (Enel, Telecom, P.T., Comuni, Consorzi, Società, etc.) la data presumibile dell'esecuzione dei lavori nelle zone interessate, chiedendo altresì tutti quei dati (ubicazione, profondità, etc.) necessari al fine di eseguire tutti i lavori con quelle cautele opportune per evitare danni alle opere suaccennate. Il maggior onere al quale l'impresa dovrà sottostare per l'esecuzione dei lavori in dette condizioni si intende compreso e compensato con i prezzi di elenco. Qualora, nonostante le cautele usate, si dovessero manifestare danni ai cavi o alle condotte, l'impresa dovrà procedere a darne immediato avviso mediante telegramma sia agli enti proprietari delle strade che agli enti proprietari delle opere danneggiate oltre che, naturalmente, alla Direzione dei Lavori. Rimane stabilito ben fissato che nei confronti dei proprietari delle opere danneggiate l'unica responsabile rimane l'Impresa, restando del tutto estranea l'amministrazione e la Direzione dei Lavori da qualsiasi vertenza, sia essa civile che penale. Fanno comunque carico all'amministrazione gli oneri relativi a spostamenti temporanee e/o definitivi dei cavi o condotte che si rendessero necessari.

Smacchiamento dell'area

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per lo smacchiamento generale della zona interessata dai lavori, ivi incluso il taglio di alberi, siepi e l'estirpazione di eventuali ceppaie.

Allontanamento delle acque superficiali o di infiltrazione

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per l'esaurimento delle acque superficiali o di infiltrazione concorrenti nei cavi e l'esecuzione di opere provvisorie per lo scolo e la deviazione preventiva di esse dalle sedi stradali o dal cantiere, in generale.

Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi

L'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi non può iniziare l'esecuzione delle strutture di fondazione, prima che la Direzione dei Lavori abbia verificato la rispondenza geometrica degli scavi o sbancamenti alle prescrizioni del progetto esecutivo e l'eventuale successiva verifica geologica e geotecnica del terreno di fondazione.

Riparazione di sottoservizi

L'appaltatore ha l'obbligo e l'onere di riparare o provvedere al pagamento delle spese di riparazione alle aziende erogatrici di eventuali sottoservizi (allacci fognari, tubazione di adduzione acqua, gas, ecc.) danneggiati con o senza incuria dall'impresa durante gli scavi e demolizioni e certificati dalla Direzione dei Lavori.

Art. 21.2.3 - RILEVATI E RINTERRI

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le murature o le strutture di fondazione, o da addossare alle murature o alle strutture di fondazione, e fino alle quote prescritte dagli elaborati progettuali o dalla Direzione dei Lavori, si impiegheranno in generale, e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti per quel cantiere, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della Direzione dei Lavori, per la formazione dei rilevati.

Quando venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si preleveranno le materie occorrenti ovunque l'appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti

idonei dalla Direzione dei Lavori. Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature o alle strutture di fondazione, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte. Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza non superiori a 30 cm, disponendo contemporaneamente le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le strutture portanti su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito. Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi non dovranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese poi al momento della formazione dei suddetti rinterri. È vietato di addossare terrapieni a murature o strutture in c.a. di recente realizzazione e delle quali si riconosca il non completato il processo di maturazione. Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo, saranno a completo carico dell'appaltatore. È obbligo dell'appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

Art. 1.2.4 - OPERE E STRUTTURE DI MURATURA

Criteria generali per l'esecuzione

I mattoni, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione. Essi dovranno mettersi in opera con i giunti alternati ed in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rifluisca all'ingiro e riempia tutte le connessure. I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura col ferro. Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente collegate con la parte interna. I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, debbono essere sospesi nei periodi di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga, per molte ore, al disotto di zero gradi centigradi. Sulle aperture di vani di porte e finestre devono essere collocati degli architravi (cemento armato, acciaio). La costruzione delle murature dovrà iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento fra le varie parti di esse, evitando nel corso dei lavori la formazione di strutture eccessivamente emergenti dal resto della costruzione. La muratura procederà per filari rettilinei, con piani di posa normali alle superficie viste o come altrimenti venisse prescritto. All'innesto con muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato. Sui muri delle costruzioni, nel punto di passaggio fra le fondazioni entro terra e la parte fuori terra, la guaina di impermeabilizzazione sarà rialzata e bloccata superiormente di almeno 20 cm. I muri controterra delimitanti vani interni al fabbricato (inclusi i sottopassi) saranno interamente rivestiti con manto impermeabile costituito da due guaine e da una membrana di polietilene estruso ad alta densità come meglio nel seguito specificato.

Murature di mattoni e di blocchi cavi di cls a faccia vista

Le murature di mattoni e di blocchi cavi di cls a faccia vista dovranno essere messe in opera con le connessure alternate in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta, stesa con apposita cazzuola sui giunti verticali e orizzontali, premuti sopra di esso in modo che la malta rifluisca all'ingiro e riempia tutte le connessure. Il letto di posa del primo ricorso così come quello dell'ultimo in sommità della parete, dovrà essere eseguito con "malta bastarda". Almeno ogni quattro ricorsi dovrà essere controllata la planarità per eliminare eventuali asperità. La larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di mm 8 né minore di mm 5 (con variazioni in relazione alle malte impiegate).

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggior presa all'intonaco od alla stuccatura con il ferro rotondo. Le malte da impiegarsi per l'esecuzione di questa muratura dovranno

essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra i mattoni riescano maggiori del limite di tolleranza fissato. Le murature di rivestimento saranno realizzate a corsi ben allineati e dovranno essere opportunamente ammorsate con la parete interna. Nella realizzazione della muratura di laterizi "a faccia vista" si dovrà avere cura di scegliere, per le facce esterne, i mattoni di miglior cottura, meglio formati e di colore più uniforme possibile, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessure orizzontali, alternando con precisione i giunti verticali. In questo genere di paramento saranno utilizzate malte a base di inerti silicei a granulometria controllata, leganti idraulici e additivi nobilitanti ed aventi specifiche caratteristiche quali uniformità di colore, lavorabilità, minimo ritiro, idrorepellenza, assenza di efflorescenze, granulometria compresa fra 0 e 3 mm. Le connessure non dovranno avere spessore maggiore di mm 5 e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica o di cemento, diligentemente compresse con apposito ferro, senza sbavature. Le pareti di una o due teste e quelle in foglio verranno eseguite con mattoni scelti, esclusi i rottami, i laterizi incompleti e quelli che presentino spigoli rotti. Tutte le pareti suddette saranno eseguite con le migliori regole d'arte, a corsi orizzontali e a perfetto filo, per evitare la necessità di impiego di malta per l'intonaco in forti spessori. Nelle pareti in foglio saranno introdotte, in fase di costruzione, intelaiature in legno o lamiera zincata attorno ai vani delle porte con lo scopo di fissare i serramenti al telaio stesso anziché alla parete e per il loro consolidamento quando esse non arrivino fino ad un'altra parete o al soffitto. Quando una parete deve eseguirsi fin sotto al soffitto, la chiusura dell'ultimo corso sarà ben serrata, se occorre, dopo congruo tempo, con scaglie e cemento.

Murature a cassa vuota

La tamponatura esterna del tipo a cassa vuota sarà costituita da doppia parete con interposta camera d'aria in

modo da avere uno spessore complessivo di 35 cm.

La doppia parete sarà dotata di collegamenti trasversali.

La parete esterna potrà essere eseguita con:

- mattoni pieni o semipieni posti ad una testa;
- blocchi di cls vibrocompresso;
- mattoni forati a 6 fori posti in foglio.

Sulla faccia interna della parete esterna sarà eseguita una arriccatura fratazzata con malta di calce idrata e

pozzolana con l'aggiunta di cemento di tipo 325, sulla quale sarà posta, se richiesto, la coibentazione.

La parete interna potrà essere eseguita in:

- mattoni forati di spessore vario non inferiore a 5 cm;
- blocchi di cls vibrocompresso di spessore non inferiore a 8-10 cm.

Particolare cura dovrà essere tenuta nella formazione di mazzette, stipiti, sguinci e parapetti.

Facce a vista delle murature di pietrame

Per le facce a vista delle murature di pietrame, secondo gli ordini della Direzione dei Lavori, potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- con pietra rasa e teste scoperte (ad opera incerta);
- a mosaico grezzo;
- con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;
- con pietra squadrata a corsi regolari.

Nel paramento con «pietra rasa e teste scoperte» (ad opera incerta) il pietrame dovrà essere scelto diligentemente fra il migliore e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana; le pareti esterne dei muri dovranno risultare bene allineate e non presentare

rientranze o sporgenze maggiori di 25 mm.

Nel paramento a «mosaico grezzo» la faccia vista dei singoli pezzi dovrà essere ridotta col martello e la grossa

punta a superficie perfettamente piana ed a figura poligonale, ed i singoli pezzi dovranno

combaciare fra loro

regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a «corsi pressoché regolari» il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadri, sia col

martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro e quelle di combaciamento normali a

quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e

potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate rientranze o sporgenze non maggiori di 15 mm.

Nel paramento a «corsi regolari» i conci dovranno essere perfettamente piani e squadri, con la faccia vista rettangolare, lavorati a grana ordinaria, essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero eguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra due corsi successivi non maggiore di 5 cm. La Direzione dei lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari di paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza con quelli della pietra da taglio.

Per tutti i tipi di paramento le pietre dovranno mettersi in opera alternativamente di punta in modo da assicurare il collegamento col nucleo interno della muratura. In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere, e da qualunque altra materia estranea, lavandole con acqua abbondante e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Spessore minimo dei muri

A norma del D.M. 14 gennaio 2008, lo spessore minimo dei muri, per realizzazione in zona sismica non può essere inferiore ai valori di cui alla tabella seguente.

Spessore dei muri (D.M. 14 gennaio 2008)

Tipo di muratura	Spessore minimo cm
a) muratura in elementi resistenti artificiali pieni	12
b) muratura in elementi resistenti artificiali semipieni	20
c) muratura in elementi resistenti artificiali forati	25
d) muratura di pietra squadrata	24
e) muratura listata	40

Cordoli di piano

Per garantire un comportamento scatolare, muri ed orizzontamenti devono essere opportunamente collegati fra loro. Tutti i muri devono essere collegati al livello dei solai mediante cordoli di calcestruzzo armato e, tra di loro, mediante ammorsamenti lungo le intersezioni verticali. Devono inoltre essere previsti opportuni incatenamenti al livello dei solai, aventi lo scopo di collegare i muri paralleli della scatola muraria. Tali incatenamenti devono essere realizzati per mezzo di armature metalliche, le cui estremità efficacemente ancorate ai cordoli. Nella direzione di tessitura del solaio possono essere omessi gli incatenamenti quando il collegamento è assicurato dal solaio stesso. Si possono adottare opportuni accorgimenti per il collegamento in direzione normale alla tessitura dei solai che sostituiscano efficacemente gli incatenamenti costituiti da tiranti estranei ai solai stessi.

Cordoli di collegamento fra la fondazione e la struttura in elevazione

Il collegamento fra la fondazione e la struttura in elevazione è di norma realizzato mediante cordolo in calcestruzzo armato disposto alla base di tutte le murature verticali resistenti, di spessore pari almeno a quello della muratura della prima elevazione e di altezza non inferiore alla metà di detto

spessore. È possibile realizzare la prima elevazione con pareti di calcestruzzo armato; in tal caso la disposizione delle fondazioni e delle murature sovrastanti deve essere tale da garantire un adeguato centraggio dei carichi trasmessi alle pareti della prima elevazione ed alla fondazione.

Muratura armata

Si intende per muratura armata quella costituita da elementi artificiali semipieni con fori verticali coassiali tali da consentire l'inserimento di armature verticali. Armature orizzontali possono essere disposte nei ricorsi di malta fra gli elementi di muratura. La malta od il conglomerato di riempimento dei vani od alloggi delle armature deve avere $R_{ck} = 15 \text{ N/mm}^2$ e deve avvolgere completamente l'armatura. Lo spessore di ricoprimento deve essere tale da garantire la trasmissione degli sforzi tra la muratura e l'armatura e costituire un idoneo copriferro ai fini della durabilità degli acciai. Quanto sopra è essenziale ai fini della collaborazione laterizio-armatura.

Dettagli costruttivi

Le barre di armatura devono essere esclusivamente del tipo ad aderenza migliorata. La disposizione dell'armatura deve essere studiata in modo da assicurarne la massima protezione nei confronti degli agenti corrosivi esterni; in ogni caso le distanze tra la superficie esterna di ciascuna barra e le superfici esterne del muro che la contiene devono essere non inferiori a 5 cm. La conformazione degli elementi resistenti e la disposizione delle barre devono essere tali da permettere la realizzazione dello sfalsamento dei giunti verticali tra i blocchi, sia nel piano del muro che nel suo spessore.

-Armature in corrispondenza delle aperture Lungo i bordi orizzontali delle aperture si deve disporre armatura la cui sezione trasversale complessiva deve essere quella richiesta dalle verifiche di sicurezza. Tale armatura deve essere prolungata ai lati dell'apertura per almeno 60 diametri.

-Armature verticali L'armatura verticale deve essere disposta in corrispondenza degli innesti, degli incroci e dei bordi liberi dei pannelli murari; la sezione trasversale complessiva deve essere quella richiesta dall'analisi delle sollecitazioni. Altra armatura verticale, di sezione uguale a quella disposta alle estremità, si deve disporre nel corpo delle pareti, in modo da non eccedere l'interasse di 5 m. Tutte le armature verticali devono essere estese all'intera altezza del pannello murario; nel caso in cui si abbia continuità verticale tra più pannelli, le corrispondenti armature devono essere collegate tra loro con le modalità nel seguito precisate. Le armature che non proseguono oltre il cordolo devono essere a questo ancorate. Le armature verticali devono essere alloggiare in vani di forma tale che in ciascuno di essi risulti inscrivibile un cilindro di almeno 6 cm di diametro. Di detti vani deve essere assicurato l'efficace e completo riempimento con malta o conglomerato cementizio. Le sovrapposizioni devono garantire la continuità nella trasmissione degli sforzi di trazione, in modo che al crescere del carico lo snervamento dell'acciaio abbia luogo prima che venga meno il contenimento esercitato dagli elementi. In mancanza di dati sperimentali relativi agli elementi impiegati, o per fori in cui il diametro del cilindro inscrivibile sia superiore a 10 cm, le barre devono essere connesse per mezzo di idonei dispositivi meccanici, ovvero circondate da idonea staffatura per tutta la lunghezza della sovrapposizione, che deve essere assunta almeno pari a 60 diametri.

-Armature orizzontali In corrispondenza dei solai vanno disposti cordoli in calcestruzzo armato. Nei cordoli deve essere alloggiata l'armatura concentrata alle estremità orizzontali dei pannelli. Altra armatura orizzontale, che costituisce incatenamento, di sezione non inferiore a 4 cm^2 , deve essere disposta nel corpo delle pareti, in modo da non eccedere l'interasse di m 4. Tale armatura deve essere alloggiata all'interno di vani di dimensioni tali da permetterne il completo ricoprimento con la stessa malta usata per la muratura. La lunghezza di sovrapposizione va assunta almeno pari a 60 diametri. Alle estremità dei muri le barre devono essere ripiegate nel muro ortogonale per una lunghezza pari ad almeno 30 diametri. Ulteriori armature orizzontali di diametro non inferiore a 5 mm devono essere disposte nel corpo della muratura a interassi non superiori a 60 cm, collegate mediante ripiegatura alle barre verticali presenti alle estremità del pannello murario.

-Armatura diffusa L'armatura diffusa deve essere costituita da barre orizzontali e verticali, di sezione non inferiore a $0,2 \text{ cm}^2$ ciascuna, disposte nelle pareti murarie ad interassi non superiori al doppio dello spessore di ciascuna parete, e collegate mediante ripiegatura alle barre rispettivamente

verticali e orizzontali presenti alle estremità del pannello murario. La sezione complessiva delle barre verticali non deve risultare inferiore allo 0,4 per mille del prodotto dello spessore della parete per la sua lunghezza; la sezione complessiva delle barre orizzontali non deve risultare inferiore allo 0,4 per mille del prodotto dello spessore della parete per la sua altezza.

Murature e riempimenti in pietrame a secco – Vespa

Murature in pietrame a secco

Le murature in pietrame a secco dovranno essere eseguite con pietre lavorate in modo da avere forma il più possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda, le pietre saranno collocate in opera in modo che si colleghino perfettamente fra loro, scegliendo per i paramenti quelle di maggiori dimensioni, non inferiori a 20 cm di lato, e le più adatte per il miglior combaciamento, onde supplire così colla accuratezza della costruzione alla mancanza di malta. Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali. Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire gli interstizi tra pietra e pietra. La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno in controriva o comunque isolati sarà sempre coronata da uno strato di muratura in malta di altezza non minore di 30 cm; a richiesta della Direzione dei Lavori vi si dovranno eseguire anche regolari fori di drenaggio, regolarmente disposti, anche su più ordini, per lo scolo delle acque.

-Riempimenti in pietrame a secco (per drenaggi, fognature, banchettoni di consolidamento e simili)

I riempimenti in pietrame a secco dovranno essere formati con pietrame da collocarsi in opera a mano su terreno ben costipato, al fine di evitare cedimenti per effetto dei carichi superiori. Per drenaggi o fognature si dovranno scegliere le pietre più grosse e regolari e possibilmente a forma di lastroni quelle da impiegare nella copertura dei sottostanti pozzetti o cunicoli; oppure infine negli strati inferiori il pietrame di maggiore dimensione, impiegando nell'ultimo strato superiore pietrame minuto, ghiaia o anche pietrisco per impedire alle terre sovrastanti di penetrare e scendere otturando così gli interstizi tra le pietre. Sull'ultimo strato di pietrisco si dovranno pigiare convenientemente le terre, con le quali dovrà completarsi il riempimento dei cavi aperti per la costruzione di fognature e drenaggi.

Vespai e intercapedini

Nei locali in genere i cui pavimenti verrebbero a trovarsi in contatto con il terreno naturale potranno essere ordinati vespai in pietrame o intercapedini in laterizio. In ogni caso il terreno di sostegno di tali opere dovrà essere debitamente spianato, bagnato e ben battuto per evitare qualsiasi cedimento. Per i vespai in pietrame si dovrà formare anzitutto in ciascun ambiente una rete di cunicoli di ventilazione, costituita da canaletti paralleli aventi interasse massimo di 1,50 m; essi dovranno correre anche lungo tutte le pareti ed essere comunicanti tra loro. Detti canali dovranno avere sezione non minore di 15 cm x 20 cm di altezza ed un sufficiente sbocco all'aperto, in modo da assicurare il ricambio dell'aria. Ricoperti tali canali con adatto pietrame di forma pianeggiante, si completerà il sottofondo riempiendo le zone rimaste fra cunicolo e cunicolo con pietrame in grossi scheggioni disposti coll'asse maggiore verticale ed in contrasto fra loro, intasando i grossi vuoti con scaglie di pietra e spargendo infine uno strato di ghiaietto di conveniente grossezza sino al piano prescritto. Le intercapedini, a sostituzione di vespai, potranno essere costituite da un piano di tavelloni murati in malta idraulica fina e poggianti su muretti in pietrame o mattoni, ovvero da voltine di mattoni, ecc.

Art. 1.2.5 - OPERE IN CALCESTRUZZO (CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO)

Calcestruzzo leggero strutturale

Si definisce calcestruzzo leggero strutturale, un conglomerato cementizio a struttura chiusa ottenuto sostituendo

tutto o in parte l'inerte ordinario con aggregato leggero artificiale, costituito da argilla o scisti espansi.

Questo calcestruzzo è caratterizzato da una massa volumica a 28 gg. compresa tra 1400 e 2000 kg/m³ ed una

resistenza caratteristica a compressione R_{ck} a 28 gg. non inferiore a 15 N/mm^2 .

La massa volumica del conglomerato viene misurata secondo le procedure indicate nella norma UNI 7548 - Parte

2°.

Per la determinazione di R_{ck} valgono le prescrizioni relative ai conglomerati ordinari.

Aggregato leggero

Si definisce massa volumica media dei granuli il rapporto tra la massa del materiale essiccato ed il suo volume,

delimitato dalla superficie dei granuli stessi. Il suo valore si può determinare con le procedure indicate nella norma

UNI 7549 - Parte 5°.

Si definisce massa volumica dell'aggregato leggero in mucchio (peso in mucchio) la massa di un volume unitario

di aggregato, comprendendo nella misura i vuoti dei granuli e fra i granuli. Il suo valore si può determinare con le

procedure indicate nella norma UNI 7549 - Parte 4°.

Per gli aggregati di argilla espansa, in via approssimata, la massa volumica media dei granuli può stimarsi

moltiplicando per 1,7 la massa volumica in mucchio.

-Caratteristiche dei granuli

Per granuli di argilla espansa e di scisti espansi si richiede:

-nel caso di argilla espansa: superficie a struttura prevalentemente chiusa, con esclusione di frazioni granulometriche ottenute per frantumazione successiva alla cottura;

- nel caso di scisti espansi: struttura non sfaldabile con esclusione di elementi frantumati come sopra indicato.

-Coefficiente di imbibizione

Il coefficiente di imbibizione dell'aggregato leggero è definito come la quantità di acqua che l'inerte leggero può

assorbire, in determinate condizioni, è espressa in per cento della sua massa.

Il suo valore si può determinare con le procedure indicate nella norma UNI 7549 Parte 6° (giugno 1976).

Il coefficiente di imbibizione determinato dopo 30 min. deve essere non maggiore del 10% per aggregati con

massa volumica in mucchio superiore a 500 kg/m^3 , e 15% per aggregati con massa volumica in mucchio non

superiore a 500 kg/m^3 .

Composizione del calcestruzzo

Il volume del calcestruzzo assestato è uguale alla somma dei volumi assoluti del cemento, degli aggregati, dell'acqua e dell'aria occlusa.

Si definisce volume assoluto di un componente il suo volume reale, escludendo i vuoti dei granuli e fra i granuli,

per i componenti solidi.

Si definisce indice di assestamento di un calcestruzzo leggero il valore determinato con le procedure indicate

nell'appendice B della norma UNI 7549 - Parte 12°.

-Acqua

L'acqua impiegata per l'impasto del calcestruzzo leggero deve essere costituita da:

- acqua efficace: quella contenuta nella pasta cementizia. Essa condiziona la lavorabilità e la resistenza del calcestruzzo leggero. A titolo orientativo, per un calcestruzzo di consistenza plastica, avente un indice di assestamento compreso tra 1,15 e 1,20 il dosaggio di acqua efficace risulta compreso fra 150 e 180 litri per metro cubo di calcestruzzo assestato;

- acqua assorbita: dell'aggregato leggero nel periodo di tempo tra miscelazione e posa in opera.

L'assorbimento dà luogo ad una perdita progressiva di lavorabilità dell'impasto. Si assume come valore dell'acqua assorbita quello pari all'assorbimento in peso a 30 min misurato secondo la UNI 7549-76. In mancanza di una determinazione diretta, tale assorbimento può essere valutato pari al 10% del peso dell'aggregato leggero presente nell'impasto. Il dosaggio dell'acqua risulta dalla somma dell'acqua efficace e dell'acqua assorbita. Da tale somma si deve detrarre l'acqua contenuta nella sabbia naturale ed il 40% dell'acqua presente come umidità nell'aggregato leggero. Quindi l'umidità presente nell'aggregato leggero deve essere determinata ai fini del calcolo del dosaggio dell'acqua di impasto. La prebagnatura degli aggregati leggeri non è necessaria se non in casi particolari.

-Aria occlusa

È misurata dai vuoti residui di assestamento dell'impasto ed ha un volume che può considerarsi mediamente

compreso tra il 2,5% ed il 3,5% del volume del calcestruzzo assestato.

La quantità di aria occlusa può essere aumentata a mezzo di additivi aeranti (vedi UNI 7103-72), comunque non

superando il 7% del volume del calcestruzzo assestato.

Confezione e posa del calcestruzzo

-Confezione

È opportuno eseguire una prova di miscelazione al fine di verificare l'idoneità dell'impasto previsto.

In condizioni normali, si consiglia di introdurre i componenti dell'impasto nel mescolatore in rotazione nel

seguito ordine:

- aggregato grosso;

- 2/3 dell'acqua totale prevista e, dopo un intervallo di circa 30" / 60":

- aggregato fine e cemento,

- 1/3 dell'acqua prevista, con eventuali additivi.

Il tempo di miscelazione, a partire dall'avvenuta introduzione di tutti i componenti, non deve risultare inferiore a un minuto primo, seppure sia consigliabile un tempo maggiore.

-Consistenza

Per disporre di sufficiente coesione ed evitare segregazioni, la consistenza dovrà essere «plastica» al momento della posa in opera, e cioè con un indice di assestamento compreso, nei casi ordinari, tra 1,10 e 1,20. La consistenza necessaria al momento del getto dovrà essere determinata, caso per caso, con prove preliminari.

-Posa e compattazione

I getti devono essere eseguiti a strati di spessore limitato per consentirne la vibrazione completa ed evitare il

fenomeno della segregazione.

La compattazione del calcestruzzo leggero va sempre realizzata con l'impiego di vibrazione, la cui entità deve

essere maggiore di quella corrispondente adottato per il calcestruzzo ordinario.

Proprietà del calcestruzzo indurito

Data la estrema variabilità delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo leggero in funzione della sua

composizione e del tipo di aggregato leggero utilizzato, la maggior parte delle caratteristiche necessarie ai fini dei

calcoli strutturali andranno definite per via sperimentale.

È obbligatorio quindi eseguire uno «studio preliminare di qualificazione» esteso alle grandezze di seguito indicate.

-Massa volumica

Si intende quella misurata a 28 giorni di stagionatura, determinata secondo la norma UNI 7548 - Parte 2°.

La massa del calcestruzzo armato, in mancanza di valutazioni specifiche, si potrà assumere incrementando di 100 kg/m^3 la massa misurata del calcestruzzo.

-Resistenza caratteristica a compressione

La resistenza caratteristica a compressione va controllata come per il calcestruzzo normale secondo i criteri di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

-Resistenza a trazione

Va determinata mediante prove sperimentali a trazione semplice, secondo le modalità di cui alle norme UNI vigenti. Se la resistenza a trazione è determinata mediante prove di resistenza a trazione indiretta o a trazione per flessione, il valore della resistenza a trazione semplice può essere dedotto utilizzando opportuni coefficienti di correlazione.

Valutata la resistenza a trazione media f_{ctm} su almeno 6 campioni prismatici o cilindrici, i valori caratteristici corrispondenti ai frattili 5% e 95% possono assumersi pari a:

$$f_{ctk}(5\%) = 0,7 f_{ctm}$$

$$f_{ctk}(95\%) = 1,3 f_{ctm}$$

Il valore della resistenza a trazione per flessione si assumerà, in mancanza di sperimentazione diretta, pari a:

$$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm}$$

-Modulo elastico

Il modulo elastico secante a compressione va determinato mediante sperimentazione diretta da eseguirsi secondo la norma UNI 6556, ed è dato dal valore medio su almeno 3 provini prismatici o cilindrici.

Calcestruzzo per strutture in c.a. normale

Trasporto e consegna

Il Direttore dei Lavori prima dell'accettazione del calcestruzzo dovrà verificare l'eventuale segregazione dei materiali, perdita di componenti o contaminazione della miscela durante il trasporto e lo scarico dai mezzi. Per il calcestruzzo confezionato i tempi di trasporto devono essere commisurati alla composizione del calcestruzzo ed alle condizioni atmosferiche. L'appaltatore dovrà fornire alla Direzione dei Lavori, prima o durante l'esecuzione del getto, il documento di consegna del produttore del calcestruzzo contenente almeno i seguenti dati:

- impianto di produzione;
- quantità in mc del calcestruzzo trasportato;
- dichiarazione di conformità alle disposizioni della norma UNI EN 206-1;
- denominazione o marchio dell'ente di certificazione;
- ora di carico;
- ore di inizio e fine scarico;
- dati dell'appaltatore;
- cantiere di destinazione.

Per il calcestruzzo a prestazione garantita, la Direzione dei Lavori potrà chiedere le seguenti informazioni:

- tipo e classe di resistenza del cemento;
- tipo di aggregato;
- tipo di additivi eventualmente aggiunti;
- rapporto acqua/cemento;
- prove di controllo di produzione del calcestruzzo;
- sviluppo della resistenza;
- provenienza dei materiali componenti.

Per i calcestruzzi di particolare composizione dovranno essere fornite informazioni circa la composizione, il

rapporto acqua/cemento e la dimensione massima dell'aggregato.

Il Direttore dei Lavori potrà rifiutare il calcestruzzo qualora non rispetti le prescrizioni di legge e contrattuali,

espresse almeno in termini di resistenza contrattistica e classe di consistenza.

Le considerazioni su esposte valgono anche per il calcestruzzo confezionato in cantiere.

Norma di riferimento:

UNI EN 206-1 - Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità.

Getto

-Modalità Prima dell'esecuzione del getto la Direzione dei Lavori dovrà verificare la corretta posizione delle armature metalliche, la rimozione di polvere, terra, ecc, dentro le casseformi; i giunti di ripresa delle armature, la bagnatura dei casseri, le giunzioni tra i casseri, la pulitura dell'armatura da ossidazioni metalliche superficiali, la stabilità delle casseformi, ecc. I getti devono essere eseguiti a strati di spessore limitato per consentirne la vibrazione completa ed evitare il fenomeno della segregazione dei materiali, spostamenti e danni alle armature, guaine, ancoraggi, ecc. Il calcestruzzo pompabile deve avere una consistenza semifluida, con uno slump non inferiore a 10-15 cm, inoltre l'aggregato deve avere diametro massimo non superiore ad 1/3 del diametro interno del tubo della pompa. Le pompe a rotore o a pistone devono essere impiegate per calcestruzzo avente diametro massimo dell'aggregato non inferiore a 15 mm. In caso di uso di pompe a pistone devono adoperarsi le necessarie riduzioni del diametro del tubo in relazione al diametro massimo dell'inerte che non deve essere superiore ad 1/3 del diametro interno del tubo di distribuzione. Le pompe pneumatiche devono adoperarsi per i betoncini e le malte o pasta di cemento. La Direzione dei Lavori, durante l'esecuzione del getto del calcestruzzo, dovrà verificare la profondità degli strati, e la distribuzione uniforme entro le casseformi, l'uniformità della compattazione senza fenomeni di segregazione, gli accorgimenti per evitare danni dovuti alle vibrazioni o urti alle strutture già gettate. L'appaltatore ha l'onere di approntare i necessari accorgimenti per la protezione delle strutture appena gettate dalle condizioni atmosferiche negative o estreme: piogge, freddo, caldo. La superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno quindici giorni e comunque fino a 28 gg. In climi caldi e secchi. Non si deve mettere in opera calcestruzzo a temperature minori di 0 °C salvo il ricorso ad opportune cautele autorizzate dalla Direzione dei Lavori.

-Riprese di getto. Riprese di getto su calcestruzzo fresco e su calcestruzzo indurito

Le interruzioni del getto devono essere limitate al minimo possibile, in tutti i casi devono essere autorizzate dalla Direzione dei Lavori. Le riprese del getto su calcestruzzo fresco possono essere eseguite mediante l'impiego di additivi ritardanti nel dosaggio necessario in relazione alla composizione del calcestruzzo. Le riprese dei getti su calcestruzzo indurito devono prevedere superfici di ripresa del getto precedente molto rugose che devono essere accuratamente pulite e superficialmente trattate per assicurare la massima adesione tra i due getti di calcestruzzo. La superficie di ripresa del getto di calcestruzzo può essere ottenuta con:

- scarificazione della superficie del calcestruzzo già gettato;
- spruzzando sulla superficie del getto una dose di additivo ritardante la presa;
- collegare i due getti con malta collegamento a ritiro compensato.

-Getti in climi freddi I getti di calcestruzzo in climi freddi non devono essere eseguiti a temperatura inferiore a 0 °C. Nei casi estremi la Direzione dei lavori potrà autorizzare l'uso di additivi acceleranti. In caso di temperature molto basse il calcestruzzo dovrà essere confezionato con inerti preriscaldati con vapore ed acqua con temperatura tra 50 e 90 °C, avendo cura di non mescolare il cemento con l'acqua calda per evitare una rapida presa. A discrezione della Direzione dei Lavori anche le casseforme potranno essere riscaldate dall'esterno mediante vapore acqueo, acqua calda od altro.

-Getti in climi caldi I getti di calcestruzzo in climi caldi devono essere eseguiti di mattina, di sera o di notte ovvero quando la temperatura risulta più bassa. I calcestruzzo dovranno essere confezionati preferibilmente con cementi a basso calore di idratazione oppure aggiungendo additivi ritardanti all'impasto. Il getto successivamente deve essere trattato con acqua nebulizzata e con barriere frangivento per ridurre l'evaporazione dell'acqua di impasto. Nei casi estremi il calcestruzzo potrà essere confezionato raffreddando i componenti ad esempio tenendo all'ombra gli inerti ed aggiungendo ghiaccio all'acqua. In tal caso, prima dell'esecuzione del getto entro le casseforme, la Direzione dei Lavori dovrà accertarsi che il ghiaccio risulti completamente disciolto.

Vibrazione e compattazione

La compattazione del calcestruzzo deve essere appropriata alla consistenza del calcestruzzo. Nel caso di impiego di vibratori l'uso non deve essere prolungato per non provocare la separazione dei componenti il

calcestruzzo per effetto della differenza del peso specifico ed il rifluimento verso l'alto dell'acqua di impasto con

conseguente trasporto di cemento.

La compattazione del calcestruzzo deve evitare la formazione di vuoti, soprattutto nelle zone di copriferro.

Stagionatura e protezione

La stagionatura delle strutture in calcestruzzo armato potrà essere favorita approntando accorgimenti per prevenire il prematuro essiccamento per effetto dell'irraggiamento solare e dell'azione dei venti, previa autorizzazione della Direzione dei Lavori, mediante copertura con teli di plastica, rivestimenti umidi, getti d'acqua nebulizzata sulla superficie, prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione ed in ultimo allungando i tempi del disarmo. I metodi predetti possono essere applicati sia separatamente o combinati. I tempi di stagionatura potranno essere determinati con riferimento alla maturazione in base al grado di idratazione della miscela di calcestruzzo, agli usi locali, ecc.. Per determinare lo sviluppo della resistenza e la durata della stagionatura del calcestruzzo si farà riferimento al prospetto 12 della norma UNI EN 206-1.

L'appaltatore deve quindi garantire un adeguato periodo di stagionatura protetta, iniziato immediatamente dopo aver concluso le operazioni di posa in opera, il calcestruzzo potrà raggiungere le sue proprietà potenziali nella massa e in particolare nella zona superficiale. La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela, per il progredire delle reazioni pozzolaniche; inoltre per evitare che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi.

L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e quindi scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione.

- il congelamento dell'acqua d'impasto prima che il calcestruzzo abbia raggiunto un grado adeguato di indurimento;

- che i movimenti differenziali, dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, siano di entità tale da generare fessure.

I metodi di stagionatura proposti dal Progettista dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del Direttore dei lavori che potrà richiedere le opportune verifiche sperimentali. Tutte le superfici delle strutture gettate dovranno essere mantenute umide per almeno 15 gg. dopo il getto mediante utilizzo di prodotti filmogeni applicati a spruzzo ovvero mediante continua bagnatura con serie di spruzzatori d'acqua o con altri idonei sistemi e comunque fino a 28 gg. in climi caldi e secchi. Per le solette è preferibile utilizzare i prodotti filmogeni citati o eseguire la bagnatura continuamente rinnovata. Qualora il prodotto filmogeno venga applicato su una superficie di ripresa, prima di eseguire il successivo getto si dovrà procedere a ravvivare la superficie. Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, da misurare con serie di termocoppie, non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero nella posizione indicata dal Progettista. L'appaltatore dovrà evitare congelamenti superficiali o totali di strutture in c.a. sottili oppure innalzamenti di temperatura troppo elevati con conseguente abbattimento delle proprietà del calcestruzzo indurito nel caso di strutture massive. Durante il periodo di stagionatura protetta si dovrà evitare che i getti di calcestruzzo subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Fessurazione superficiale

Per le strutture in c.a. in cui non sono ammesse fessurazioni dovranno essere predisposti i necessari accorgimenti previsti dal progetto esecutivo o impartite dalla Direzione dei Lavori. Le fessurazioni

superficiali dovute al calore che si genera nel calcestruzzo devono essere controllate mantenendo la differenza di temperatura tra il centro e la superficie del getto intorno ai 20°C.

Norma di riferimento

UNI EN 206-1 - Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità;

UNI 8656 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione.

Classificazione e

requisiti;

UNI 8657 -Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione.

Determinazione della

ritenzione d'acqua;

UNI 8658 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione.

Determinazione del

tempo di essiccamento;

UNI 8659 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione.

Determinazione del

fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco;

UNI 8660 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione.

Determinazione

dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all' abrasione del calcestruzzo.

Maturazione accelerata a vapore

In cantiere la maturazione accelerata a vapore del calcestruzzo gettato può ottenersi con vapore alla temperatura di 55-80 °C alla pressione atmosferica. La temperatura massima raggiunta dal calcestruzzo non deve superare i 60 °C, il successivo raffreddamento deve avvenire con gradienti non superiori a 10 °C/h.

Disarmo delle strutture

Il disarmo deve avvenire per gradi ed adottando gli opportuni provvedimenti necessari ad evitare l'innescò di azioni dinamiche. Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio del Direttore dei Lavori. Le operazioni di disarmo delle strutture devono essere eseguite da personale specializzato, dopo l'autorizzazione del Direttore dei Lavori. Si dovrà tenere conto e prestare attenzione che sulle strutture da disarmare non vi siano carichi accidentali e temporanei e verificare i tempi di maturazione dei getti in calcestruzzo. Il disarmo di armature provvisorie di grandi opere quali:

- centine per ponti ad arco;
- coperture ad ampia luce e simili,
- altre opere che non rientrano negli schemi di uso corrente, deve essere eseguito:
 - con cautela,
 - da operai pratici,
 - sotto la stretta sorveglianza del capo cantiere,
 - solo dopo l'autorizzazione del Direttore dei Lavori.

È vietato disarmare le armature di sostegno se sulle strutture insistono carichi accidentali e temporanei.

Il disarmo deve essere eseguito ad avvenuto indurimento del calcestruzzo, le operazioni non devono provocare danni e soprattutto agli spigoli delle strutture.

L'appaltatore non può effettuare il disarmo delle strutture entro giorni 30 dalla data di esecuzione del getto.

Il caricamento delle strutture in c.a. disarmate deve essere autorizzato dalla Direzione dei Lavori che deve

valutarne l'idoneità statica o in relazione alla maturazione del calcestruzzo ed i carichi sopportabili.

La Direzione dei Lavori potrà procedere alla misura delle deformazioni delle strutture dopo il

disarmo,

considerando l'azione del solo peso proprio.

In ogni caso per il disarmo delle strutture in c.a. si farà riferimento alle norme:

D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164 - Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni; UNI EN 206-1 - Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. *Tempi minimi per del disarmo delle strutture in c.a. dalla data del getto.*

	Calcestruzzo normale (giorni)	Calcestruzzo ad alta resistenza (giorni)
Sponde dei casseri di travi e pilastri Solette si luce modesta Puntelli e centine di travi, archi e volte Strutture a sbalzo	3 10 24 28	2 4 12 14

Casseforme e puntelli

-Caratteristiche delle casseforme Nella realizzazione delle strutture in c.a. debbono essere impiegate casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso le casseforme dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Potranno essere adottate apposite matrici se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo. Nel caso di utilizzo di casseforme in legno, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia. Nel caso di cassetatura a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

Legname per carpenteria

Tavolame	Tavole (o sottomisure)	spessore 2,5 cm larghezza 8-16 cm lunghezza 4 m
	Tavoloni (da ponteggio)	spessore 5 cm larghezza 30-40 cm lunghezza 4 m
Legname segato	Travi (sostacchine)	sezione quadrata da 12x12 a 20x20 cm lunghezza 4 m
Legname tondo	Antenne, candeie	diametro min 12 cm lunghezza > 10-12 cm
	Pali, ritti	diametro 10-12 cm lunghezza > 6-12 cm
Residui di lavorazioni precedenti	da tavole (mascelle) da travi (mozzature)	lunghezza >20 cm

-Pulizia e trattamento

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio. Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto. Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto. Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti

sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

-Giunti e riprese di getto

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature; potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici. Le riprese di getto saranno, sulla faccia vista, delle linee rette e, qualora richiesto dalla Direzione Lavori, saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

-Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo, in particolare viene prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi delle casseforme vengano fissati nella esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla Direzione dei Lavori, potranno essere adottati altri sistemi prescrivendo le cautele da adottare. È vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici, sono ammessi quelli in plastica, ma ovunque sia possibile dovranno essere usati quelli in malta di cemento. La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile, si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e semisferiche.

-Predisposizione di fori, tracce, cavità, etc.

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni progettuali esecutivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttrive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc.

Disarmo

I casseri e i puntelli devono rimanere indisturbati fino alla data di disarmo delle strutture. I casseri ed i puntelli devono assicurare le tolleranze strutturali in modo da non compromettere l'idoneità delle strutture interessate.

Si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti quando saranno state raggiunti i tempi di stagionatura ritenuti ottimali dal Direttore dei Lavori, se maggiori, i tempi prescritti dal progettista per ottenere le resistenze richieste.

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante

bocciardatura ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati

almeno 1,0 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

-Disarmanti

L'impiego di disarmanti per facilitare il distacco delle casseforme non deve pregiudicare l'aspetto della superficie

del calcestruzzo, la permeabilità, influenzarne la presa, formazione di bolle e macchie.

La Direzione dei Lavori potrà autorizzare l'uso di disarmanti sulla base di prove sperimentali per valutarne gli

effetti finali; in generale le quantità di disarmante non devono superare i dosaggi indicati dal produttore lo stesso

vale per l'applicazione del prodotto.

Norme di riferimento:

UNI 8866-1 - Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Definizione e classificazione;

UNI 8866-2 - Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Prova dell'effetto disarmante, alle temperature di 20 e 80 °C, su

superficie di acciaio o di legno trattato.

-Ripristini e stuccature

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dall'appaltatore dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali e la metodologia, proposti dal Progettista, da utilizzare per l'intervento. A seguito di tali interventi, la Direzione dei Lavori potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura con idonei prodotti delle superfici del getto.

Prescrizioni per il calcestruzzo a faccia vista

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme, il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe, la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante. Le opere o i costituenti delle opere a "faccia a vista" che dovranno avere lo stesso aspetto esteriore dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura; in particolare si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme. Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo; qualora queste apparissero, sarà onere dell'appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi. Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse. Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica. Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto. Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'appaltatore, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori. Tutti gli elementi, metallici e non, utilizzati per la legatura ed il sostegno dei casseri dovranno essere rimossi dopo la scasseratura.

Art. 1.2.6 - STRUTTURE IN LEGNO

Le membrature compresse ed i loro collegamenti (come per esempio i giunti di carpenteria), per cui possa essere prevedibile il collasso a causa dell'inversione di segno della sollecitazione, devono essere progettati in modo tale che non si verifichino separazioni, dislocazioni e disassamenti. Il collegamento non può essere realizzato mediante spinotti o chiodi a gambo liscio. Per assorbire tensioni perpendicolari alle fibre, si devono disporre dispositivi aggiuntivi al fine di evitare l'innescò di fratture parallele alle fibre (splitting). La distribuzione delle forze di taglio negli impalcati deve essere valutata tenendo conto della disposizione effettiva in pianta degli elementi di controvento verticali ed i vincoli nel piano orizzontale tra impalcato e pareti portanti verticali devono essere di tipo bilatero. Tutti i bordi dei rivestimenti strutturali devono essere collegati agli elementi del telaio: i rivestimenti strutturali che non terminano su elementi del telaio devono essere sostenuti e collegati da appositi elementi di bloccaggio resistenti a taglio. Dispositivi con funzione analoga devono essere inoltre disposti nei diaframmi orizzontali posti al di sopra di elementi verticali di controvento (ad esempio le pareti). La continuità delle travi deve essere assicurata, specialmente in corrispondenza delle zone di impalcato che risultano perturbate dalla presenza di aperture. In assenza di elementi di controvento trasversali intermedi lungo la trave, il rapporto altezza/spessore per una trave a sezione rettangolare deve sufficientemente limitato. La spaziatura degli elementi di fissaggio in zone di discontinuità deve essere opportunamente ridotta rispetto a quanto previsto nelle condizioni non sismiche. Quando gli impalcati sono considerati, ai fini

dell'analisi strutturale, come rigidi nel loro piano, in corrispondenza delle zone nelle quali si attua il trasferimento delle forze orizzontali agli elementi verticali (ad es. le pareti di controvento) si dovrà assicurare il mantenimento della direzione di tessitura delle travi di impalcato.

Disposizioni costruttive e controllo dell'esecuzione

Instabilità laterale

Per i pilastri e per le travi in cui può verificarsi instabilità laterale e per elementi di telai, lo scostamento iniziale dalla rettilineità (eccentricità) misurato a metà luce, deve essere limitato a $1/450$ della lunghezza per elementi lamellari incollati e ad $1/300$ della lunghezza per elementi di legno massiccio. Nella maggior parte dei criteri di classificazione del legname, sulla arcuatura dei pezzi sono inadeguate ai fini della scelta di tali materiali per fini strutturali; si dovrà pertanto far attenzione particolare alla loro rettilineità. Non si dovranno impiegare per usi strutturali elementi rovinati, schiacciati o danneggiati in altro modo. Il legno ed i componenti derivati dal legno, e gli elementi strutturali non dovranno essere esposti a condizioni più severe di quelle previste per la struttura finita. Prima della costruzione il legno dovrà essere portato ad un contenuto di umidità il più vicino possibile a quello appropriato alle condizioni ambientali in cui si troverà nella struttura finita. Se non si considerano importanti gli effetti di qualunque ritiro, o se si sostituiscono parti che sono state danneggiate in modo inaccettabile, è possibile accettare maggiori contenuti di umidità durante la messa in opera, purché ci si assicuri che al legno sia consentito di asciugare fino a raggiungere il desiderato contenuto di umidità.

Incollaggio

Quando si tiene conto della resistenza dell'incollaggio delle unioni per il calcolo allo stato limite ultimo, si presuppone che la fabbricazione dei giunti sia soggetta ad un controllo di qualità che assicuri che l'affidabilità sia equivalente a quella dei materiali giuntati. La fabbricazione di componenti incollati per uso strutturale dovrà avvenire in condizioni ambientali controllate. Quando si tiene conto della rigidità dei piani di incollaggio soltanto per il progetto allo stato limite di esercizio, si presuppone l'applicazione di una ragionevole procedura di controllo di qualità che assicuri che solo una piccola percentuale dei piani di incollaggio cederà durante la vita della struttura. Si dovranno seguire le istruzioni dei produttori di adesivi per quanto riguarda la miscelazione, le condizioni ambientali per l'applicazione e la presa, il contenuto di umidità degli elementi lignei e tutti quei fattori concernenti l'uso appropriato dell'adesivo. Per gli adesivi che richiedono un periodo di maturazione dopo l'applicazione, prima di raggiungere la completa resistenza, si dovrà evitare l'applicazione di carichi ai giunti per il tempo necessario.

Unioni con dispositivi meccanici

Nelle unioni con dispositivi meccanici si dovranno limitare smussi, fessure, nodi od altri difetti in modo tale da non ridurre la capacità portante dei giunti.

In assenza di altre specificazioni, i chiodi dovranno essere inseriti ad angolo retto rispetto alla fibratura e fino ad

una profondità tale che le superfici delle teste dei chiodi siano a livello della superficie del legno.

La chiodatura incrociata dovrà essere effettuata con una distanza minima della testa del chiodo dal bordo caricato

che dovrà essere almeno $10 d$, essendo d il diametro del chiodo.

I fori per i bulloni possono avere un diametro massimo aumentato di 1 mm rispetto a quello del bullone stesso.

Sotto la testa e il dado si dovranno usare rondelle con il lato o il diametro di almeno $3 d$ e spessore di almeno $0,3$

d (essendo d il diametro del bullone).

Le rondelle dovranno appoggiare sul legno per tutta la loro superficie.

Bulloni e viti dovranno essere stretti in modo tale che gli elementi siano ben serrati e se necessario dovranno

essere stretti ulteriormente quando il legno abbia raggiunto il suo contenuto di umidità di equilibrio.

Il diametro

minimo degli spinotti é 8 mm. Le tolleranze sul diametro dei perni sono di 0,1 mm e i fori predisposti negli

elementi di legno non dovranno avere un diametro superiore a quello dei perni.

Al centro di ciascun connettore dovranno essere disposti un bullone od una vite. I connettori dovranno essere

inseriti a forza nei relativi alloggiamenti.

Quando si usano connettori a piastra dentata, i denti dovranno essere pressati fino al completo inserimento nel

legno.

L'operazione di pressatura dovrà essere normalmente effettuata con speciali presse o con speciali bulloni di

serraggio aventi rondelle sufficientemente grandi e rigide da evitare che il legno subisca danni.

Se il bullone resta quello usato per la pressatura, si dovrà controllare attentamente che esso non abbia subito

danni durante il serraggio. In questo caso la rondella dovrà avere almeno la stessa dimensione del connettore e

lo spessore dovrà essere almeno 0,1 volte il diametro o la lunghezza del lato.

I fori per le viti dovranno essere preparati come segue:

- il foro guida per il gambo dovrà avere lo stesso diametro del gambo e profondità pari alla lunghezza del gambo non filettato;
- il foro guida per la porzione filettata dovrà avere un diametro pari a circa il 50 % del diametro del gambo;
- le viti dovranno essere avvitate, non spinte a martellate, nei fori predisposti.

Assemblaggio

L'assemblaggio dovrà essere effettuato in modo tale che non si verificano tensioni non volute. Si dovranno sostituire gli elementi deformati, e fessurati o malamente inseriti nei giunti. Si dovranno evitare stati di sovrassollecitazione negli elementi durante l'immagazzinamento, il trasporto e la messa in opera. Se la struttura é caricata o sostenuta in modo diverso da come sarà nell'opera finita, si dovrà dimostrare che questa é accettabile anche considerando che tali carichi possono avere effetti dinamici. Nel caso per esempio di telai ad arco, telai a portale, ecc., si dovranno accuratamente evitare distorsioni nel sollevamento dalla posizione orizzontale a quella verticale.

Art. 1.2.7 - STRUTTURE IN ACCIAIO

Composizione degli elementi strutturali

Spessori limite

É vietato l'uso di profilati con spessore $t < 4$ mm.

Le limitazioni di cui sopra non riguardano ovviamente elementi e profili sagomati a freddo.

Impiego di ferri piatti

L'impiego di piatti o larghi piatti, in luogo di lamiera, per anime e relativi coprighiunti delle travi a parete piena, e in genere per gli elementi in lastra soggetti a stati di tensione biassiali appartenenti a membrature aventi funzione statica non secondaria, è ammesso soltanto se i requisiti di accettazione prescritti per il materiale (in particolare quelli relativi alle prove di piegamento a freddo e resilienza) siano verificati anche nella direzione normale a quella di laminazione.

Variazioni di sezione

Le eventuali variazioni di sezione di una stessa membratura devono essere il più possibile graduali, soprattutto in presenza di fenomeni di fatica. Di regola sono da evitarsi le pieghe brusche. In ogni caso si dovrà tener conto degli effetti dell'eccentricità.

Nelle lamiere o piatti appartenenti a membrature principali e nelle piastre di attacco le concentrazioni di sforzo in corrispondenza di angoli vivi rientranti debbono essere evitate mediante raccordi i cui raggi saranno indicati nei disegni di progetto.

Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (per esempio saldatura e bullonatura o chiodatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo.

Unioni a taglio con bulloni normali

Bulloni

La lunghezza del tratto non filettato del gambo del bullone deve essere in generale maggiore di quella della parti da serrare e si deve sempre far uso di rosette. Qualora resti compreso nel foro un tratto filettato se ne deve tenere adeguato conto nelle verifiche di resistenza. In presenza di vibrazioni o inversioni di sforzo, si devono impiegare controdadi oppure rosette elastiche, tali da impedire l'allentamento del dado. Per bulloni con viti 8.8 e 10.9 è sufficiente l'adeguato serraggio.

Tolleranze foro - bullone. Interassi dei bulloni e distanze dai margini

I fori devono avere un diametro uguale a quello del bullone maggiorato non più di 1 mm per diametri del bullone inferiori a 20 mm. e di 1,5 mm per diametri dei bulloni superiori a 20 mm.

Unioni ad attrito con bulloni ad alta resistenza

Pulizia delle superfici

Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive cioè di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso.

La pulitura deve, di norma, essere eseguita con sabbatura al metallo bianco; è ammessa la semplice pulizia

meccanica delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera, purchè vengano completamente eliminati tutti

i prodotti della corrosione e tutte le impurità della superficie metallica. Le giunzioni calcolate con $\mu = 0,45$

debbono comunque essere sabbiate al metallo bianco.

Bulloni

I bulloni, i dadi e le rosette devono portare, in rilievo impresso, il marchio di fabbrica e la classificazione secondo la UNI EN 20898.

-Interasse dei bulloni e distanze dai margini

Valgono le limitazioni di cui al precedente paragrafo.

-Serraggio dei bulloni

Per il serraggio dei bulloni si devono usare chiavi dinamometriche a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata; tutte peraltro devono essere tali da garantire una precisione non minore di $\pm 5\%$. Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

- si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per far ruotare ulteriormente di 10° il dado;
- dopo aver marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, il dado deve essere prima allentato con una rotazione almeno pari a 60° e poi riserrato, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale. Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati. La taratura delle chiavi dinamometriche deve essere certificata prima dell'inizio lavori da un laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e con frequenza trimestrale durante i lavori.

-Prescrizioni particolari

Quando le superfici comprendenti lo spessore da bullonare per una giunzione di forza non abbiano giacitura ortogonale agli assi dei fori, i bulloni devono essere piazzati con interposte rosette cuneiformi, tali da garantire un assetto corretto della testa e del dado e da consentire un serraggio normale.

Unioni saldate

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata

documentazione teorica e sperimentale. I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo EN 287-1 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo potranno essere qualificati mediante l'esecuzione di giunti testa-testa. Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo EN 1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo EN2883. Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termicamente alterata non inferiori a quelle del materiale base. Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere seguite le prescrizioni della EN 1011 punti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la EN 29692. Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista. L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal progettista ed eseguiti sotto la responsabilità del Direttore dei Lavori, che potrà integrarli ed estenderli in funzione dell'andamento dei lavori, ed accettati ed eventualmente integrati dal collaudatore. Ai fini dei controlli non distruttivi si possono usare metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), ovvero metodi volumetrici (es. raggi X o gamma o ultrasuoni). Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alle prescrizioni della EN 12062. Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo EN 473 almeno di secondo livello. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché garantiti da adeguata documentazione tecnica. Le saldature dovranno in ogni caso essere sottoposte a controlli non distruttivi finali al fine di accertare la rispondenza ai livelli di qualità richiesti dal progetto. L'entità ed il tipo di controlli sono definiti nel capitolo 11 delle norme tecniche di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Unioni per contatto

Le superfici di contatto devono essere convenientemente piane ed ortogonali all'asse delle membrature collegate.

Le membrature senza flange di estremità devono avere le superfici di contatto segate o, se occorre, lavorate con

la piallatrice, la fresatrice o la molatrice.

Per le membrature munite di flange di estremità si devono distinguere i seguenti casi:

- per flange di spessore inferiore o uguale a 50 mm è sufficiente la spianatura alla pressa o con sistema

equivalente;

- per flange di spessore compreso tra i 50 ed i 100 mm, quando non sia possibile una accurata spianatura alla

pressa, è necessario procedere alla piallatura o alla fresatura delle superfici di appoggio;

- per flange di spessore maggiore di 100 mm le superfici di contatto devono sempre essere lavorate alla pialla o

alla fresa.

Nel caso particolare delle piastre di base delle colonne si distingueranno i due casi seguenti:

- per basi senza livellamento con malta occorre, sia per la piastra della colonna che per l'eventuale contropiastra

di fondazione, un accurato spianamento alla pressa e preferibilmente la piallatura o la fresatura;

-per basi livellate con malta non occorre lavorazione particolare delle piastre.

Piastre od apparecchi di appoggio

Basi di colonne

Le piastre di appoggio e le relative eventuali costolature devono essere proporzionate in modo da assicurare una

ripartizione approssimativamente lineare della pressione sul cuscinetto sottostante.

I bulloni di ancoraggio devono essere collocati a conveniente distanza dalle superfici che limitano lateralmente la fondazione.

Appoggi metallici (fissi e scorrevoli)

Di regola, per gli appoggi scorrevoli, non sono da impiegare più di due rulli o segmenti di rullo; se i rulli sono due occorrerà sovrapporre ad essi un bilanciante che assicuri l'equipartizione del carico. Il movimento di traslazione dei rulli deve essere guidato in modo opportuno, dispositivi di arresto devono essere previsti dove il caso lo richieda. Le parti degli apparecchi che trasmettono pressioni per contatto possono essere di acciaio fuso, oppure ottenute per saldatura di laminati di acciaio. Le superfici di contatto devono essere lavorate con macchina utensile.

Appoggi di gomma

Per gli appoggi di gomma si applicheranno le istruzioni di cui alla norma CNR 10018/87 (Bollettino Ufficiale

C.N.R. - XXVI - n. 161 - 1992).

Appoggio delle piastre di base

È necessario curare che la piastra di base degli apparecchi di appoggio delle colonne appoggi per tutta la sua superficie sulla sottostruttura attraverso un letto di malta.

Travi a parete piena e reticolari

Travi chiodate

Nel proporzionamento delle chiodature che uniscono all'anima i cantonali del corrente caricato, si deve tener conto del contributo di sollecitazione di eventuali carichi direttamente applicati al corrente stesso. Se tali carichi sono concentrati ed il corrente è sprovvisto di piattabande, si provvederà a diffonderli con piastra di ripartizione. Le interruzioni degli elementi costituenti le travi devono essere convenientemente distanziate e singolarmente provviste di coprighiunto. La coincidenza trasversale di più interruzioni non è ammessa neanche per coprighiunto adeguato alla sezione interrotta, eccettuato il caso di giunti di montaggio. I coprighiunti destinati a ricostituire l'intera sezione dell'anima devono estendersi all'intera altezza di essa. Nelle travi con pacchetti di piattabande distribuite con il criterio di ottenere l'uniforme resistenza a flessione, ciascuna piattabanda deve essere attaccata al pacchetto esternamente alla zona dove ne è necessario il contributo; il prolungamento di ogni piattabanda oltre la sezione in cui il momento flettente massimo eguaglia quello resistente, deve essere sufficiente per consentire la disposizione di almeno due file di chiodi, la prima delle quali può essere disposta in corrispondenza della sezione suddetta.

Travi saldate

Quando le piattabande sono più di una per ciascun corrente si potranno unire tra loro con cordoni d'angolo laterali lungo i bordi, purchè abbiano larghezza non maggiore di 30 volte lo spessore. L'interruzione di ciascuna piattabanda deve avvenire esternamente alla zona dove ne è necessario il contributo, prolungandosi per un tratto pari almeno alla metà della propria larghezza. In corrispondenza della sezione terminale di ogni singolo tronco di piattabanda si deve eseguire un cordone d'angolo di chiusura che abbia altezza di gola pari almeno alla metà dello spessore della piattabanda stessa e sezione dissimmetrica col lato più lungo nella direzione della piattabanda. Inoltre, in presenza di fenomeni di fatica, la piattabanda deve essere raccordata al cordone con opportuna rastremazione.

Nervature dell'anima

Le nervature di irrigidimento dell'anima in corrispondenza degli appoggi della trave o delle sezioni in cui sono applicati carichi concentrati devono essere, di regola, disposte simmetricamente rispetto all'anima e verificate a carico di punta per l'intera azione localizzata. Potrà a tali effetti considerarsi collaborante con l'irrigidimento una porzione d'anima di larghezza non superiore a 12 volte lo spessore dell'anima, da entrambe le parti adiacenti alle nervature stesse. Per la lunghezza d'inflessione dovrà assumersi un valore commisurato alle effettive condizioni di vincolo dell'irrigidimento ed in ogni caso non inferiore ai $\frac{3}{4}$ dell'altezza dell'anima. Le nervature di irrigidimento di travi composte saldate devono essere collegate all'anima mediante cordoni di saldatura sottili e, di regola, continui. Nel caso si adottino cordoni discontinui, la lunghezza dei tratti non saldati dovrà essere inferiore a 12 volte lo spessore dell'anima, e, in ogni caso, a 25 cm; inoltre nelle travi soggette a fatica si verificherà che la tensione longitudinale nell'anima non superi quella ammissibile a fatica per le disposizioni corrispondenti.

Travi reticolari

Gli assi baricentrici delle aste devono di regola coincidere con gli assi dello schema reticolare; tale avvertenza è particolarmente importante per le strutture sollecitate a fatica. La coincidenza predetta per le aste di strutture chiodate o bullonate costituite da cantonali può essere osservata per gli assi di chiodatura e bullonatura anziché per gli assi baricentrici. Il baricentro della sezione resistente del collegamento ai nodi deve cadere, di regola, sull'asse geometrico dell'asta. Ove tale condizione non sia conseguibile, dovrà essere considerato, nel calcolo del collegamento, il momento dovuto all'eccentricità tra baricentro del collegamento e asse baricentrico dell'asta.

Nei correnti a sezione variabile gli elementi, che via via si richiedono in aumento della sezione resistente, devono avere lunghezza tale da essere pienamente efficienti là ove ne è necessario il contributo.

Verniciatura e zincatura

Gli elementi delle strutture in acciaio, a meno che siano di comprovata resistenza alla corrosione, dovranno

essere idoneamente protetti tenendo conto del tipo di acciaio, della sua posizione nella struttura e dell'ambiente

nel quale è collocato.

Devono essere particolarmente protetti gli elementi dei giunti ad attrito, in modo da impedire qualsiasi infiltrazione all'interno del giunto.

Il progettista prescriverà il tipo e le modalità di applicazione della protezione, che potrà essere di pitturazione o di zincatura a caldo.

Gli elementi destinati ad essere incorporati in getti di conglomerato cementizio non dovranno essere pitturati,

potranno essere invece zincati a caldo.

Norme di riferimento

I rivestimenti a protezione dei materiali metallici contro la corrosione devono rispettare le prescrizioni delle seguenti norme:

UNI EN 12329 - Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di zinco con trattamento supplementare su materiali ferrosi o acciaio; UNI EN 12330 - Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrolitici di cadmio su ferro o acciaio;

UNI EN 12487 - Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti di conversione cromati per immersione e senza immersione su alluminio e leghe di alluminio;

UNI EN 12540 - Protezione dei materiali metallici contro la corrosione. Rivestimenti elettrodepositati di nichel,

nichel più cromo, rame più nichel e rame più nichel più cromo;

UNI EN 1403 - Protezione dalla corrosione dei metalli. Rivestimenti elettrolitici. Metodo per la definizione dei requisiti generali;

UNI EN ISO 12944-1 - Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.

Introduzione generale;

UNI EN ISO 12944-2 - Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.

Classificazione degli ambienti;

UNI EN ISO 12944-3 - Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.

Considerazioni sulla progettazione;

UNI EN ISO 12944-4 - Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante

verniciatura.

Tipi di superficie e loro preparazione;

UNI EN ISO 12944-6 - Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.

Prove di laboratorio per le prestazioni;

UNI EN ISO 12944-7 - Pitture e vernici. Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura.

Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura.

Art. 1.2.8

COPERTURE DISCONTINUE (A FALDA)

Si intendono per coperture discontinue (a falda) quelle in cui l'elemento di tenuta all'acqua assicura la sua

funzione solo per valori della pendenza maggiori di un minimo, che dipende prevalentemente dal materiale e dalla

conformazione dei prodotti.

Esse si intendono convenzionalmente suddivise nelle seguenti categorie:

- coperture senza elemento termoisolante, con strato di ventilazione oppure senza;
- coperture con elemento termoisolante, con strato di ventilazione oppure senza.

Strati funzionali

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati), si intende che ciascuna delle categorie sopracitate sarà composta dai seguenti strati

funzionali (definite secondo la norma UNI 8178).

a) la copertura non termoisolata e non ventilata avrà quali strati ed elementi fondamentali:

- l'elemento portante: con funzione di sopportare i carichi permanenti ed i sovraccarichi della copertura;

- strato di pendenza: con funzione di portare la pendenza al valore richiesto (questa funzione è sempre integrata in altri strati);

- elemento di supporto: con funzione di sostenere gli strati ad esso appoggiati (e di trasmettere la forza

all'elemento portante);

- elemento di tenuta: con funzione di conferire alle coperture una prefissata impermeabilità all'acqua meteorica e

di resistere alle azioni meccaniche fisiche e chimiche indotte dall'ambiente esterno e dall'uso.

b) la copertura non termoisolata e ventilata avrà quali strati ed elementi funzionali:

- lo strato di ventilazione: con funzione di contribuire al controllo delle caratteristiche igrotermiche attraverso

ricambi d'aria naturali o forzati;

- strato di pendenza (sempre integrato);

- l'elemento portante;

- l'elemento di supporto;

- l'elemento di tenuta.

c) la copertura termoisolata e non ventilata avrà quali strati ed elementi fondamentali:

- l'elemento termoisolante: con funzione di portare al valore richiesto la resistenza termica globale della copertura;

- lo strato di pendenza (sempre integrato); -

- l'elemento portante;

- lo strato di schermo al vapore o barriera al vapore: con funzione di impedire (schermo) o di ridurre (barriera) il

passaggio del vapore d'acqua e per controllare il fenomeno della condensa;

- l'elemento di supporto;

- l'elemento di tenuta.

d) la copertura termoisolata e ventilata avrà quali strati ed elementi fondamentali:

- l'elemento termoisolante;

- lo strato di ventilazione;

- lo strato di pendenza (sempre integrato);

- l'elemento portante;

- l'elemento di supporto;

- l'elemento di tenuta.

e) la presenza di altri strati funzionali (complementari) eventualmente necessari perché dovuti alla soluzione

costruttiva scelta dovrà essere coerente con le indicazioni della UNI 8178 sia per quanto riguarda i materiali

utilizzati sia per quanto riguarda la collocazione nel sistema di copertura.

Realizzazione degli strati

Per la realizzazione degli strati si utilizzeranno i materiali indicati nel progetto esecutivo, ove non sia specificato in dettaglio nel progetto od a suo complemento si rispetteranno le prescrizioni seguenti:

- per l'elemento portante vale quanto riportato per l'esecuzione delle coperture continue;

- per l'elemento termoisolante vale quanto indicato nell'articolo sulle membrane destinate a formare strati di protezione;

- per l'elemento di supporto a seconda della tecnologia costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date nel presente capitolato su prodotti di legno, malte di cemento, profilati metallici, getti di calcestruzzo, elementi preformati di base di materie plastiche. Si verificherà durante l'esecuzione la sua rispondenza alle prescrizioni del progetto, l'adeguatezza nel trasmettere i carichi all'elemento portante nel sostenere lo strato sovrastante;

- l'elemento di tenuta all'acqua sarà realizzato con i prodotti previsti dal progetto e che rispettino anche le prescrizioni previste nell'articolo sui prodotti per coperture discontinue. In fase di posa si dovrà curare la corretta realizzazione dei giunti e/o le sovrapposizioni, utilizzando gli accessori (ganci, viti, ecc.) e le modalità esecutive previste dal progetto e/o consigliate dal produttore nella sua documentazione tecnica, ed accettate dalla Direzione dei Lavori, ivi incluse le prescrizioni sulle condizioni ambientali (umidità, temperatura, ecc.) e di sicurezza. Particolare attenzione dovrà essere prestata nella realizzazione dei bordi, dei punti particolari e comunque ove è previsto l'uso di pezzi speciali ed il coordinamento con opere di completamento e finitura (scossaline, gronde, colmi, camini, ecc.);

- per lo strato di ventilazione vale quanto indicato per l'esecuzione delle coperture continue. Inoltre nel caso di coperture con tegole posate su elemento di supporto discontinuo, la ventilazione può essere costituita dalla somma delle microventilazioni sottotegola.

- lo strato di schermo al vapore o barriera al vapore dovrà soddisfare a quanto prescritto per l'esecuzione delle coperture continue;

- per gli altri strati complementari il materiale prescelto dovrà rispondere alle prescrizioni previste nell'articolo di questo capitolato ad esso applicabile. Per la realizzazione in opera si seguiranno le indicazioni del progetto e/o le indicazioni fornite dal produttore, ed accettate dalla Direzione dei Lavori, ivi comprese quelle relative alle condizioni ambientali e/o precauzioni da seguire nelle fasi di cantiere.

Controlli e aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera Nel corso dell'esecuzione dei lavori con riferimento ai tempi e alle procedure, il Direttore dei Lavori verificherà man mano che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto esecutivo e comunque con la funzione attribuita all'elemento o strato considerato. In particolare dovranno essere verificati i collegamenti tra gli strati, la realizzazione dei giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato, l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari ove sono richieste lavorazioni in sito. Per quanto applicabili verificherà con

semplici metodi da cantiere le resistenze meccaniche (portate, punzonamenti, resistenza a flessione, ecc.), la impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua, la continuità (o discontinuità) degli strati, ecc. A conclusione dell'opera dovranno essere eseguite prove (anche solo localizzate) per verificare la tenuta all'acqua, le condizioni di carico (freccie), la resistenza ad azioni localizzate e quanto altro può essere verificato direttamente in sito. Il Direttore dei Lavori dovrà aggiornare e raccogliere i disegni costruttivi unitamente alla descrizione e/o schede tecniche dei prodotti impiegati (specialmente quelli non visibili ad opera ultimata) e le prescrizioni attinenti per l'integrazione del piano di manutenzione dell'opera.

Art. 1.2.9 - OPERE DI IMPERMEABILIZZAZIONE

Si intendono per opere di impermeabilizzazione quelle che servono a limitare (o ridurre entro valori prefissati) il

passaggio di acqua (sotto forma liquida o vapore) attraverso una parte dell'edificio (pareti, fondazioni, pavimenti

controterra ecc.) o comunque lo scambio igrometrico tra ambienti.

Le opere di impermeabilizzazione si dividono in:

- impermeabilizzazioni costituite da strati continui (o discontinui) di prodotti;
- impermeabilizzazioni realizzate mediante la formazione di intercapedini ventilate.

Categorie di impermeabilizzazioni

Le impermeabilizzazioni, si intendono suddivise nelle seguenti categorie:

- impermeabilizzazioni di coperture continue o discontinue;
- impermeabilizzazioni di pavimentazioni;
- impermeabilizzazioni di opere interrato;
- impermeabilizzazioni di elementi verticali (non risalita d'acqua).

Realizzazione

Per la realizzazione delle diverse categorie si utilizzeranno i materiali e le modalità indicate negli altri documenti progettuali, ove non siano specificate in dettaglio nel progetto od a suo completamento si rispetteranno le prescrizioni seguenti:

- per le impermeabilizzazioni di coperture, vedere relativo articolo.
- per le impermeabilizzazioni di pavimentazioni, vedere relativo articolo.

Impermeabilizzazione di opere interrato

Per l'impermeabilizzazione di opere interrato valgono le prescrizioni seguenti:

- per le soluzioni che adottino membrane in foglio o rotolo si sceglieranno i prodotti che per resistenza meccanica a trazione, agli urti ed alla lacerazione meglio si prestano a sopportare l'azione del materiale di riinterro (che comunque dovrà essere ricollocato con le dovute cautele) le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ridurre entro limiti accettabili, le azioni di insetti, muffe, radici e sostanze chimiche presenti del terreno; inoltre durante la realizzazione si curerà che i risvolti, punti di passaggio di tubazioni, ecc. siano accuratamente eseguiti onde evitare sollecitazioni localizzate o provocare distacchi e punti di infiltrazione.
- per le soluzioni che adottano prodotti rigidi in lastre, fogli sagomati e similari (con la formazione di interspazi per la circolazione di aria) si opererà come indicato nella lettera a) circa la resistenza meccanica. Per le soluzioni ai bordi e nei punti di attraversamento di tubi, ecc. si eseguirà con cura la soluzione adottata in modo da non costituire punti di infiltrazione e di debole resistenza meccanica;
- per le soluzioni che adottano intercapedini di aria si curerà la realizzazione della parete più esterna (a contatto con il terreno) in modo da avere continuità ed adeguata resistenza meccanica. Al fondo dell'intercapedine si formeranno opportuni drenaggi dell'acqua che limitino il fenomeno di risalita capillare nella parete protetta;
- per le soluzioni che adottano prodotti applicati fluidi od in pasta si sceglieranno prodotti che possiedano caratteristiche di impermeabilità ed anche di resistenza meccanica (urti, abrasioni, lacerazioni). Le resistenze predette potranno essere raggiunte mediante strati complementari e/o di

protezione ed essere completate da soluzioni adeguate per ottenere valori accettabili di resistenza ad agenti biologici quali radici, insetti, muffe, ecc. nonché di resistenza alle possibili sostanze chimiche presenti nel terreno. Durante l'esecuzione si curerà la corretta esecuzione di risvolti e dei bordi, nonché dei punti particolari quali passaggi di tubazioni, ecc. in modo da evitare possibili zone di infiltrazione e/o distacco. La preparazione del fondo, l'eventuale preparazione del prodotto (miscelazioni, ecc.) le modalità di applicazione ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura ed umidità) e quelle di sicurezza saranno quelle indicate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei Lavori.

Impermeabilizzazioni di elementi verticali

Per le impermeabilizzazioni di elementi verticali (con risalita d'acqua) si eseguiranno strati impermeabili (o drenanti) che impediscano o riducano al minimo il passaggio di acqua per capillarità, ecc. Gli strati dovranno essere realizzati con fogli, prodotti spalmati, malte speciali, ecc. curandone la continuità e la collocazione corretta nell'elemento. L'utilizzo di estrattori di umidità per murature, malte speciali ed altri prodotti simili, sarà ammesso solo con prodotti di provata efficacia ed osservando scrupolosamente le indicazioni del progetto e del produttore per la loro realizzazione.

Controlli e aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera

Il Direttore dei Lavori per la realizzazione delle opere di impermeabilizzazione opererà come segue:

- nel corso dell'esecuzione dei lavori, con riferimento ai tempi e alle procedure, verificherà in corso d'opera che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quella prescritta ed inoltre almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione attribuita all'elemento o strato considerato. In particolare verificherà i collegamenti tra gli strati, la realizzazione di giunti/sovrapposizioni dei singoli prodotti costituenti uno strato, l'esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari ove sono richieste lavorazioni in sito. Per quanto applicabili verificherà con semplici metodi da cantiere le resistenze meccaniche (punzonamenti, resistenza a flessione, ecc.) la impermeabilità dello strato di tenuta all'acqua, la continuità (o discontinuità) degli strati, ecc.

- a conclusione dell'opera eseguire prove (anche solo localizzate) per verificare le resistenze ad azioni meccaniche localizzate, l'interconnessione e compatibilità con altre parti dell'edificio e con eventuali opere di completamento.

Il Direttore dei Lavori raccoglierà inoltre in un fascicolo i documenti progettuali più significativi, eventuali schede di prodotti, nonché le istruzioni per la manutenzione ai fini dell'integrazione o aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera.

Art. 1.2.10 - PARETI ESTERNE E PARTIZIONI INTERNE

Si intende per parete esterna il sistema edilizio avente la funzione di separare e conformare gli spazi interni al sistema rispetto all'esterno.

Si intende per partizione interna un sistema edilizio avente funzione di dividere e conformare gli spazi interni del sistema edilizio.

Nella esecuzione delle pareti esterne si terrà conto della loro tipologia (trasparente, portante, portata, monolitica, ad intercapedine, termoisolata, ventilata) e della loro collocazione (a cortina, a semicortina od inserita).

Nella esecuzione delle partizioni interne si terrà conto della loro classificazione in partizione semplice (solitamente realizzata con piccoli elementi e leganti umidi) o partizione prefabbricata (solitamente realizzata con montaggio in sito di elementi predisposti per essere assemblati a secco).

Strati funzionali

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati) si intende che ciascuna delle categorie di parete composta da più strati funzionali (costruttivamente uno strato può assolvere a più funzioni).

Pareti a cortina (facciate continue)

Le pareti a cortina (facciate continue) saranno realizzate utilizzando i materiali e prodotti rispondenti al presente capitolato (vetro, isolanti, sigillanti, pannelli, finestre, elementi portanti, ecc.). Le parti metalliche si intendono lavorate in modo da non subire microfessure o comunque danneggiamenti ed, a seconda del metallo, opportunamente protette dalla corrosione.

Durante il montaggio si curerà la corretta esecuzione dell'elemento di supporto ed il suo ancoraggio alla struttura dell'edificio eseguendo (per parti) verifiche della corretta esecuzione delle giunzioni (bullonature, saldature, ecc.) e del rispetto delle tolleranze di montaggio e dei giochi. Si effettueranno prove di carico (anche per parti) prima di procedere al successivo montaggio degli altri elementi. La posa dei pannelli di tamponamento, dei telai, dei serramenti, ecc., sarà effettuata rispettando le tolleranze di posizione, utilizzando i sistemi di fissaggio previsti. I giunti saranno eseguiti secondo il progetto esecutivo e comunque posando correttamente le guarnizioni ed i sigillanti in modo da garantire le prestazioni di tenuta all'acqua, all'aria, isolamento termico, acustico, ecc. tenendo conto dei movimenti localizzati della facciata e dei suoi elementi dovuti a variazioni termiche, pressione del vento, ecc. La posa di scossaline coprigiunti, ecc. avverrà in modo da favorire la protezione e la durabilità dei materiali protetti ed in modo che le stesse non siano danneggiate dai movimenti delle facciate.

Pareti esterne o partizioni interne realizzate a base di elementi di laterizio, calcestruzzo, ecc.

Le pareti esterne o partizioni interne realizzate a base di elementi di laterizio, calcestruzzo, calcio silicato, pietra naturale o ricostruita e prodotti simili saranno realizzate con le modalità descritte nell'articolo opere di muratura, tenendo conto delle modalità di esecuzione particolari (giunti, sovrapposizioni, ecc.) richieste quando la muratura ha compiti di isolamento termico, acustico, resistenza al fuoco, ecc. Per gli altri strati presenti morfologicamente e con precise funzioni di isolamento termico, acustico, barriera al vapore, ecc. si rinvia alle prescrizioni date nell'articolo relativo alle coperture. Per gli intonaci ed i rivestimenti in genere si rinvia all'articolo sull'esecuzione di queste opere. Comunque in relazione alle funzioni attribuite alle pareti ed al livello di prestazione richiesto si curerà la realizzazione dei giunti, la connessione tra gli strati e le compatibilità meccaniche e chimiche. Nel corso dell'esecuzione si curerà la completa esecuzione dell'opera con attenzione alle interferenze con altri elementi (impianti), all'esecuzione dei vani di porte e finestre, alla realizzazione delle camere d'aria o di strati interni curando che non subiscano schiacciamenti, discontinuità, ecc. non coerenti con la funzione dello strato.

Partizioni interne costituite da elementi predisposti per essere assemblati in sito

Le partizioni interne costituite da elementi predisposti per essere assemblati in sito (con o senza piccole opere di adeguamento nelle zone di connessione con le altre pareti o con il soffitto) devono essere realizzate con prodotti rispondenti alle prescrizioni date nell'articolo prodotti per pareti esterne e partizioni interne. Nell'esecuzione si seguiranno le modalità previste dal produttore (ivi incluso l'utilizzo di appositi attrezzi) ed approvate dalla Direzione dei Lavori. Si curerà la corretta predisposizione degli elementi che svolgono anche funzione di supporto in modo da rispettare le dimensioni, le tolleranze ed i giochi previsti o comunque necessari ai fini del successivo assemblaggio degli altri elementi. Si curerà che gli elementi di collegamento e di fissaggio vengano posizionati ed installati in modo da garantire l'adeguata trasmissione delle sollecitazioni meccaniche. Il posizionamento di pannelli, vetri, elementi di completamento, ecc. sarà realizzato con l'interposizione di guarnizioni, distanziatori, ecc. che garantiscano il raggiungimento dei livelli di prestazione previsti ed essere completate con sigillature, ecc. Il sistema di giunzione nel suo insieme deve completare il comportamento della parete e deve essere eseguito secondo gli schemi di montaggio previsti; analogamente si devono eseguire secondo gli schemi previsti e con accuratezza le connessioni con le pareti murarie, con i soffitti, ecc.

Parete divisoria modulare

La parete divisoria modulare dovrà essere composta da montanti verticali in alluminio e giunti

orizzontali in metallo. La struttura interamente assemblata è posizionata all'interno di due correnti in acciaio preverniciato, entrambe rifinite da una guarnizione morbida in PVC di colore nero per migliorare l'abbattimento acustico della parete, che può raggiungere, con l'inserimento anche di materiale isolante, i 45 db a frequenze di 500 Hz.

L'intera struttura deve potere per accogliere qualsiasi tipo di distribuzione elettrica, telefonica, etc. Tutte le superfici devono essere conformi alle attuali normative vigenti, riguardanti l'emissione di sostanze

tossiche e nocive quali la formaldeide (pannelli in classe E1). Le pannellature cieche, le cornici delle porte ed i telai dei vetri, posizionati a scatto lungo il montante verticale della struttura con particolari ganci in PVC ignifughi, sono facilmente ispezionabili.

I distanziatori in alluminio regolabile, posizionato tra le linee di fuga delle pannellature, deve garantire un ottimo allineamento dei pannelli.

La modularità deve consentire l'inserimento, lo spostamento o il riadattamento di ogni elemento della parete, in

qualsunque posizione ed in qualsiasi momento, secondo le particolari specifiche d'utenza.

Normativa di riferimento

Le pareti divisorie devono essere costruite secondo le normative di sicurezza e d'accessibilità vigenti: antinfortunistica, antincendio, insonorizzazione ed accesso disabili.

Norme antincendio

Si richiamano le seguenti norme:

C.M. 14 settembre 1961, n. 91 - Norme di sicurezza per la protezione contro il fuoco dei fabbricati a struttura in acciaio destinati ad uso civile;

D.M. 30 novembre 1983 - Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi.

Strutture in vetrocemento

Strutture sia orizzontali che verticali costituite da blocchi di vetro stampato (diffusori) compresi fra sottili nervature di calcestruzzo di cemento leggermente armate.

Coperture praticabili piane o inclinate

La struttura in vetro cemento per coperture praticabili piane o inclinate, dovrà essere costituita da diffusori in vetro pressato (del tipo semplice a tazza, a piastra o a camera d'aria) ricotto o temperato, annegati in nervature reticolari di conglomerato cementizio della classe non inferiore a Rck 35 N/mm² additivato, armate per un sovraccarico di almeno 400 kg/m², spessore della nervatura o intervetro da 5 cm, comprese le casseforme con relativi sostegni, la rifinitura della faccia vista superiore a perfetto piano con gli elementi in vetrocemento, la perfetta tenuta all'acqua, l'eventuale formazione di giunti e sportelli apribili (con telaio e controtelaio in ferro ancorato nelle nervature), l'eventuale gocciolatoio terminale.

Pareti interne o esterne verticali

La struttura in vetrocemento per pareti interne o esterne verticali, piane o curve, per divisori e parapetti, dovrà essere costituita da diffusori di vetro (del tipo semplice a tazza, a piastra) pressato ricotto o temprato, annegati con nervature reticolari di conglomerato cementizio della classe non inferiore a Rck 35 N/mm² additivato, adeguatamente armate per reggere una spinta di 150 kg/m², intervetro da 1 cm, con superfici perfettamente lisce e rasate sulle due facce.

Art. 1.2.11 - INTONACI

Intonaco grezzo

L'intonaco grezzo dovrà essere costituito da uno strato di rinzaffo rustico, applicato con predisposte poste e

guide, su pareti, soffitti e volte sia per interni che per esterni.

L'intonaco potrà essere eseguito:

- con malta di calce e pozzolana, composta da 120 kg di calce idrata per 1,00 m³ di pozzolana vagliata;

- con malta bastarda di calce, sabbia e cemento composta da 0,35 m³ di calce spenta, 100 kg di cemento tipo "325" e 0,9 m³ di sabbia;

- con malta cementizia composta da 300 kg di cemento tipo "325" per 1,00 m³ di sabbia.

Intonaco grezzo fratazzato

L'intonaco grezzo fratazzato dovrà essere costituito da un primo strato di rinzafo e da un secondo strato fratazzato rustico, applicato con predisposte poste e guide, su pareti e soffitti, sia per interni che per esterni. L'intonaco potrà essere eseguito con malta di cui alla voce 68.1.

Intonaco civile

L'intonaco civile dovrà essere formato da tre strati di cui il primo di rinzafo, un secondo tirato in piano con regolo e fratazzo con predisposte poste e guide ed un terzo di rifinitura formato da uno strato di colla della stessa malta passata al crivello fino, lisciata con fratazzo metallico o alla pezza, per pareti, soffitti e volte, sia all'interno che all'esterno.

Intonaco resistente alla fiamma L'intonaco resistente alla fiamma dovrà essere a base di materiali isolanti (vermiculite, per lite) impastati con idonei leganti e correttivi. Dovrà essere applicato su pareti e soffitti aventi superficie rasata o rustica, per lo spessore minimo di 2 cm, e comunque adeguati a quanto richiesto dalle norme.

Paraspigoli

I paraspigoli dovranno essere applicati, prima della formazione degli intonaci, dei profilati in lamiera zincata dell'altezza minima di m. 1,70 e dello spessore di mm 1.

Art. 1.2.12 - OPERE DI VETRAZIONE E SERRAMENTISTICA

Si intendono per opere di vetrazione quelle che comportano la collocazione in opera di lastre di vetro (o prodotti

similari sempre comunque in funzione di schermo) sia in luci fisse sia in ante fisse o mobili di finestre,

portefinestre o porte.

Si intendono per opere di serramentistica quelle relative alla collocazione di serramenti (infissi) nei vani aperti

delle parti murarie destinate a riceverli.

Realizzazione

La realizzazione delle opere di vetrazione deve avvenire con i materiali e le modalità previsti dal progetto ed ove questo non sia sufficientemente dettagliato valgono le prescrizioni seguenti. Le lastre di vetro in relazione al loro comportamento meccanico devono essere scelte tenendo conto delle loro dimensioni, delle sollecitazioni previste dovute a carico vento e neve, delle sollecitazioni dovute ad eventuali sbattimenti e delle deformazioni prevedibili del serramento. Devono inoltre essere considerate per la loro scelta le esigenze di isolamento termico, acustico, di trasmissione luminosa, di trasparenza o traslucidità, di sicurezza sia ai fini antinfortunistici che di resistenza alle effrazioni, atti vandalici, ecc. Per la valutazione della adeguatezza delle lastre alle prescrizioni predette, in mancanza di prescrizioni nel progetto si intendono adottati i criteri stabiliti nelle norme UNI per l'isolamento termico ed acustico, la sicurezza, ecc. (UNI 7143, UNI 7144, UNI EN 12758 e UNI 7697). Gli smussi ai bordi e negli angoli devono prevenire possibili scagliature. I materiali di tenuta, se non precisati nel progetto esecutivo, si intendono scelti in relazione alla conformazione ed alle dimensioni delle scanalature (o battente aperto con ferma vetro) per quanto riguarda lo spessore e le dimensioni in genere, la capacità di adattarsi alle deformazioni elastiche dei telai fissi ed ante apribili; la resistenza alle sollecitazioni dovute ai cicli termoigrometrici tenuto conto delle condizioni microlocali che si creano all'esterno rispetto all'interno, ecc. e tenuto conto del numero, posizione e caratteristiche dei tasselli di appoggio, periferici e spaziatori. Nel caso di lastre posate senza serramento gli elementi di fissaggio (squadrette, tiranti, ecc.) devono avere adeguata

resistenza meccanica, essere preferibilmente di metallo non ferroso o comunque protetto dalla corrosione. Tra gli elementi di fissaggio e la lastra deve essere interposto materiale elastico e durabile alle azioni climatiche. La posa in opera deve avvenire previa eliminazione di depositi e materiali dannosi dalle lastre, serramenti, ecc. e collocando i tasselli di appoggio in modo da far trasmettere correttamente il peso della lastra al serramento; i tasselli di fissaggio servono a mantenere la lastra nella posizione prefissata. Le lastre che possono essere urtate devono essere rese visibili con opportuni segnali (motivi ornamentali, maniglie, ecc.). La sigillatura dei giunti tra lastra e serramento deve essere continua in modo da eliminare ponti termici ed acustici. Per i sigillanti e gli adesivi si devono rispettare le prescrizioni previste dal fabbricante per la preparazione, le condizioni ambientali di posa e di manutenzione. Comunque la sigillatura deve essere conforme a quella richiesta dal progetto od effettuata sui prodotti utilizzati per qualificare il serramento nel suo insieme. L'esecuzione effettuata secondo la norma UNI 6534 potrà essere considerata conforme alla richiesta del presente capitolato nei limiti di validità della norma stessa.

Posa in opera dei serramenti

La realizzazione della posa dei serramenti deve essere effettuata come indicato nel progetto esecutivo e quando

non precisato deve avvenire secondo le prescrizioni seguenti.

Le finestre collocate su propri controtelai e fissate con i mezzi previsti dal progetto e comunque in modo da

evitare sollecitazioni localizzate.

Il giunto tra controtelaio e telaio fisso se non progettato in dettaglio onde mantenere le prestazioni richieste al

serramento dovrà essere eseguito con le seguenti attenzioni:

- assicurare tenuta all'aria ed isolamento acustico;
- gli interspazi devono essere sigillati con materiale comprimibile e che resti elastico nel tempo, se ciò non fosse

sufficiente (giunti larghi più di 8 mm) si sigillerà anche con apposito sigillante capace di mantenere l'elasticità nel

tempo e di aderire al materiale dei serramenti;

- il fissaggio deve resistere alle sollecitazioni che il serramento trasmette sotto l'azione del vento od i carichi dovuti

all'utenza (comprese le false manovre).

La posa con contatto diretto tra serramento e parte muraria deve avvenire:

- assicurando il fissaggio con l'ausilio di elementi meccanici (zanche, tasselli ad espansione, ecc.);
- sigillando il perimetro esterno con malta previa eventuale interposizione di elementi separatori quali non tessuti, fogli, ecc.;

- curando l'immediata pulizia delle parti che possono essere danneggiate (macchiate, corrose, ecc.) dal contatto

con la malta o altri prodotti utilizzati durante l'installazione del serramento.

Le porte devono essere posate in opera analogamente a quanto indicato per le finestre; inoltre si dovranno curare

le altezze di posa rispetto al livello del pavimento finito.

Per le porte con alte prestazioni meccaniche (antieffrazione) acustiche, termiche o di comportamento al fuoco, si

rispetteranno inoltre le istruzioni per la posa date dal fabbricante ed accettate dalla Direzione dei Lavori.

Controlli e aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera

Il Direttore dei Lavori per la realizzazione opererà come segue:

- nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi ed alle procedure) verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelli prescritti. In particolare verificherà la realizzazione delle sigillature tra lastre di vetro e telai e tra i telai fissi ed i controtelai;

l'esecuzione dei fissaggi per le lastre non intelaiate; il rispetto delle prescrizioni di progetto esecutivo, del capitolato e del produttore per i serramenti con altre prestazioni.

- a conclusione dei lavori eseguirà verifiche visive della corretta messa in opera e della completezza dei giunti, sigillature, ecc. Eseguirà controlli orientativi circa la forza di apertura e chiusura dei serramenti (stimandole con la forza corporea necessaria) l'assenza di punti di attrito non previsti, e prove orientative di tenuta all'acqua, con spruzzatori a pioggia, ed all'aria, con l'uso di fumogeni, ecc. Il Direttore dei Lavori raccoglierà in un fascicolo i documenti progettuali più significativi, eventuali schede di prodotti, nonché le istruzioni per la manutenzione ai fini dell'integrazione o aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera.

Art. 1.2.13 - PAVIMENTAZIONI

Si intende per pavimentazione un sistema edilizio avente quale scopo quello di consentire o migliorare il transito e

la resistenza alle sollecitazioni in determinate condizioni di uso.

Esse si intendono convenzionalmente suddivise nelle seguenti categorie:

- pavimentazioni su strato portante;
- pavimentazioni su terreno (cioè dove la funzione di strato portante del sistema di pavimentazione è svolta dal terreno).

Strati funzionali

Quando non è diversamente descritto negli altri documenti progettuali (o quando questi non sono sufficientemente dettagliati) si intende che ciascuna delle categorie sopracitate sarà composta dai seguenti strati funzionali.

a) La pavimentazione su strato portante avrà quali elementi o strati fondamentali:

- lo strato portante, con la funzione di resistenza alle sollecitazioni meccaniche dovute ai carichi permanenti o di esercizio;
- lo strato di scorrimento, con la funzione di compensare e rendere compatibili gli eventuali scorrimenti differenziali tra strati contigui;
- lo strato ripartitore, con funzione di trasmettere allo strato portante le sollecitazioni meccaniche impresse dai carichi esterni qualora gli strati costituenti la pavimentazione abbiano comportamenti meccanici sensibilmente differenziati;
- lo strato di collegamento, con funzione di ancorare il rivestimento allo strato ripartitore (o portante);
- lo strato di rivestimento con compiti estetici e di resistenza alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc.). A seconda delle condizioni di utilizzo e delle sollecitazioni previste i seguenti strati possono diventare fondamentali:
 - strato di impermeabilizzante con funzione di dare alla pavimentazione una prefissata impermeabilità ai liquidi ed ai vapori;
 - strato di isolamento termico con funzione di portare la pavimentazione ad un prefissato isolamento termico;
 - strato di isolamento acustico con la funzione di portare la pavimentazione ad un prefissato isolamento acustico;
 - strato di compensazione con funzione di compensare quote, le pendenze, gli errori di planarità ed eventualmente incorporare impianti (questo strato frequentemente ha anche funzione di strato di collegamento).

b) La pavimentazione su terreno avrà quali elementi o strati funzionali:

- il terreno (suolo) con funzione di resistere alle sollecitazioni meccaniche trasmesse dalla pavimentazione;
- strato impermeabilizzante (o drenante);
- lo strato ripartitore;
- strati di compensazione e/o pendenza;
- il rivestimento.

A seconda delle condizioni di utilizzo e delle sollecitazioni possono essere previsti altri strati complementari.

Realizzazione degli strati

Per la pavimentazione su strato portante sarà effettuata la realizzazione degli strati utilizzando i materiali indicati nel progetto, ove non sia specificato in dettaglio nel progetto esecutivo od a suo complemento si rispetteranno le prescrizioni seguenti:

- per lo strato portante a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date nel presente capitolato sulle strutture di calcestruzzo, strutture metalliche, sulle strutture miste acciaio e calcestruzzo, sulle strutture di legno, ecc.

- per lo strato di scorrimento a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti quali la sabbia, membrane a base sintetica o bituminosa, fogli di carta o cartone, geotessili o pannelli di fibre, di vetro o roccia. Durante la realizzazione si curerà la continuità dello strato, la corretta sovrapposizione, o realizzazione dei giunti e l'esecuzione dei bordi, risvolti, ecc.

- per lo strato ripartitore a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti quali calcestruzzi armati o non, malte cementizie, lastre prefabbricate di calcestruzzo armato o non, lastre o pannelli a base di legno. Durante la realizzazione si curerà oltre alla corretta esecuzione dello strato in quanto a continuità e spessore, la realizzazione di giunti e bordi e dei punti di interferenza con elementi verticali o con passaggi di elementi impiantistici in modo da evitare azioni meccaniche localizzate od incompatibilità chimico fisiche. Sarà infine curato che la superficie finale abbia caratteristiche di planarità, rugosità, ecc. adeguate per lo strato successivo.

- per lo strato di collegamento a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date per i prodotti quali malte, adesivi organici e/o con base cementizia e nei casi particolari alle prescrizioni del produttore per elementi di fissaggio, meccanici od altro tipo. Durante la realizzazione si curerà la uniforme e corretta distribuzione del prodotto con riferimento agli spessori e/o quantità consigliate dal produttore in modo da evitare eccesso da rifiuto od insufficienza che può provocare scarsa resistenza od adesione. Si verificherà inoltre che la posa avvenga con gli strumenti e nelle condizioni ambientali (temperatura, umidità) e preparazione dei supporti suggeriti dal produttore.

- per lo strato di rivestimento a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento alle prescrizioni già date nell'articolo relativo. Durante la fase di posa si curerà la corretta esecuzione degli eventuali motivi ornamentali, la posa degli elementi di completamento e/o accessori, la corretta esecuzione dei giunti, delle zone di interferenza (bordi, elementi verticali, ecc.) nonché le caratteristiche di planarità o comunque delle conformazioni superficiali rispetto alle prescrizioni di progetto, nonché le condizioni ambientali di posa ed i tempi di maturazione.

- per lo strato di impermeabilizzazione a seconda che abbia funzione di tenuta all'acqua, barriera o schermo al vapore valgono le indicazioni fornite per questi strati all'articolo sulle coperture continue.

- per lo strato di isolamento termico valgono le indicazioni fornite per questo strato all'articolo sulle coperture piane.

- per lo strato di isolamento acustico a seconda della soluzione costruttiva adottata si farà riferimento per i prodotti alle prescrizioni già date nell'apposito articolo. Durante la fase di posa in opera si curerà il rispetto delle indicazioni progettuali e comunque la continuità dello strato con la corretta realizzazione dei giunti/sovrapposizioni, la realizzazione accurata dei risvolti ai bordi e nei punti di interferenza con elementi verticali (nel caso di pavimento cosiddetto galleggiante i risvolti dovranno contenere tutti gli strati sovrastanti). Sarà verificato nei casi dell'utilizzo di supporti di gomma, sughero, ecc., il corretto posizionamento di questi elementi ed i problemi di compatibilità meccanica, chimica, ecc., con lo strato sottostante e sovrastante.

- per lo strato di compensazione delle quote valgono le prescrizioni date per lo strato di collegamento (per gli strati sottili) e/o per lo strato ripartitore (per gli spessori maggiori a 20 mm).

Materiali Per le pavimentazioni su terreno la realizzazione degli strati sarà effettuata utilizzando i

materiali indicati nel progetto, ove non sia specificato in dettaglio nel progetto o da suo complemento si rispetteranno le prescrizioni seguenti:

- per lo strato costituito dal terreno si provvederà alle operazioni di asportazione dei vegetali e dello strato contenente le loro radici o comunque ricco di sostanze organiche. Sulla base delle sue caratteristiche di portanza, limite liquido, limite plastico indice di plasticità, massa volumica, ecc. si procederà alle operazioni di costipamento con opportuni mezzi meccanici, alla formazione di eventuale correzione e/o sostituzione (trattamento) dello strato superiore per conferirgli le necessarie caratteristiche meccaniche, e di deformabilità, ecc. In caso di dubbio o contestazioni si farà riferimento alla norma UNI 8381 e/o alle seguenti norme sulle costruzioni stradali, CNR b.u. - n. 92, 141 e 146, UNI CNR 10006.

- per lo strato impermeabilizzante o drenante si farà riferimento alle prescrizioni già fornite per i materiali quali sabbia, ghiaia, pietrisco, ecc. indicate nella norma UNI 8381 per le massicciate (o alle norme CNR sulle costruzioni stradali) ed alle norme UNI e/o CNR per i tessuti nontessuti (geotessili). Per l'esecuzione dello strato si adotteranno opportuni dosaggi granulometrici di sabbia, ghiaia e pietrisco in modo da conferire allo strato resistenza meccanica, resistenza al gelo, limite di plasticità adeguati. Per gli strati realizzati con geotessili si curerà la continuità dello strato, la sua consistenza e la corretta esecuzione dei bordi e dei punti di incontro con opere di raccolta delle acque, strutture verticali, ecc. In caso di dubbio o contestazione si farà riferimento alla UNI 8381 e/o alle norme CNR sulle costruzioni stradali.

- per lo strato ripartitore dei carichi si farà riferimento alle prescrizioni contenute sia per i materiali sia per la loro realizzazione con misti cementati, solette di calcestruzzo, conglomerati bituminosi alle prescrizioni della UNI 8381 e/o alle norme CNR sulle costruzioni stradali. In generale si curerà la corretta esecuzione degli spessori, la continuità degli strati, la realizzazione dei giunti dei bordi e dei punti particolari.

- per lo strato di compensazione e/o pendenza valgono le indicazioni fornite per lo strato ripartitore; è ammesso che esso sia eseguito anche successivamente allo strato ripartitore purché sia utilizzato materiale identico o comunque compatibile e siano evitati fenomeni di incompatibilità fisica o chimica o comunque di scarsa aderenza dovuta ai tempi di presa, maturazione e/o alle condizioni climatiche al momento dell'esecuzione.

- per lo strato di rivestimento valgono le indicazioni fornite nell'articolo sui prodotti per pavimentazione (conglomerati bituminosi, massetti calcestruzzo, pietre, ecc.). Durante l'esecuzione si curerà a secondo della soluzione costruttiva prescritta dal progetto le indicazioni fornite dal progetto stesso e comunque si curerà, in particolare, la continuità e regolarità dello strato (planarità, deformazioni locali, pendenze, ecc.) l'esecuzione dei bordi e dei punti particolari. Si curerà inoltre l'impiego di criteri e macchine secondo le istruzioni del produttore del materiale ed il rispetto delle condizioni climatiche e di sicurezza e dei tempi di presa e maturazione.

Controlli e aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera

Il Direttore dei Lavori per la realizzazione delle pavimentazioni opererà come segue: a) nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi ed alle procedure) verificherà in corso d'opera che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre, almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato finale sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione che è attribuita all'elemento o strato realizzato. In particolare verificherà: il collegamento tra gli strati; la realizzazione dei giunti/sovrapposizioni per gli strati realizzati con pannelli, fogli ed in genere con prodotti preformati; la esecuzione accurata dei bordi e dei punti particolari. Ove sono richieste lavorazioni in sito verificherà con semplici metodi da cantiere:

- le resistenze meccaniche (portate, punzonamenti, resistenze a flessione);
- adesioni fra strati (o quando richiesto l'esistenza di completa separazione);
- tenute all'acqua, all'umidità, ecc.

b) a conclusione dei lavori eseguirà prove (anche solo localizzate) di funzionamento formando battenti di acqua,

condizioni di carico, di punzonamento, ecc. che siano significativi delle ipotesi previste dal progetto

o dalla realtà.

Il Direttore dei Lavori raccoglierà in un fascicolo i documenti progettuali più significativi, eventuali schede di prodotti, nonché le istruzioni per la manutenzione ai fini dell'integrazione o aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera.

Art. 1.2.14 - OPERE DI RIFINITURA VARIE

Decorazioni

Per l'esecuzione delle decorazioni, sia nelle pareti interne che nei prospetti esterni, la Direzione dei Lavori fornirà all'appaltatore, qualora non compresi tra i disegni di contratto o ad integrazione degli stessi, i necessari particolari costruttivi.

Le campionature dovranno essere formalmente accettate dal Direttore dei Lavori.

Tinteggiature e verniciature

Le operazioni di tinteggiatura o verniciatura dovranno essere precedute da un'accurata preparazione delle superfici interessate (raschiature, scrostature, stuccature, levigature etc.) con sistemi idonei ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro. La miscelazione e posa in opera di prodotti monocomponenti e bicomponenti dovrà avvenire nei rapporti, modi e tempi indicati dal produttore onde evitare alterazioni del prodotto. L'applicazione dei prodotti vernicianti non dovrà venire effettuata su superfici umide, l'intervallo di tempo fra una mano e la successiva sarà, salvo diverse prescrizioni, di 24 ore, la temperatura ambiente non dovrà superare i 40°C. e la temperatura delle superfici dovrà essere compresa fra i 5 e 50°C. con un massimo di 80% di umidità relativa. In ogni caso le opere eseguite dovranno essere protette, fino al completo essiccamento, dalla polvere, dall'acqua e da ogni altra fonte di degradazione. Le opere di verniciatura su manufatti metallici saranno precedute da accurate operazioni di pulizia (nel caso di elementi esistenti) e rimozione delle parti ossidate; verranno quindi applicate almeno una mano di vernice protettiva ed un numero non inferiore a due mani di vernice del tipo e colore previsti fino al raggiungimento della completa uniformità della superficie. Nelle opere di verniciatura eseguite su intonaco, oltre alle verifiche della consistenza del supporto ed alle successive fasi di preparazione, si dovrà attendere un adeguato periodo, fissato dalla direzione dei lavori, di stagionatura degli intonaci; trascorso questo periodo si procederà all'applicazione di una mano di imprimitura (eseguita con prodotti speciali) od una mano di fondo più diluita alla quale seguiranno altre due mani di vernice del colore e caratteristiche fissate. La tinteggiatura potrà essere eseguita, salvo altre prescrizioni, a pennello, a rullo, a spruzzo, etc. in conformità con i modi fissati per ciascun tipo di lavorazione.

Tappezzerie

L'applicazione di tappezzerie verrà eseguita con collanti a freddo (per quelle di carta) o adesivi vinilici (per quelle in plastica) che non dovranno danneggiare in alcun modo i materiali di rivestimento o di supporto. Questo tipo di rivestimenti dovranno essere applicati in un solo pezzo per tutta l'altezza della parete con giunti realizzati secondo le prescrizioni della Direzione dei Lavori.

Rivestimenti per interni ed esterni

Si definisce sistema di rivestimento il complesso di strati di prodotti della stessa natura o di natura diversa, omogenei o disomogenei che realizzano la finitura dell'edificio.

I sistemi di rivestimento si distinguono, a seconda della loro funzioni in:

- rivestimenti per esterno e per interno;
- rivestimenti protettivi in ambienti con specifica aggressività;
- rivestimenti protettivi di materiali lapidei, legno, ferro, metalli non ferrosi, ecc.

Sistemi realizzati con prodotti rigidi

Per le piastrelle di ceramica (o lastre di pietra, ecc. con dimensioni e pesi simili) si procederà alla posa su letto di malta svolgente funzioni di strato di collegamento e di compensazione e curando la sufficiente continuità dello strato stesso, lo spessore, le condizioni ambientali di posa (temperatura ed umidità) e di maturazione. Si valuterà inoltre la composizione della malta onde evitare successivi fenomeni di incompatibilità chimica o termica con il rivestimento e/o con il supporto. Durante la posa del rivestimento si curerà l'esecuzione dei giunti, il loro allineamento, la planarità della superficie risultante ed il rispetto di eventuali motivi ornamentali. In alternativa alla posa con letto di malta si procederà all'esecuzione di uno strato ripartitore avente adeguate caratteristiche di resistenza meccanica, planarità, ecc. in modo da applicare successivamente uno strato di collegamento (od ancoraggio) costituito da adesivi aventi adeguate compatibilità chimica e termica con lo strato ripartitore e con il rivestimento. Durante la posa si procederà come sopra descritto. Per le lastre di pietra, calcestruzzo, fibrocemento e prodotti simili si procederà alla posa mediante fissaggi meccanici (elementi ad espansione, elementi a fissaggio chimico, ganci, zanche e simili) a loro volta ancorati direttamente nella parte muraria e/o su tralici o simili. Comunque i sistemi di fissaggio devono garantire una adeguata resistenza meccanica per sopportare il peso proprio e del rivestimento, resistere alla corrosione, permettere piccole regolazioni dei singoli pezzi durante il fissaggio ed il loro movimento in opera dovuto a variazioni termiche. Il sistema nel suo insieme deve avere comportamento termico accettabile, nonché evitare di essere sorgente di rumore inaccettabile dovuto al vento, pioggia, ecc. ed assolvere le altre funzioni loro affidate quali tenuta all'acqua ecc. Durante la posa del rivestimento si cureranno gli effetti estetici previsti, l'allineamento o comunque la corretta esecuzione di giunti (sovrapposizioni, ecc.), la corretta forma della superficie risultante, ecc.

Per le lastre, pannelli, ecc. a base di metallo o materia plastica si procederà analogamente a quanto descritto in b) per le lastre. Si curerà in base alle funzioni attribuite dal progetto al rivestimento, l'esecuzione dei fissaggi, la collocazione rispetto agli strati sottostanti onde evitare incompatibilità termiche, chimiche od elettriche. Saranno considerate le possibili vibrazioni o rumore indotte da vento, pioggia, ecc. Verranno inoltre verificati i motivi estetici, l'esecuzione dei giunti, la loro eventuale sigillatura, ecc.

Sistemi realizzati con prodotti flessibili

I sistemi con prodotti flessibili devono essere realizzati secondo le prescrizioni date nel progetto con prodotti costituiti da carte da parati (a base di carta, tessili, fogli di materie plastiche o loro abbinamenti) aventi le caratteristiche riportate nell'articolo loro applicabile ed a completamento del progetto devono rispondere alle indicazioni seguenti. A seconda del supporto (intonaco, legno, ecc.), si procederà alla sua pulizia ed asportazione dei materiali esistenti nonché al riempimento di fessure, piccoli fori, alla spianatura di piccole asperità, ecc. avendo cura di eliminare, al termine, la polvere ed i piccoli frammenti che possono successivamente collocarsi tra il foglio ed il supporto durante la posa. Si stenderà uno strato di fondo (fissativo) solitamente costituito dallo stesso adesivo che si userà per l'incollaggio (ma molto più diluito con acqua) in modo da rendere uniformemente assorbente il supporto stesso e da chiudere i pori più grandi. Nel caso di supporti molto irregolari e nella posa di rivestimenti particolarmente sottili e lisci (esempio tessili) si provvederà ad applicare uno strato intermedio di carta fodera o prodotto simile allo scopo di ottenere la levigatezza e continuità volute. Si applica infine il telo di finitura curando il suo taglio preliminare in lunghezza e curando la concordanza dei disegni, la necessità di posare i teli con andamento alternato ecc. Durante l'applicazione si curerà la realizzazione dei giunti, la quantità di collante applicato, l'esecuzione dei punti particolari quali angoli, bordi di porte, finestre, ecc., facendo le opportune riprese in modo da garantire la continuità dei disegni e comunque la scarsa percepibilità dei giunti.

Sistemi realizzati con prodotti fluidi

I sistemi con prodotti fluidi devono rispondere alle indicazioni seguenti:

- a) su pietre naturali ed artificiali impregnazione della superficie con siliceni o olii fluorurati, non pellicolanti, resistenti agli UV, al dilavamento, agli agenti corrosivi presenti nell'atmosfera;
- b) su intonaci esterni:

- tinteggiatura della superficie con tinte alla calce, o ai silicati inorganici;
- pitturazione della superficie con pitture organiche;

c) su intonaci interni:

- tinteggiatura della superficie con tinte alla calce, o ai silicati inorganici;
- pitturazione della superficie con pitture organiche o ai silicati organici;
- rivestimento della superficie con materiale plastico a spessore;
- tinteggiatura della superficie con tinte a tempera;

d) su prodotti di legno e di acciaio.

I sistemi si intendono realizzati secondo le prescrizioni del progetto ed in loro mancanza (od a loro integrazione) si

intendono realizzati secondo le indicazioni date dal produttore ed accettate dalla Direzione dei Lavori; le

informazioni saranno fornite secondo le norme UNI 8758 o UNI 8760 e riguarderanno:

- criteri e materiali di preparazione del supporto;
- criteri e materiali per realizzare l'eventuale strato di fondo ivi comprese le condizioni ambientali (temperatura, umidità) del momento della realizzazione e del periodo di maturazione, condizioni per la successiva operazione;
- criteri e materiali per realizzare l'eventuale strato intermedio ivi comprese le condizioni citate all'alinea precedente per la realizzazione e maturazione;
- criteri e materiali per lo strato di finiture ivi comprese le condizioni citate al secondo alinea.

e) durante l'esecuzione, per tutti i tipi predetti, si curerà per ogni operazione la completa esecuzione degli strati, la

realizzazione dei punti particolari, le condizioni ambientali (temperatura, umidità) e la corretta condizione dello

strato precedente (essiccazione, maturazione, assenza di bolle, ecc.), nonché le prescrizioni relative alle norme di

igiene e sicurezza.

Controlli e aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera

Il Direttore dei Lavori per la realizzazione del sistema di rivestimento opererà come segue: a) nel corso dell'esecuzione dei lavori (con riferimento ai tempi ed alle procedure) verificherà via via che i materiali impiegati e le tecniche di posa siano effettivamente quelle prescritte ed inoltre almeno per gli strati più significativi verificherà che il risultato delle operazioni predette sia coerente con le prescrizioni di progetto e comunque con la funzione che è attribuita all'elemento o strato realizzato. In particolare verificherà:

- per i rivestimenti rigidi le modalità di fissaggio, la corretta esecuzione dei giunti e quanto riportato nel punto loro dedicato, eseguendo verifiche intermedie di resistenza meccanica, ecc.;

- per i rivestimenti con prodotti flessibili (fogli) la corretta esecuzione delle operazioni descritte nel relativo punto;

- per i rivestimenti fluidi od in pasta il rispetto delle prescrizioni di progetto o concordate come detto nel punto a)

verificando la loro completezza, ecc. specialmente delle parti difficilmente controllabili al termine dei lavori.

b) a conclusione dei lavori eseguirà prove (anche solo localizzate) e con facili mezzi da cantiere creando

sollecitazioni compatibili con quelle previste dal progetto o comunque simulanti le sollecitazioni dovute

all'ambiente, agli utenti futuri, ecc. Per i rivestimenti rigidi verificherà in particolare il fissaggio e l'aspetto delle

superfici risultanti; per i rivestimenti in fogli, l'effetto finale e l'adesione al supporto; per quelli

fluidi la completezza,
l'assenza di difetti locali, l'aderenza al supporto.
Il Direttore dei Lavori raccoglierà in un fascicolo i documenti progettuali più significativi, eventuali schede di prodotti, nonché le istruzioni per la manutenzione ai fini dell'integrazione o aggiornamento del piano di manutenzione dell'opera.

Art. 1.2.15 - CONTROSOFFITTI

Tutti i controsoffitti in genere dovranno eseguirsi con cure particolari allo scopo di ottenere superfici senza ondulazioni od altri difetti ed evitare in modo assoluto la formazione di crepe, incrinature o distacchi dell'intonaco.

Al manifestarsi di screpolature, la Direzione Lavori avrà la facoltà, a suo insindacabile giudizio, di ordinare all'appaltatore il rifacimento, a carico di quest'ultimo, dell'intero controsoffitto con l'onere dei ripristino di ogni altra opera già eseguita.

Tutti i legnami impiegati per qualsiasi scopo nei soffitti dovranno essere abbondantemente spalmati di carbolina, o prodotto similare idoneo, in tutte le facce.

Controsoffitti in cartongesso

Saranno costituiti da lastre prefabbricate fissate mediante viti autoperforanti ad una struttura costituita da profilati in lamiera d'acciaio dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 60 cm. Si dovrà prestare attenzione alla finitura dei giunti e alla sigillatura all'incontro con le strutture verticali eseguita con banda di carta e collante speciale. Su richiesta della committenza la struttura in profilati di acciaio potrà essere fissata direttamente sul solaio e abbassata di 20 ÷ 80 cm e debitamente ancorata da appositi attacchi.

Controsoffitto a rete metallica

I controsoffitti in rete metallica saranno composti da un'armatura principale formata da costoloni o travetti, da un'orditura di listelli o correntini fissati solidamente con chiodi all'armatura principale, dalla rete metallica in filo di ferro lucido, che verrà fissata all'orditura con opportune grappette, rinzaffo di malta bastarda o malta di cemento secondo quanto prescritto, la quale deve risalire o rivestire completamente la rete; intonaco eseguito con malta comune di calce e sabbia, steso con le dovute cautele e con le migliori regole d'arte perché riesca dei minor spessore possibile e con superficie piana e liscia.

Art. 1.2.16 - RIVESTIMENTI

I rivestimenti in materiale di qualsiasi genere dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con il materiale prescelto dall'Amministrazione appaltante, e conformemente ai campioni che verranno volta a volta eseguiti, a richiesta della Direzione dei Lavori.

Particolare cura dovrà porsi nella posizione in sito degli elementi, in modo che questi a lavoro ultimato risultino perfettamente aderenti al retrostante intonaco.

Pertanto, i materiali porosi prima del loro impiego dovranno essere immersi nell'acqua fino a saturazione, e dopo aver abbondantemente inaffiato l'intonaco delle pareti, alle quali deve applicarsi il rivestimento, saranno allettati con malta cementizia normale, nelle qualità necessarie e sufficienti.

Gli elementi del rivestimento dovranno perfettamente combaciare fra loro e le linee dei giunti, debitamente stuccate con cemento bianco o diversamente colorato, dovranno risultare, a lavoro ultimato, perfettamente allineate. I rivestimenti dovranno essere convenientemente lavati e puliti. L'applicazione del linoleum alle pareti sarà fatta nello stesso modo che per i pavimenti, avendo, anche per questo caso, cura di assicurarsi che la parete sia ben asciutta.

PARTE SECONDA
DISPOSIZIONI COMPLEMENTARI INERENTI LE OPERE DI RESTAURO E CONSOLIDAMENTO

CAPO 2.1 - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

Art. 2.1.1 - Materiali in genere

È regola generale intendere che i materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti, realizzati con materiali e tecnologie tradizionali e/o artigianali, necessari per i lavori di conservazione, restauro, risanamento o manutenzione da eseguirsi sui manufatti potranno provenire da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori e degli eventuali organi competenti preposti alla tutela del patrimonio storico, artistico, architettonico, archeologico e monumentale, siano riconosciuti della migliore qualità, simili, ovvero il più possibile compatibili con i materiali preesistenti, così da non risultare incompatibili con le proprietà chimiche, fisiche e meccaniche dei manufatti oggetto di intervento.

Nel caso di prodotti industriali (ad es., malte premiscelati) la rispondenza a questo capitolato potrà risultare da un attestato di conformità rilasciato dal produttore e comprovato da idonea documentazione e/o certificazione.

L'Appaltatore avrà l'obbligo, durante qualsivoglia fase lavorativa, di eseguire o fare effettuare, presso gli stabilimenti di produzione e/o laboratori ed istituti in possesso delle specifiche autorizzazioni, tutte le campionature e prove preliminari sui materiali (confezionati direttamente in cantiere o confezionati e forniti da ditte specializzate) impiegati e da impiegarsi (in grado di garantire l'efficacia e la non nocività dei prodotti da utilizzarsi) prescritte nel presente capitolato e/o stabilite dalla Direzione Lavori. Tali verifiche dovranno fare riferimento alle indicazioni di progetto, alle normative UNI e alle raccomandazioni NorMaL recepite dal Ministero per i Beni Culturali con Decreto 11 novembre 1982, n. 2093. Il prelievo dei campioni (da eseguirsi secondo le prescrizioni indicate nelle raccomandazione NorMaL) dovrà essere effettuato in contraddittorio con l'Appaltatore e sarà appositamente verbalizzato.

In particolare, su qualsiasi manufatto di valore storico-architettonico-archeologico, ovvero sul costruito attaccato, in modo più o meno aggressivo da agenti degradanti, oggetto di intervento di carattere manutentivo, conservativo o restaurativo, e se previsto dagli elaborati di progetto l'Appaltatore dovrà mettere in atto una serie di operazioni legate alla conoscenza fisico materica, patologica in particolare:

- determinazione dello stato di conservazione del costruito oggetto di intervento;
- individuazione degli agenti patogeni in aggressione;
- individuazione delle cause dirette e/o indirette nonché i meccanismi di alterazione.

Nel caso che la Direzione dei Lavori, a suo insindacabile giudizio, non reputasse idonea tutta o parte di una fornitura di materiale sarà obbligo dell'Appaltatore provvedere prontamente e senza alcuna osservazione in merito, alla loro rimozione (con altri materiali idonei rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti richiesti) siano essi depositati in cantiere, completamente o parzialmente in opera. Sarà inteso che l'Appaltatore resterà responsabile per quanto ha attinenza con la qualità dei materiali approvvigionati anche se valutati idonei dalla D.L., sino alla loro accettazione da parte dell'Amministrazione in sede di collaudo finale.

Art. 2.1.2 - Acqua, calce, gesso

Art. 2.1.2.1 Acqua

L'acqua per l'impasto con leganti idraulici od aerei (UNI EN 1008) dovrà essere dolce e limpida con un pH neutro (compreso tra 6 ed 8) con una torbidezza non superiore al 2%, priva di sostanze organiche o grassi ed esente di sali (particolarmente solfati, cloruri e nitrati in concentrazione superiore allo 0,5%) in percentuali dannose e non essere aggressiva per l'impasto risultante. In caso di necessità, dovrà essere trattata per ottenere il grado di purezza richiesto per l'intervento da eseguire. In taluni casi dovrà essere, altresì, additivata per evitare l'instaurarsi di reazioni chimico – fisiche che potrebbero causare la produzione di sostanze pericolose (DM 14 gennaio 2008 – allegato I).

Tutte le acque naturali limpide (con l'esclusione di quelle meteoriche o marine) potranno essere utilizzate per le lavorazioni. Dovrà essere vietato l'uso, per qualsiasi lavorazione, di acque provenienti da scarichi industriali o civili. L'impiego di acqua di mare, salvo esplicita autorizzazione della D.L., non sarà consentito e, sarà comunque tassativamente vietato l'utilizzo di tale acqua per calcestruzzi armati, e per strutture con materiali metallici soggetti a corrosione.

Art. 2.1.2.2 Calce

Le calci aeree ed idrauliche, dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui al RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle calci" e ai requisiti di cui alla normativa europea UNI EN 459-1:2001 "Calci da costruzione. Definizione, specifiche criteri di conformità"; UNI EN 459-2:2001 "Calci da costruzione. Metodi di prova"; UNI EN 459-3:2001 "Calci da costruzione. Valutazione di conformità".

Calci aeree

Le calci aeree (costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio con quantità minori di magnesio, silicio, alluminio e ferro) sono classificate in base al loro contenuto di $(CaO+MgO)$; si distinguono in:

1) *Calci calciche* (CL) calci costituite prevalentemente da ossido o idrossido di calcio (il calcare calcico è un calcare che dovrà contenere dallo 0% al 5% di carbonato di magnesio UNI 10319) senza alcuna aggiunta di materiali idraulico pozzolanici;

2) *Calci dolomitiche* (DL) calci costituite prevalentemente da ossido di calcio e di magnesio o idrossido di calcio e di magnesio (il calcare dolomitico è un calcare che dovrà contenere dal 35% al 45% di carbonato di magnesio) senza alcuna aggiunta di materiali idraulico pozzolanici. Questo tipo di calce potrà essere commercializzato nella versione semi-idratata² (S1) o completamente idratata³ (S2).

Le calci aeree potranno, anche essere classificate in base alla loro condizione di consegna: calci vive (Q) o calci idrate (S).

a) *Calci vive* (Q) calci aeree (includono le calci calciche e le calci dolomitiche) costituite prevalentemente da ossido di calcio ed ossido di magnesio ottenute per calcinazione di rocce calcaree e/o dolomitiche. Le calci vive hanno una reazione esotermica quando entrano in contatto con acqua. Possono essere vendute in varie pezzature che vanno dalle zolle al materiale finemente macinato.

b) *Calci idrate* (S) calci aeree, (calci calciche o calci dolomitiche) ottenute dallo spegnimento controllato delle calci vive. Le calci spente sono prodotte, in base alla quantità di acqua utilizzata nell'idratazione, in forma di polvere secca, di grassello o di liquido (latte di calce):

– calce idrata in polvere di colore biancastro derivata dalla calcinazione a bassa temperatura di calcari puri con meno del 10% d'argilla; si differenzia dal grassello per la quantità di acqua somministrata durante lo spegnimento della calce viva (ossido di Calcio), nella calce idrata la quantità di acqua impiegata è quella stechiometrica (3,22 parti di acqua per 1 parte di CaO). Può essere utilmente impiegata come base per la formazione di stucchi lucidi, per intonaci interni e per tinteggiature;

– grassello di calce o calce aerea "spenta" (idratata) in pasta ottenuta per lento spegnimento ad "umido" (cioè in eccesso di acqua rispetto a quella chimicamente sufficiente circa 3-4 volte il suo peso) della calce con impurità non superiori al 5%. Le caratteristiche plastiche ed adesive del

grassello, migliorano e vengono esaltate con un prolungato periodo di stagionatura in acqua, prima di essere impiegato. Il grassello, si dovrà presentare sotto forma di pasta finissima, perfettamente bianca morbida e quasi untuosa non dovrà indurire se esposto in ambienti umidi o immerso nell'acqua, indurrà invece in presenza di aria per essiccamento e lento assorbimento di anidride carbonica. La stagionatura minima nelle fosse sarà di 90 giorni per il confezionamento dei malte da allettamento e da costruzione e, di 180 giorni per il confezionamento delle malte da intonaco o da stuccatura. Nel cantiere moderno è in uso ricavare il grassello mediante l'aggiunta di acqua (circa il 20%) alla calce idrata in polvere, mediante questa "procedura" (che in ogni caso necessita di una stagionatura minima di 24 ore) si ottiene un prodotto scadente di limitate qualità plastiche, adesive e coesive;

– latte di calce ovvero "legante" per tinteggi, velature e scialbature ricavato dal filtraggio di una soluzione particolarmente acquosa ottenuta stemperando accuratamente il grassello di calce (o della calce idrata) fino ad ottenere una miscela liquida e biancastra.

Le calci aeree possono essere classificate anche in rapporto al contenuto di ossidi di calcio e magnesio (valori contenuti RD n. 2231 del 16 novembre 1939, "Norme per l'accettazione delle calci")

a) *calce grassa in zolle*, cioè calce viva in pezzi, con contenuto di ossidi di calcio e magnesio non inferiore al 94% e resa in grassello non inferiore al 2,5 m³/ton;

b) *calce magra in zolle o calce viva*, contenente meno del 94% di ossidi di calcio e magnesio e con resa in grassello non inferiore a 1,5 m³/ton;

b1) *calce forte* legante con deboli doti idrauliche, compresa tra le calci magre quando la presenza di componenti idraulici (presenza di argilla intorno al 5-5,5%) è considerata come impurità;

c) *calce idrata in polvere* ottenuta dallo spegnimento della calce viva, contenuto di umidità non superiore al 3% e contenuto di impurità non superiore al 6%, si distingue in:

– fiore di calce, quando il contenuto minimo di idrati di calcio e magnesio non è inferiore al 91%; il residuo al vaglio da 900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 1% mentre il residuo al vaglio da 4900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 5%; presenta una granulometria piuttosto fine ottenuta per ventilazione;

– *calce idrata da costruzione* quando il contenuto minimo di idrati di calcio e magnesio non è inferiore al 82%; il residuo al vaglio da 900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 2% mentre il residuo al vaglio da 4900 maglie/cm² dovrà essere ≤ 15%; si presenta come un prodotto a grana grossa.

La composizione della calce da costruzione, quando provata secondo la EN 459-2, deve essere conforme ai valori della tabella 2 sotto elencata. Tutti i tipi di calce elencati nella tabella possono contenere additivi in modeste quantità per migliorare la produzione o le proprietà della calce da costruzione. Quando il contenuto dovesse superare lo 0,1% sarà obbligo dichiarare la quantità effettiva ed il tipo.

Tabella 2.1 Requisiti chimici della calce (valori espressi come % di massa). I valori sono applicabili a tutti i tipi di calce. Per la calce viva questi valori corrispondono al prodotto finito; per tutti gli altri tipi di calce (calce idrata, grassello e calci idrauliche) i valori sono basati sul prodotto dopo la sottrazione del suo contenuto di acqua libera e di acqua legata. (UNI EN 459-1)

Tipo di calce da costruzione	Sigla	CaO+MgO	MgO	CO ₂	SO ₃	Calce libera
						%
Calce calcica 90	CL 90	≥ 90	≤ 5	≤ 4	≤ 2	-
Calce calcica 80	CL 80	≥ 80	≤ 5	≤ 7	≤ 2	-
Calce calcica 70	CL 70	≥ 70	≤ 5	≤ 12	≤ 2	-
Calce dolomitica 85	DL 85	≥ 85	≥ 30	≤ 7	≤ 2	-
Calce dolomitica 80	DL 80	≥ 80	≥ 5	≤ 7	≤ 2	-
Calce idraulica 2	HL 2	-	-	-	≤ 3	≥ 8
Calce idraulica 3,5	HL 3,5	-	-	-	≤ 3	≥ 6
Calce idraulica 5	HL 5	-	-	-	≤ 3	≥ 3
Calce idraulica naturale 2	NHL 2	-	-	-	≤ 3	≥ 15
Calce idraulica naturale 3,5	NHL 3,5	-	-	-	≤ 3	≥ 9
Calce idraulica naturale 5	NHL 5	-	-	-	≤ 3	≥ 3

Nella CL 90 è ammesso un contenuto di MgO fino al 7% se si supera la prova di stabilità indicata in 5.3 della EN 459-2:2001.

Nelle HL e nelle NHL è ammesso un contenuto di SO₃ maggiore del 3% e fino al 7% purché sia accertata la stabilità, dopo 28 giorni di maturazione in acqua, utilizzando la prova indicata nella EN 196-2 “Methods of testing cement: chemical analysis of cement”.

Esempio di terminologia delle calci: la sigla EN459-1 CL90Q identifica la calce calcica 90 in forma di calce viva; la sigla EN459-1 DL85-S1 identifica la calce dolomitica 85 in forma di calce semi-idratata.

Calci idrauliche

Le calci idrauliche oltre che ai requisiti di accettazione di cui al RD 16 novembre 1939, n. 2231 e alle prescrizioni contenute nella legge 26 maggio 1965, n. 595 “Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici” ed ai requisiti di accettazione contenuti nel DM 31 agosto 1972 “Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche” dovranno rispondere alla norma UNI 459 che le classifica in base alla loro resistenza alla compressione dopo 28 giorni (UNI EN 459-2:2001), si distinguono in:

1) *calce idraulica naturale* (NHL) ovverosia il prodotto ottenuto dalla cottura a bassa temperatura (inferiore ai 1000 C°) di marne naturali o calcari più o meno argillosi o silicei con successiva riduzione in polvere mediante spegnimento (con quantità stechiometrica di acqua) con o senza macinazione. Tutte le NHL dovranno avere la proprietà di far presa ed indurire anche a contatto con l’acqua e dovranno essere esenti o quantomeno presentare un bassissimo livello di sali solubili.

Questo tipo di calci naturali potrà a sua volta essere diviso in:

– calce idraulica naturale bianca, rappresenta la forma più pura: dovrà essere ricavata dalla cottura di pietre calcaree silicee con una minima quantità di impurezze, presentare una quantità bassissima di sali solubili. Risulterà particolarmente indicata per confezionare malte, indirizzate a procedure di restauro che richiedono un basso modulo di elasticità ed un’elevata traspirabilità. In impasto fluido potrà essere utilizzata per iniezioni consolidanti a bassa pressione;

– calce idraulica naturale “moretta” o “albazzana” a differenza del tipo “bianco” si ricaverà dalla cottura di rocce marnose; risulterà indicata per la confezione di malte per il restauro che richiedono una maggiore resistenza a compressione; il colore naturale di questa calce potrà variare dal nocciolo, al beige, all’avorio fino a raggiungere il rosato.

2) *calce idraulica naturale con materiali aggiunti* (NHL-Z) in polvere ovverosia, calci idrauliche naturali con materiale aggiunto cioè, quelle calci che contengono un’aggiunta fino ad un massimo del 20% in massa di materiali idraulicizzanti a carattere pozzolanico (pozzolana, coccio pesto, trass) contrassegnate dalla lettera “Z” nella loro sigla;

3) *calci idrauliche* (HL)4 ovverosia calci costituite prevalentemente da idrossido di calcio, silicati di calcio e alluminati di calcio prodotti mediante miscelazione di materiali appropriati. Questo tipo di calce dovrà possedere la caratteristica di far presa ed indurire anche in presenza di acqua;

Tabella 2.2 Caratteristiche meccaniche delle calci idrauliche naturali da utilizzare nel restauro

Tipo	NHL 2			NHL 3,5			NHL 5		
Caratteristiche	Calce delicata idonea per lavori su materiali teneri o fortemente decoesi, per legante di tinteggiature alla calce, per stucchi, e strati di finitura per modanature ed intonaci			Calce idonea per interventi su pietre e laterizi, anche parzialmente degradati, intervento di iniezione e sigillature consolidanti, per rappezzi di intonaci, e stillatura di giunti			Calce idonea per la ricostruzione di pietre e modanature, massetti, pavimentazioni, rinzaffi e arricci esposti a contatto con acqua o per betoncino con collaborazione statica		
PROVE	Rapporto impasto			Rapporto impasto			Rapporto impasto		
Resistenza a comp.	1:2	1:2,5	1:3	1:2	1:2,5	1:3	1:2	1:2,5	1:3
7 gg. N/mm ²	0,62	0,53	0,47	0,75	0,57	0,53	1,96	1	0,88
7 gg. N/mm ²	REQUISITI UNI EN 459-1 ---			REQUISITI UNI EN 459-1 ---			REQUISITI UNI EN 459-1 ---		
28 gg. N/mm ²	1,48	1,36	1,25	1,88	1,47	1,34	2,20	2,00	1,50

7 gg. N/mm ²	REQUISITI UNI EN 459-1 ≥2 a ≤ 7			REQUISITI UNI EN 459-1 ≥3,5 a ≤ 10			REQUISITI UNI EN 459-1 ≥5 a ≤ 15 (a)		
6 mesi N/mm ²	3,848	3,00	2,88	7,50	5,34	3,94	7,30	5,90	5,31
12 mesi. N/mm ²	4	2,90	2,90	7,50	5,90	3,90	9,28	8,44	6,50
La sabbia avrà una granulometria di 0,075-3 mm									
(a) La NHL 5, con massa volumica in mucchio minore di 0,90 kg/dm ³ può avere una resistenza a compressione dopo 28 gg fino a 20 MPa									

Tabella 2.3 Caratteristiche fisiche delle calce idrauliche naturali

PROVE	NHL 2		NHL 3,5		NHL 5	
	REQUISITI UNI EN 459-1	MEDIA	REQUISITI UNI EN 459-1	MEDIA	REQUISITI UNI EN 459-1	MEDIA
Densità	0,4 a 0,8	0,45-0,55	0,5 a 0,9	0,6-0,66	0,6 a 1,0	0,65-0,75
Finezza a 90 µm	≤ 15%	2 a 5 %	≤ 15%	6,6	≤ 15%	3,12
Finezza a 200 µm	≤ 2	≤ 0,5 %	≤ 5 %	0,48	≤ 5	0,08
Espansione	≤ 2 mm	≤ 1 mm	≤ 2 mm	0,05	≤ 2 mm	0,61 mm
Idraulicità	----	15	---	25	---	43
Indice di bianchezza	---	76	---	72	---	67
Penetrazione	>10 e <20 mm	---	>10 e <50 mm	21	>20 e <50 mm	22,6
Tempo di inizio presa	>1 e <15 h	---	>1 e <15 h	2,5	>1 e < 15 h	3,59
Calce libera	≥ 15 %	50-60%	≥ 9 %	20-25%	≥ 3%	15-20%

Le calce idrauliche sia naturali che artificiali potranno essere classificate anche in rapporto al grado d'idraulicità, inteso come rapporto tra la percentuale di argilla e di calce: al variare di questo rapporto varieranno anche le caratteristiche (valori contenuti nel DM 31 agosto 1972 "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche").

Tabella 2.4 Classificazione calce idrauliche mediante il rapporto di idraulicità (DM 31-08-1972)

Calce	Indice di idraulicità	Argilla [%]	Calcare [%]	Presa in acqua [giorni]
Debolmente idraulica	0,10-0,15	5,31-8,20	94,6-91,8	15-30
Mediamente idraulica	0,16-0,31	8,21-14,80	91,7-85,2	10-15
Propriamente idraulica	0,31-0,41	14,81-19,10	85,1-80,9	5-9
Eminentemente idraulica	0,42-0,50	19,11-21,80	80,8-78,2	2-4

Art. 2.3 Gesso

Il gesso dovrà essere di recente cottura, perfettamente asciutto, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio di 56 maglie a centimetro quadrato, scevro da materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. Il gesso dovrà essere conservato in locali coperti, ben riparati dall'umidità e da agenti degradanti; approvvigionato in sacchi sigillati con stampigliato il nominativo del produttore e la qualità del materiale contenuto.

Questo legante non dovrà essere impiegato all'aperto o in ambienti chiusi con elevata umidità relativa, in atmosfere contenenti ammoniacale (ad es., all'interno di stalle) o a contatto con acque ammoniacali, in ambienti con temperature superiori ai 110°C; infine, non dovrà essere impiegato a contatto di leghe di ferro.

Come legante di colore bianco latte potrà assumere varie caratteristiche a seconda della temperatura di cottura. I gessi per l'edilizia si distingueranno in base alla loro destinazione (per muri, per intonaci, per pavimenti, per usi vari) le loro caratteristiche fisiche (granulometria, resistenza, tempi di presa) e chimiche (tenore solfato di calcio, tenore di acqua di costituzione, contenuto di impurezze) vengono fissate dalla norma UNI 8377 la quale norma fisserà, inoltre, le modalità di prova, controllo e collaudo.

Tabella 2.5 Classificazione dei gessi in base alla temperatura di cottura

Temperature cottura [c°]	Denominazione prodotti	Caratteristiche ed impieghi consigliati
130-160	scagliola gesso da forma	malte per intonaci (macinato più grossolanamente) malte per cornici e stucchi (macinato finemente)
160-230	gesso da stuccatori gesso da intonaci	malte d'allettamento per elementi esenti da funzioni portanti, malte per intonaci, da decorazioni, per confezionare pannelli per murature
230-300	gesso da costruzioni gesso comune	malte d'allettamento o, in miscela con altri leganti, per formare malte bastarde per elementi con funzioni portanti
300-900	gesso morto gesso keene (+ allume)	polvere inerte usata in miscela con leganti organici (colla di pesce o colla animale) per la fabbricazione di stucchi da legno o da vetro o
900-1000	gesso da pavimenti gesso idraulico o calcinato	prodotto che presenta una certa idraulicità con tempi di presa molto lunghi; il gesso, dopo la posa in opera, raggiunge il massimo della

Tabella 2.6 Proprietà dei gessi più comunemente usati

Tipo di gesso	Finezza macinazione		Tempo minimo di presa, (minuti)	Resistenza a trazione minima (kg/cm ²)	Resistenza a flessione minima (kg/cm ²)	Resistenza a compressione minima (kg/cm ²)
	Passante al setaccio da 0,2 mm (minimo)	Passante al setaccio da 0,09 mm % (minimo)				
scagliola	95	85	15	20	30	40
da costruzione	70	50	7	8	20	50
allumato	90	80	20	12	30	70
da pavimenti	90	80	40			

L'uso di questo legante dovrà essere necessariamente autorizzato dalla D.L.; per l'accettazione di qualsivoglia tipologia di gesso valgono i criteri generali dell'art. 1 del presente capo e la norma UNI 5371.

Art. 2.1.3 - Cementi, cementi speciali

Art. 2.1.3.1 Cementi

I cementi, da impiegare in qualsiasi lavorazione, dovranno rispondere ai limiti di accettazione contenuti nella legge 26 maggio 1965, n. 595 e nel DM 3 giugno 1968 "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi" e successive modifiche (DM 20 novembre 1984 e DM 13 settembre 1993). Tutti i cementi dovranno essere, altresì, conformi al DM n. 314 emanato dal Ministero dell'industria in data 12 luglio 1999 (che ha sostituito il DM n. 126 del 9 marzo 1988 con l'allegato "Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi" dell'ICITE - CNR) ed in vigore dal 12 marzo 2000, che stabilisce le nuove regole per l'attestazione di conformità per i cementi immessi sul mercato nazionale e per i cementi destinati ad essere impiegati nelle opere in conglomerato normale, armato e precompresso. I requisiti da soddisfare dovranno essere quelli previsti dalla norma UNI EN 197-2001 "Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni" e le norme UNI EN 196/1-7 e 196-21 inerenti i cementi speciali e la normativa sui metodi di prova ed analisi dei cementi.

A norma di quanto previsto dai decreti sopracitati, i cementi di cui all'art. 1 lettera A) della legge 26 maggio 1965, n. 595 (e cioè i cementi normali e ad alta resistenza Portland, pozzolanico e

d'altoforno), se utilizzati per confezionare il conglomerato cementizio normale, armato e precompresso, dovranno essere certificati presso i laboratori di cui all'art. 6 della legge 26 maggio 1965, n. 595 e all'art. 20 della legge 5 novembre 1971, n. 1086. Per i cementi di importazione, la procedura di controllo e di certificazione potrà essere svolta nei luoghi di produzione da analoghi laboratori esteri di analisi.

I cementi potranno essere forniti sfusi e/o in sacchi sigillati. Dovranno essere conservati in magazzini coperti, ben ventilati e riparati dall'umidità (preferibilmente sopra pedane di legno) e da altri agenti capaci di degradarli prima dell'impiego. Se sfusi i cementi dovranno essere stoccati in cantiere in appositi silos metallici; i vari tipi e classi di cemento dovranno essere separati ed identificati con appositi cartellini. I prodotti approvvigionati in sacchi dovranno riportare sulle confezioni il nominativo del produttore, il peso, la qualità del prodotto, la quantità d'acqua per malte normali e la resistenza minima a compressione ed a trazione a 28 giorni di stagionatura.

I principali tipi di cemento sono:

1) cemento Portland (tipo CEM I): dovrà presentarsi come polvere fine e pesante, di colore variabile dal grigio bruno al verdognolo, tendente al rossastro nel caso provenga da miscele artificiali; dovrà avere contenuto di costituenti secondari (filler o altri materiali) non superiore al 5%; ovverosia il prodotto ottenuto per macinazione di clinker (consistente essenzialmente in silicati idraulici di calcio) con aggiunto gesso e anidrite (solfato di calcio anidro) dosata nella quantità necessaria per regolarizzare il processo di idratazione (art 2 legge n. 595/65). I cementi Portland, presenteranno scarsa resistenza alle acque marine e, in genere, a tutti gli aggressori di natura solfatica pertanto, quando si opera in località marina o in presenza di corrosivi solfatici (anche di modesta entità) sarà opportuno operare con cementi del tipo III o IV;

2) cemento Portland con aggiunta, in quantità ridotta, di loppa e/o pozzolana (tipo CEM II): detto comunemente cemento Portland rispettivamente alla loppa, alla pozzolana, alle ceneri volanti;

3) cemento d'altoforno (tipo CEM III): dovrà avere contenuto di loppa dal 36% al 95%; la miscela omogenea si otterrà dalla macinazione di clinker Portland e di loppa basica granulata d'altoforno con la quantità di gesso e anidrite necessaria per regolarizzare il processo di idratazione (art 2 legge n. 595/65). Questo cemento, di colore verdognolo, presenterà, grazie alle loppe d'altoforno, un basso calore di idratazione sviluppato durante la presa, una buona resistenza chimica ad attacchi di acque leggermente acide o pure, un modesto ritiro in fase di presa;

4) cemento pozzolanico (tipo CEM IV): con materiale pozzolanico dal 15% al 55%; ovverosia la miscela omogenea si otterrà dalla macinazione del clinker Portland e di pozzolana o di altro materiale a comportamento pozzolanico (tipo argille plastiche torrefatte come ad es. la bentonite) con la quantità di gesso e anidrite necessaria per regolarizzare il processo di idratazione (art 2 legge n. 595/65). Questo tipo di cemento potrà ridurre o eliminare le deficienze chimiche (rappresentate dalla formazione di idrossido di calcio) del cemento Portland. Il calore d'idratazione sviluppato dal cemento pozzolanico risulterà molto inferiore rispetto a quello sviluppato dal Portland di conseguenza, verrà preferito a quest'ultimo per le lavorazioni da eseguirsi in climi caldi ed in ambienti marini;

5) cemento composito (tipo CEM V): si otterrà per simultanea aggiunta di loppa e di pozzolana (dal 18% al 50%);

6) cemento alluminoso: (non classificato nella normativa UNI EN 196-1 ma presente nella legge 26 maggio 1965, n. 595 e nel DM 3 giugno 1968) si otterrà dalla macinazione del clinker ottenuto dalla cottura di miscele di calcare e alluminati idraulici (bauxite). I tempi di presa risulteranno simili a quelli dei normali cementi mentre l'indurimento è nettamente più rapido (7 gg. contro i 28 gg.). Questo legante potrà essere impiegato per lavori da eseguire in somma urgenza dove è richiesto un rapido indurimento (disarmo dopo 5-7 gg); dove occorra elevata resistenza meccanica (titolo 52,5); per gettare a temperature inferiori allo 0°C (fino a -10 °C); per opere in contatto con solfati, oli, acidi e sostanze in genere aggressive per gli altri cementi; per impiego in malte e calcestruzzi refrattari per temperature fino a circa 1300°C. Dei cementi alluminosi si potrà disporre di due tipi speciali: a presa lenta con ritiro contenuto (inizio presa dopo 15 ore, termine presa dopo altre 15 ore) e a presa rapida (inizio presa dopo 1 ora e termine dopo 2 ore).

Esempio di terminologia del cemento: la sigla CEM II A-L 32,5 R identifica un cemento Portland al calcare con clinker dal 80% al 94% (lettera A) e con calcare dal 6% al 20% (lettera L), classe di resistenza 32,5, con alta resistenza iniziale (lettera R).

Tabella 3.1 Classificazione tipi di cemento con relativa composizione: le percentuali in massa riferiti al nucleo del cemento, escludendo solfato di calcio e additivi (UNI EN 197-1)

Tipo	Denominazione	Sigla	Clinker	Loppa d'alto forno granulare	Microsilice	Pozzolana		Cenere volante		Scisto calcinato	Calcare	Cost.
						Naturale	Indust	Silicica	Calcica			
						K	S	D	P			
I	Cemento Portland	I	95-100	---	---	---	---	---	---	---	---	0-5
	Cemento Portland alla loppa	II A-S	80-94	6-20	---	---	---	---	---	---	---	0-5
		II B-S	65-79	21-35	---	---	---	---	---	---	---	0-5
	Cemento Portland alla microsilice	II A-D	90-94	---	6-10	---	---	---	---	---	---	0-5
		II A-P	80-94	---	---	6-20	---	---	---	---	---	0-5
	Cemento Portland alla pozzolana	II B-P	65-79	---	---	21-35	---	---	---	---	---	0-5
		II A-Q	80-94	---	---	---	6-20	---	---	---	---	0-5
		II B-Q	65-79	---	---	---	21-35	---	---	---	---	0-5
		II B-V	65-79	---	---	---	---	21-35	---	---	---	0-5
II	Cemento Portland alle ceneri volanti	II A-V	80-94	---	---	---	---	6-20	---	---	---	0-5
		II B-V	65-79	---	---	---	---	21-35	---	---	---	0-5
		II A-W	80-94	---	---	---	---	---	6-20	---	---	0-5
		II B-W	65-79	---	---	---	---	---	21-35	---	---	0-5
	Cemento Portland allo scisto calcinato	II A-T	80-94	---	---	---	---	---	---	6-20	---	0-5
		II B-T	65-79	---	---	---	---	---	---	21-35	---	0-5
	Cemento Portland al calcare	II A-L	80-94	---	---	---	---	---	---	---	6-20	0-5
		II B-L	65-79	---	---	---	---	---	---	---	21-35	0-5
	Cemento Portland composito	II A-M	80-94	6-20								
		II B-M	65-79	21-35								
III	Cemento d'altoforno	III A	35-64	36-65	---	---	---	---	---	---	---	0-5
		III B	20-34	66-80	---	---	---	---	---	---	---	0-5
		III C	5-19	81-95	---	---	---	---	---	---	---	0-5
IV	Cemento pozzolanico	IV A	65-89	---	11-35				---	---	---	0-5
		IV B	45-64	---	36-55				---	---	---	0-5
V	Cemento composito	V A	40-64	18-30	---	18-30			---	---	---	0-5
		V B	30-39	31-50	---	31-50			---	---	---	0-5

I costituenti secondari possono essere filler oppure uno o più costituenti principali, salvo che questi non siano inclusi come costituenti principali del cemento

La proporzione di microsilice è limitata al 10%

La proporzione di loppa non ferrosa (pozzolana industriale) è limitata al 15%

La proporzione di filler silicica nella Cenere Volante è limitata al 5%

I diversi tipi di cemento dovranno essere forniti in varie classi di solidificazione, contrassegnate dal colore dei sacchi d'imballaggio o, nel caso in cui si utilizzi cemento sfuso, dal colore della bolla d'accompagnamento che deve essere attaccata al silo. I cementi appartenenti alle classi di resistenza 32,5 42,5 e 52,5 verranno classificati in base alla resistenza iniziale in cementi con resistenza iniziale normale e resistenza più alta (sigla aggiuntiva R). I cementi normali (portland, pozzolanico

o d'altoforno) contraddistinti dalla sigla 22,5 potranno essere utilizzati esclusivamente per sbarramenti di ritenuta.

Tabella 3.2 Classificazione tipi di cemento mediante classi di solidità e colorazione di riconoscimento

Classe di solidità titolo	Resistenza alla tensione di compressione N/mm ²				Colorazione di riconoscimento	Colore della scritta	Tempo di inizio presa mm	Espansione mm
	Resistenza iniziale		Solidità normale					
	2 giorni	7 giorni	28 giorni					
32,5	---	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5	Marrone chiaro	Nero	≥ 60	≥ 10
32,5 R	≥ 10	---				Rosso		
42,5	≥ 10	---	≥ 42,5	≤ 62,5	Verde	Nero		
42,5 R	≥ 20	---					Rosso	
52,5	≥ 20	---	52,5	---	Rosso	Nero	≥ 425	
52,5 R	≥ 30	---						bianco

Art. 3.2 Cementi speciali

Sono così definiti quei cementi che presenteranno resistenze fisiche inferiori o requisiti chimici diversi da quelli stabiliti per i cementi normali, differenze dovute a miscele di particolari composti o da elevate temperature di cottura ovvero dall'uso di additivi tipicamente specifici.

1) Cementi bianchi: simili come comportamento agli altri cementi comuni Portland. Dovranno essere ricavati dalla cottura di marne (caolini e calcari bianchi mineralogicamente puri) prive del tutto o con una quantità limitatissima di ossidi di ferro e di manganese; gli eventuali residui dovranno essere eliminati con trattamento fisico-chimico. Il bianco del cemento dovrà essere definito dalle ditte produttrici con tre parametri diversi: brillantezza⁵, lunghezza d'onda dominante⁶ e purezza⁷ inoltre, potrà anche essere definito con l'indice di bianchezza⁸ (contenuto per un cemento industriale tra 70 e 90). Questo tipo di cemento potrà essere utilizzato per opere di finitura quali stucchi ed intonaci, per opere in pietra artificiale è, inoltre, utilizzabile, in piccole quantità negli impasti a base di calce aerea (intonachini, sagramature, copertine creste dei muri ecc.) così da aumentarne la resistenza meccanica ma permettere ugualmente la permeabilità al vapore d'acqua;

2) Cementi colorati: dovranno essere ottenuti dai cementi bianchi miscelati con polvere della stessa finezza, costituita da ossidi, pigmenti minerali⁹, o simili in proporzione mai superiore al 10% così da evitare impedimenti di presa ed eccessivi ritiri.

3) Cementi soprasolfati: cementi di natura siderurgica che dovranno costituirsi di una miscela di loppa granulata d'altoforno in percentuale dell'80%-85% da gesso o anidrite in percentuale del 10% e da clinker di cemento Portland per circa il 5%. Dovranno essere utilizzati per opere marine e strutture in calcestruzzo a contatto con soluzioni acide. Non risulteranno adatti per operazioni di recupero e/o restauro conservativo;

4) Cementi ferrici: dovranno costituirsi di miscele ricche d'ossido di ferro e polvere di allumina, macinando congiuntamente e sottoponendo a cottura mescolanze di calcare, argilla e ceneri di pirite; per questo dovranno contenere più ossido ferrico che allumina, ed essere quasi totalmente privi di alluminato tricalcico. La loro caratteristica preminente, oltre a presentare un buon comportamento con gli aggressori chimici, è quella di avere minor ritiro degli altri cementi ed un più basso sviluppo di calore di idratazione; risulterà adatto per le grandi gettate;

5) Cementi espansivi: dovranno essere ricavati da miscele di cemento Portland ed agenti espansivi intesi a ridurre od eliminare il fenomeno del ritiro. Generalmente, potranno essere distinti in due tipi: a ritiro compensato allorché l'espansione sia simile al ritiro (agente espansivo solfoalluminato di tetracalcio), espansivi auto-compressi quando l'espansione risulterà superiore al ritiro (agente espansivo ossido di calcio e/o magnesio). Entrambe le tipologie dovranno essere impiegate miscelandole con l'esatto quantitativo d'acqua consigliato dal produttore, gli sfridi, una volta rappresi, dovranno essere trasportati a rifiuto. Affinché l'espansione avvenga correttamente sarà necessario provvedere ad una corretta stagionatura in ambiente idoneo;

6) Cementi a presa rapida o romano: miscele di cemento alluminoso e di cemento Portland (con rapporto in peso fra i due leganti prossimi a uno da impastarsi con acqua), con idonei additivi tali da permettere le seguenti prestazioni: inizio presa entro un minuto dalla messa in opera e termine presa non più di trenta minuti. L'impiego dovrà essere riservato e limitato ad opere aventi carattere di urgenza o di provvisorietà e con scarse esigenze statiche.

Art. 2.1.4 - Leganti sintetici

Le resine sono polimeri ottenuti partendo da molecole di composti organici semplici. In qualsiasi intervento di manutenzione e restauro sarà fatto divieto utilizzare prodotti di sintesi chimica senza preventive analisi di laboratorio, prove applicative, schede tecniche e garanzie da parte delle ditte produttrici. Su manufatti di particolare valore storico-architettonico nonché archeologico il loro utilizzo sarà vietato, salvo comprovata compatibilità fisica, chimica e meccanica con i materiali direttamente interessati all'intervento o al loro contorno. I polimeri organici possono essere disponibili sotto varie forme:

- leganti sia per incollaggi (adesivi strutturali), stuccature, iniezioni e sigillature di quadri fessurativi, sia sotto forma di resine emulsionabili in acqua per pitture ed intonaci che presentano un basso grado di assorbimento dell'acqua liquida ed una elevata durabilità;
- additivi per malte e pitture al fine di migliorare l'idrorepellenza, la velocità d'indurimento e le caratteristiche fisico-chimiche dell'impasto ovvero della pittura;
- impregnanti consolidanti per materiali lapidei quali pietre naturali, laterizi, stucchi, cls ecc.;
- impregnanti idrorepellenti per materiali lapidei quali pietre naturali, laterizi, stucchi, cls ecc. capaci di costituire una efficace barriera contro l'acqua;
- impregnanti idro ed oleorepellenti per il trattamento di materiali porosi particolarmente esposti agli agenti inquinanti atmosferici.

Le caratteristiche meccaniche, le modalità applicative e gli accorgimenti antinfortunistici dei leganti sintetici sono regolati dalle norme UNICHIM. Mentre le analisi di laboratorio relative alle indagini preliminari per la scelta dei materiali saranno quelle stabilite dalle indicazioni fornite dalle raccomandazioni NorMaL.

La loro applicazione dovrà sempre essere eseguita da personale specializzato nel rispetto della normativa sulla sicurezza degli operatori/applicatori.

Resine acriliche

Prodotti termoplastici (molecole a catena lineare); si otterranno polimerizzando gli acidi acrilico, metacrilico e loro derivati. Questa classe di resine, nella maggior parte dei casi solubili in idonei solventi organici, presenterà buona resistenza all'invecchiamento, alla luce, agli agenti chimici dell'inquinamento, ma dimostrerà scarsa capacità di penetrazione tanto, che potrà risultare difficile raggiungere profondità superiori a 0,5-1 cm (con i solventi alifatici clorurati si potranno ottenere risultati migliori per veicolare la resina più in profondità). Possiedono in genere buona idrorepellenza che tenderà però, a decadere nel tempo; se il contatto con l'acqua si protrarrà per tempi superiori alle 90 ore, tenderanno, inoltre, a dilatarsi. I prodotti acrilici sono, di norma commercializzati solidi in polveri, granuli o scaglie, in emulsione acquosa in soluzione di solventi.

Le resine acriliche come del resto le emulsioni acriliche pure (ovvero al 100%) potranno essere utilizzate in dispersione acquosa (ovvero un miscuglio eterogeneo contenente una percentuale variabile di resina acrilica o di emulsione acrilica pura) sia come legante per pigmenti naturali e/o sintetici in polvere, sia come additivo per malte da sigillatura o iniezione (se non diversamente specificato per un impasto di calce ed inerti in rapporto di 1:3 si aggiungerà 5-10% di emulsione acrilica) conferendo a questi impasti un più veloce indurimento in superficie, un miglioramento delle caratteristiche fisico-chimiche (tenacità, durezza, resistenza nel tempo ed agli agenti chimici, resistenza all'abrasione, alla trazione, alla compressione, alla flessione, all'impatto ed agli effetti del gelo) e un netto aumento di adesività su materiali quali laterizio, legno e cemento.

Resine epossidiche

Prodotti termoindurenti (molecole tridimensionali); si ottengono dalla formazione di catene con due tipi di molecole con una gamma illimitata di variazioni possibili (questa caratteristica fa sì che non esista un solo tipo di resina epossidica, ma svariati formulati epossidici che cambieranno di volta in volta le proprie caratteristiche a seconda, sia del rapporto resina-indurente, sia degli eventuali additivi plastificanti, fluidificanti, acceleranti ecc.); presentano il vantaggio di poliaddizionarsi senza produrre sottoprodotti che porterebbero ad un aumento di volume. Si distinguono dalle resine acriliche per l'elevato potere collante che ne giustifica l'uso come adesivo strutturale; presentano una buona resistenza chimica (soprattutto agli alcali), resistano molto bene all'acqua ed ai solventi organici. I maggiori pregi delle resine epossidiche risiederanno nelle loro elevate proprietà meccaniche (resistenze a compressione, a trazione, a flessione), nella perfetta adesione al supporto e nel ritiro molto limitato durante l'invecchiamento (meno di 1%); gli svantaggi sono riconducibili alla difficoltà di penetrazione (dovuta all'elevata viscosità), alla bassa resistenza al calore ed ai raggi ultravioletti (con i conseguenti fenomeni d'ingiallimenti e sfarinamento superficiale).

Gli adesivi epossidici (ovvero resine utilizzate come leganti per ricongiungere frammenti distaccati), normalmente utilizzabili saranno liquide con indurente a lenta o a rapida reattività (da utilizzare per consolidamenti o più spesso per intasamento delle fessure o per impernature) o in pasta lavorabili con indurente a lenta o a rapida reattività (per stuccature, ponti di adesione, piccole ricostruzioni e fissaggio perni) in questo secondo caso si provvederà ad intervenire, in fase di formulazione, aggiungendo additivi tixotropizzanti. Di norma questi adesivi saranno totalmente esenti da solventi, non subiranno ritiro durante l'indurimento e grazie alla loro natura tixotropica potranno essere facilmente applicabili anche su superfici verticali in consistenti spessori.

Orientativamente le caratteristiche richieste in relazione sia allo specifico utilizzo (formulati per iniezione, per impregnazione, per betoncini colabili, per incollaggi strutturali ecc.) sia al materiale (cemento armato, muratura, legno ecc.) dovranno essere le seguenti:

tipo di formulato	;	
tipo di resina	;	
colore impasto	;	
consistenza impasto.....	;	
peso specifico (g/cm ³)	;	
punto di infiammabilità °C	;	
ritiro %	;	
viscosità (impasto) mPas	;	
pot life (a + 10°C)	(a + 24°C)	(a + 30°C).....
tempo di presa (a + 10°C)	(a + 24°C)	(a + 30°C)
indurimento completo (giorni)	;	
resistenza a trazione (N/mm ²)	;	
allungamento a trazione %	;	
resistenza a flessotrazione (N/mm ²)	;	
resistenza a compressione (N/mm ²)	;	
modulo elastico (N/mm ²)	;	

Resine fluorurate

Più precisamente copolimeri fluorurati (ad es., copolimero vinilidene fluoro-esafluoropropene) che presenteranno buone proprietà elastiche e grande stabilità chimica, questi prodotti non polimerizzano dopo la loro messa in opera in quanto già prepolimerizzati, pertanto non subiranno alterazioni nel corso dell'invecchiamento e di conseguenza non varieranno le loro proprietà. Disciolti in solventi organici (di norma acetone o acetato di butile) potranno essere utilizzati come legante per stuccature, sigillature e ripristini da eseguirsi con il materiale originale. La preparazione dell'impasto, se non diversamente specificato, prevedrà l'unione di una parte in peso di resina a 3/4 parti di inerte ricavato, preferibilmente, dalla macinazione della stessa pietra. L'impasto dovrà essere ben mescolato fino ad ottenere la consistenza voluta. Sarà consigliabile non eseguire alcun

intervento sulla stuccatura prima di 1 ora dalla stesura della stessa. Queste resine saranno completamente reversibili con il loro solvente.

Resine poliesteri

Resine derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi bi-basici insaturi o loro anidridi. Prima dell'indurimento potranno essere impastati con fibre di vetro, o sintetiche così da migliorare la resistenza dei prodotti finali. Come riempitivi possono essere usati polveri di varia granulometria di calcari, gesso, o sabbie. La resistenza a raggi solari e U.V. è abbastanza bassa, specialmente per prodotti reticolari con monomeri aromatici, mentre la resistenza meccanica e le proprietà adesive sono abbastanza buone. La resina potrà presentare un certo ritiro del volume (sino ad 8-10%) che la rende non proprio adatta per riempire le fessure del materiale lapideo, al contrario potranno essere utilizzate come collanti per congiungimenti o il fissaggio di perni, barre filettate, tiranti ecc. anche se sarà necessario evitare che la resina raggiunga la superficie estrema poiché per esposizione alla luce darebbe marcate variazioni di colore. Orientativamente il pot life a 20°C sarà di circa 5-7 minuti e il tempo di fissaggio intorno ai 40-60 minuti.

Le caratteristiche meccaniche, le modalità d'applicazione e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

Art. 2.1.5 - Materiali inerti per malte, stucchi e conglomerati

L'analisi granulometrica, atta a definire la pezzatura di sabbie, ghiaie e pietrischi dovrà essere eseguita utilizzando i crivelli ed i setacci indicati nelle norme UNI 2332-1 e UNI 2334. Sarà, pertanto, obbligo dell'Appaltatore, mettere a disposizione della D.L. detti crivelli così che possa eseguire il controllo granulometrico. Il diametro massimo dei grani dovrà essere scelto in funzione del tipo di lavorazione da effettuare: malta per intonaco, malta per stuccatura, malta per sagramatura, malta per riprese, impasti per getti, impasti per magroni ecc.

Ghiaia e pietrisco

Le ghiaie saranno costituite da elementi di forma arrotondata di origine naturale, omogenei pulitissimi ed esenti da materie terrose argillose e limacciose e dovranno provenire da rocce compatte (calcaree o silicee), non gessose ad alta resistenza a compressione, dovrà, inoltre, essere ben assortita. Priva di parti friabili ed, eventualmente, lavata con acqua dolce al fine di eliminare materie nocive. I pietrischi (elementi di forma spigolosa di origine naturale o artificiale) oltre ad essere anch'essi scevri da materie terrose, sabbia e materie eterogenee, potranno provenire dalla spezzatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione (minimo 1200 Kg/cm²), all'urto e all'abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo. Entrambe le tipologie di inerti dovranno avere dimensioni massime (prescritte dalla D.L.) commisurate alle caratteristiche di utilizzo. Le loro caratteristiche tecniche dovranno essere quelle stabilite dal DM 14 gennaio 2008, allegato 1, punto 2 e dalla norma UNI 8520. In ogni caso le dimensioni massime dovranno essere commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

Nel dettaglio gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi dovranno essere di dimensioni tali da:

- passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 50 mm se utilizzati per lavori di fondazione o di elevazione, muri di sostegno, rivestimenti di scarpata ecc.
- passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 40 mm se utilizzati per volti di getto;
- passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 30 mm se utilizzati per cappe di volti, lavori in cemento armato, lavori a parete sottile.

In ogni caso, salvo alcune eccezioni, gli elementi costituenti ghiaie e pietrischi dovranno essere tali da non passare attraverso un setaccio con maglie circolari del diametro di 10 mm.

Tabella 5.1 Classificazione della ghiaia e del pietrisco in base alla loro granulometria

Tipo		Granulometria in mm	Utilizzo
Ciottoli o "pillole di fiume"		80-100	pavimentazioni stradali
GHIAIA rocce	grossa o ghiaione	50-80	riempimenti, vespai, massicciate, sottofondi
	mezzana	20-50	riempimenti, solai, getti
	ghiaietto o "pisello"	10-20	riempimenti, solai, getti
	granello o "risone"	7-10	rinzaffi ad alto spessore, zoccolature, bugnati, pavimentazioni, piccoli getti
PIETRISCO rocce	grosso	40/71	riempimenti, vespai, getti
	ordinario	25/40 15/25	pavimentazioni stradali, getti, riempimenti
	pietrischetto	10/15	pavimentazioni stradali, getti, riempimenti
GRANIGLIA marmo	graniglia grossa	5/20	pavimenti a seminato, a finto mosaico
	graniglia media	2,5/11	pavimenti a seminato, a finto mosaico, battuti
	graniglia minuta	0,5/5	marmette di cemento, pavimenti a seminato, battuti

Sabbie

Le sabbie vive o di cava, di natura silicea, quarzosa, granitica o calcarea ricavate dalla frantumazione di rocce con alta resistenza alla compressione, né gessose, né gelive dovranno essere: ben assortite, costituite da grani resistenti, prive di materie terrose, argillose, limacciose, polverulenti, di detriti organici e sostanze inquinanti; inoltre, avere un contenuto di solfati e di cloruri molto basso. Le sabbie dovranno, altresì essere scricchiolanti alla mano, ed avere una perdita di peso non superiore al 2% se sottoposte alla prova di decantazione in acqua. Sarà assolutamente vietato l'utilizzo di sabbie marine o di cava che presentino apprezzabili tracce di sostanze chimiche attive.

L'appaltatore dovrà mettere a disposizione della direzione lavori i vagli di controllo (stacci) di cui alla citata norma UNI 2332 per il controllo granulometrico. In particolare:

- la sabbia per murature in genere dovrà essere costituita da grani di dimensioni tali da passare attraverso lo staccio 2 (UNI 2332-1);
- la sabbia per intonaci, stuccature e murature di paramento od in pietra da taglio dovrà essere costituita da grani passanti attraverso lo staccio 0,5 (UNI 2332-1);
- la sabbia per i conglomerati cementizi dovrà essere conforme a quanto previsto nell'Allegato 1 del DM 3 giugno 1968 e dal DM 14 gennaio 2008. I grani dovranno avere uno spessore compreso tra 0,1 mm e 5,0 mm (UNI 2332) ed essere adeguati alla destinazione del getto ed alle condizioni di posa in opera.

Le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno, salvo diverse specifiche di progetto, essere costituite da granuli del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%. La sabbia, all'occorrenza, dovrà essere lavata con acqua dolce, anche più volte, al fine di eliminare qualsiasi sostanza inquinante e nociva. L'accettabilità della sabbia verrà definita con i criteri indicati all'art. 6 del DR 16 novembre 1939, n. 2229, nell'allegato 1 del DM 3 giugno 1968 e nell'allegato 1, punto 2 del DM 27 luglio 1985; la distribuzione granulometrica dovrà essere assortita e comunque adeguata alle condizioni di posa in opera.

Tabella 5.2 Classificazione delle sabbie in base alla loro granulometria

Tipo		Granulometria in mm	Utilizzo
SABBIA silice, calcare	Grossa o sabbione	2/6	malta da costruzione, arriccio, rinzaffo (spessore 2-5 cm), calcestruzzi
	media	1/2	malta da rasatura, arriccio, intonachino, malta da allettamento
	fina	0,5/1	finiture, stuccature, iniezioni di consolidamento
	finissima	0,05-0,5	rifiniture, decorazioni, stuccature, iniezioni di consolidamento

Polveri

Ricavate dalla macinazione meccanica di marmi (carrara, verona, botticino ecc.) e pietre (silice ventilata, silice micronizzata) dovranno possedere grani del diametro di circa 50-80 micron e saranno aggiunte, dove prescritto dal progetto o dalla D.L., alla miscela secca di sabbie in quantitativo, salvo diverse prescrizioni, di circa 10-15% in peso.

La silice micronizzata si presenta come una polvere bianca, amorfa ai raggi X, con grandezza delle particelle primarie di 5-30 nanometri. Le caratteristiche principali sono: effetto addensante, tixotropante, antisedimentante, rinforzante per elastomeri, miglioramento dell'effetto di scorrimento delle poveri ed effetto assorbente.

Pietra macinata

Inerti ottenuti dalla frantumazione naturale di pietra calcarea proveniente direttamente da cave o da materiale di recupero della stessa fabbrica in questo caso, preventivamente alla macinazione, sarà cura dell'appaltatore provvedere ad una accurata pulizia seguita da cicli di lavaggio e asciugatura così da rimuovere eventuali tracce di sostanze inquinanti ed impurità varie. La pietra macinata, se non diversamente specificato, dovrà possedere le seguenti caratteristiche: buona resistenza a compressione; bassa porosità così da garantire un basso coefficiente di imbibizione; assenza di composti idrosolubili (ad es. gesso); assenza di sostanze polverose, argillose o di terreno organico.

Il materiale derivato dalla frantumazione delle pietre proveniente da cave (da utilizzare per intonaci e stuccature) dovrà, necessariamente, essere dapprima accuratamente ventilato ed in seguito lavato più volte con acqua dolce così da asportare la polvere di macinazione che ricoprendo i granuli dell'inerte potrebbe compromettere l'utilizzo. L'inerte macinato sarà, di norma, classificato, in base alla sua granulometria, in:

- fine da 0,3 a 1 mm
- media da 1 a 3 mm
- grossa da 3 a 5 mm
- molto grossa da 5 a 10 mm

Per il controllo granulometrico sarà cura dell'appaltatore fornire alla D.L. i crivelli ed i setacci indicati nelle norme UNI 2332-1 e UNI 2334.

Pozzolana

Le pozzolane (tufo trachitico poco coerente e parzialmente cementato di colore grigiastro, rossastro o bruno) dovranno essere ricavate da strati mondi da cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o di parti inerti ed essere di grana fine (dimensione massima dei grani della pozzolana e dei materiali a comportamento pozzolanico inferiore ai 5 mm), asciutte ed accuratamente vagliate, con resistenza a pressione su malta normale a 28 gg di 2,4 N/mm², resistenza a trazione su malta

normale a 28 gg. di 0,4 N/mm² e residuo insolubile non superiore al 40% ad attacco acido basico. Qualunque sia la provenienza dovranno rispondere a tutti i requisiti prescritti dal RD 16 novembre 1939, n. 2230.

Coccio pesto

Granulato di coccio macinato disidratato, dovrà essere ricavato dalla frantumazione di laterizio a pasta molle, mattoni, tavelle e coppi fatti a mano cotti a bassa temperatura (< a 950°C); a seconda delle zone di provenienza potrà presentare un colore da toni variabile dal giallo al rosso. Risulterà reperibile in diverse granulometria: a grana impalpabile 00-0, polvere 0-1,2 mm, fine 1,2-3 mm, media 3-8 mm, grossa 8-20 mm. La polvere di coccio pesto dovrà essere lavata al fine di eliminare qualsiasi sostanza inquinante e nociva. Per le sue caratteristiche di pozzolanicità e traspirabilità potrà essere usato per la produzione di malte ed intonaci naturali anche con spessori consistenti.

Caolino

Argilla primaria ricca di silicee allumina, di colore bianco deriva dalla caolinizzazione di rocce contenenti feldspati e prive di ferro nel luogo stesso di formazione. Per le sue caratteristiche di pozzolanicità e traspirabilità, potrà essere usato per la produzione di malte ed intonaci a marmorino ma anche per il consolidamento d'intonaci mediante iniezioni in profondità

Argille espanse

Materiali da utilizzare principalmente come inerti per il confezionamento di calcestruzzi alleggeriti; in genere si ottengono tramite cottura di piccoli grumi ottenuti agglomerando l'argilla con poca acqua. Ogni granulo di colore bruno dovrà presentare: forma rotondeggiante (diametro compreso tra gli 8 e i 15 mm), essere scevro da sostanze organiche, polvere od altri elementi estranei, non essere attaccabile da acidi, e conservare le sue qualità in un largo intervallo di temperatura.

Di norma le argille espanse saranno in grado di galleggiare sull'acqua senza assorbirla. Sarà, comunque, possibile utilizzare argille espanse pre-trattate con resine a base siliconica in grado di conferire all'inerte la massima impermeabilità evitando fenomeni di assorbimento di acque anche in minime quantità.

Con appositi procedimenti i granuli potranno anche essere sinterizzati e trasformati in blocchi leggeri (mattoni, mattoni forati) da utilizzare, eventualmente, per pareti isolanti.

Pomice ed altri inerti naturali leggeri

Gli inerti leggeri di pomice dovranno essere formati da granuli leggeri di pomice asciutti e scevri da sostanze organiche, polveri od altri elementi estranei. Dovranno possedere la granulometria prescritta dagli elaborati di progetto. Per quanto riguarda gli aggregati leggeri nel caso di utilizzo per miscele strutturali dovranno necessariamente possedere resistenza meccanica intorno ai valori di 15 N/mm².

Art. 2.1.6 - Pietre naturali e ricostruite

La terminologia utilizzata ha il significato di seguito riportato: le denominazioni commerciali dovranno essere riferite a campioni, atlanti ecc.; i prodotti di seguito elencati dovranno, qualora non diversamente specificato, rispondere al RD del 16 novembre 1939, nn. 2229-2232, e 3334 alle norme UNI alle norme tecniche del CNR nonché alle raccomandazioni NorMaL vigenti.

Ardesia

Roccia metamorfica filiate argilloscista con elevato contenuto di quarzo, facile da dividersi in lastre sottili possiedono elevata scistosità, grana fine e tinte dal grigio al nero. In lastre per copertura dovrà essere di prima scelta e di spessore uniforme: le lastre dovranno essere sonore, di superficie piuttosto rugosa che liscia ed esenti da inclusioni e venature. Elevata resistenza a compressione con carico di rottura di 1500 kg/cm².

Arenaria

Roccia sedimentaria clastica composta per cementazione naturale di una sabbia silicea o silicatico. Il cemento potrà essere di natura silicea, argilloso, argilloso-calcareo (macigno), gessoso ma, più frequente sarà quello misto. In funzione della natura di tale cemento ed al tipo di diagenesi subito, le arenarie potranno essere più o meno compatte, forti o friabili; di norma si presentano con giacitura a strati, hanno resistenza alla compressione di 600-1000 Kg/cm², peso specifico da 2,5 a 2,7, colore variabile anche all'interno di una stessa formazione: tinta predominante grigio, bruno-giallastro, rossastro, grana fine non lucidabile. Generalmente di facile lavorazione, ed in rapporto alla consistenza, potranno essere impiegate come pietra da taglio, per elementi architettonici, rivestimenti ed anche per pavimentazioni stradali. Alcune varietà sono gelive.

Calcare

Roccia sedimentaria o metamorfica costituita prevalentemente, da calcite, ovvero da carbonato di calcio, generalmente con associazione d'impurezze ed altre sostanze che ne modificano le caratteristiche tecniche. La loro formazione potrà essere di due tipi: sedimentaria di deposito chimico (travertini, alabastri calcarei, tufi calcarei o calcareniti ecc.) o alterazione chimica e deposito meccanico, cioè da deposito di prodotti di disgregazione di altre rocce ricimentatesi (conglomerati come breccie a scheletro di pezzatura spigolosa e puddinghe sempre con pezzatura grossa ma a carattere arrotondato); di tipo metamorfica con processo di ricristallizzazione (marmi). I calcari, possiedono, di norma, durezza media (3 Mohs), peso specifico da 1,7 a 2,8 ton/m³; resistenza alla compressione da buona ad ottima, non sono gelivi. I calcari teneri non risultano suscettibili di lucidatura, hanno grana fine ed omogenea; potranno essere utilizzati sia per apparecchi portanti sia per elementi decorativi. I calcari compatti sono, normalmente, lucidabili, avranno struttura microcristallina e proprietà superiore a quelle di marmi.

Granito (termine commerciale)

Roccia eruttiva intrusiva composta prevalentemente da minerali di durezza Mohs da 6 a 7 (quali quarzo, feldspati, e da scarsi minerali ferrici), compatta, di difficile lavorabilità, manterrà a lungo la lucidatura se esposta all'esterno. La rottura del granito non avverrà per scorrimento dei piani reticolari, ma per reciproco distacco dei grani tra loro. I graniti potranno essere utilizzati per decorazione e per costruzione (grazie alle loro buone caratteristiche meccaniche e di resistenza all'abrasione e al gelo); di colore biancastro, grigiastro, rossastro frequentemente con macchiettature più scure (il colore dipenderà soprattutto dal contenuto di feldspato e di ferro), hanno una composizione chimica acida con abbondanza di silice in percentuale variabile tra il 70% e l'80%. La struttura tipica è granulare olocristallina con cristalli di dimensione variabile da minuti (1-2 mm) a medio grandi (10-20 mm), peso specifico relativamente modesto.

A questa categoria, appartengono:

- i graniti propriamente detti (rocce magmatiche intrusive acide fanero-cristalline, costituite da quarzo, feldspati sodico-potassici emiche);
- altre rocce magmatiche intrusive (dioriti, granodioriti, sieniti, gabbri ecc.);
- le corrispettive rocce magmatiche effusive, a struttura porfirica;
- alcune rocce metamorfiche di analoga composizione come gneiss e serizzi.

Marmo (termine commerciale)

Roccia metamorfica le cui rocce originarie sono costituite da calcari di qualsiasi origine ovvero deposito meccanico, di deposito fisico-chimico ed organico. Dal punto di vista geologico per marmo sarà da intendersi un calcare (in genere organogeno) cristallino metamorfosato, di struttura compatta, lucidabile, caratterizzato da una cristallinità rilevabile ad occhio nudo. I marmi potranno essere utilizzati per decorazione e per costruzione, prevalentemente saranno costituiti da minerali di durezza Mohs da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino). A differenza dei calcari compatti microcristallini, i marmi presentano la caratteristica di traslucità che ne determina un maggiore valore estetico. A questa categoria appartengono:

- i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri ed i cipollini;

- i calcari, le dolomie e le brecce calcaree lucidabili;
- gli alabastrini calcarei;
- le serpentine;
- oficalciti.

I marmi dovranno essere soggetti alla lavorazione superficiale e/o le finiture indicate dal progetto, le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze nonché essere esenti da alcun difetto (bucce, vene, lenti, scaglie, peli, nodi, piccole cavità o taroli, macrosità, fessurazioni, inclusioni ecc.).

Pietra (termine commerciale)

Roccia compatta e resistente, di natura ed origine varia da impiegarsi sia nelle costruzioni sia nelle decorazioni, di norma non lucidabile. Sotto questa categoria potranno essere classificate rocce di composizione mineralogica svariatissima non inseribili in alcuna classificazione, comunque riconducibili ad uno dei due gruppi seguenti:

- rocce tenere e/o poco compatte, come varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo ecc.), varie rocce piroclastiche (peperini, tuffi ecc.);
- rocce dure e/o compatte come le pietre a spacco naturali (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie ecc.) e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leucititi ecc.).

Le pietre naturali da impiegarsi nella muratura e per qualsiasi altro lavoro, dovranno essere a grana compatta, esenti da piani di sfaldamento, da screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego, offrire una resistenza proporzionata all'entità della sollecitazione cui devono essere soggette, ed avere una efficace adesività alle malte. Dovranno essere, in assoluto, scartate le pietre marnose e quelle alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

Le caratteristiche fisico-meccaniche delle pietre naturali da impiegare nella costruzione (in relazione sia alla natura della roccia prescelta sia dell'impiego) dovranno corrispondere alle norme di cui al R.D. 16 novembre 1939, nn. 2229 e 2232, nonché alle norme UNI vigenti.

Pietra da taglio

Oltre a possedere i requisiti ed i caratteri generali sopra indicati, dovranno avere struttura uniforme, essere scevre da fenditure, cavità e litoclasti, sonore alla percussione, e di perfetta lavorabilità e/o lucidabilità. Le forme, le dimensioni ed i sistemi di lavorazione dei pezzi, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, verranno man mano indicati dalla D.L. Le lavorazioni da adottare per le pietre da taglio se non diversamente specificato saranno le seguenti:

- a semplice sbazzatura;
- a punta grossa; a punta mezzana; a punta fine;
- a martellina grossa; a martellina fina;
- a bocciarda grossa; a bocciarda media; a bocciarda fine;
- a gradina media; a gradina fine;
- a scalpellino medio; a scalpellino fine.

Le facce delle pietre da taglio, anche se unicamente sbazzate, dovranno venir lavorate sotto regolo, così da non perdere mai sinuosità maggiori di 1 cm; le pietre lavorate a punta grossa non dovranno presentare sinuosità maggiori di 5 mm. Nei conci lavorati a punta mezzana ed a punta fina, i letti di posa dovranno essere ridotti a perfetto piano e le facce dovranno presentare spigoli ben vivi e ben rifilati così che le giunture celate non superino la larghezza di 8 mm e quelle in vista di 4 mm. Allorché sia comandata la lavorazione a martellina, le superfici lavorate dovranno essere a "pelle" piana e liscia, senza sinuosità e sporgenze alcuna e le attaccature non dovranno essere superiore ai 2 mm.

Per le opere a "faccia a vista" dovrà essere vietato l'impiego di materiali con venature disomogenee o, in genere, di brecce. Per questo specifico utilizzo dovranno essere utilizzate pietre caratterizzate da una buona resistenza a compressione ed a flessione, capacità di resistenza agli agenti atmosferici ed alle sostanze inquinanti, nonché presentare una buona tenacità (resistenza agli urti).

Travertino (termine commerciale)

Roccia sedimentaria di deposito chimico con caratteristica strutturale vacuolare, da impiegare in rivestimenti esterni ed interni, in pavimenti, marcapiani, elementi architettonici in genere; alcune varietà sono lucidabili. È una roccia concrezionata, a struttura microcristallina; la sedimentazione delle concrezioni potrà risultare molto evidenziata da stratificazioni parallele a bande e zonature talvolta anche molto marcate determinate da variazioni di colore e porosità.

Tufo

Roccia sedimentaria piroclastica e coerente formata da lapilli. Dovrà essere di struttura litoide, compatta ed uniforme, dovrà essere escluso il tufo pomicioso e quello facilmente friabile. Modesta resistenza a compressione (30-50 kg/cm²), peso specifico di 1,3-1,5.

I prodotti di cui sopra dovranno rispondere a quanto segue:

1) appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto, oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesta, essere conformi ai campioni di riferimento precedentemente selezionati. Dovranno, altresì, essere della migliore qualità, ed essere esenti di scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi, peli, crepe, discontinuità o altri difetti che li potrebbero rendere fragili, poco omogenei e non adattati alla specifica funzione. Non saranno tollerati: stuccature, tasselli, rotture e scheggiature;

2) avere lavorazione superficiale e/o finiture indicate nel progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento; avere le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze;

3) delle seguenti caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (ed i valori minimi e/o la dispersione percentuale):

- massa volumica reale ed apparente, (misurata secondo);
- coefficiente di imbibizione della massa secca iniziale, (misurato secondo);
- resistenza a compressione, (misurata secondo);
- resistenza a flessione, (misurata secondo);
- resistenza all'abrasione, (misurata secondo);
-

4) per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale per murature, pavimentazioni, coperture ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato ed alle prescrizioni di progetto.

I valori dichiarati saranno accettati dalla D.L. anche in base ai criteri generali dell'art. 1 del presente capo.

Tabella 6.1 Proprietà fisiche delle pietre naturali

Rocce	Massa volumica (peso sp. app.) ton/m ³	Massa volumica appar. (peso in mucchio) ton/ m ³	Porosità assoluta % del volume	Porosità appar. volume %	Coefficiente d'imbibizione in peso %
a) intrusive					
Granito, Sienite	2,60-2,80	1,3-1,4	0,4-1,5	0,4-1,4	0,2-0,5
Diorire, Gabbro	2,80-3,00	1,4-1,5	0,5-1,6	0,5-1,5	0,2-0,4
b) effusive					
Porfido quarzifero, Porfirite, Andesite	2,55-2,80	1,3-1,4	0,4-1,8	0,4-1,5	0,2-0,7
Basalto, Melafiro	2,95-3,00	1,4-1,5	0,2-0,9	0,3-0,7	0,1-0,3
Rocce	Massa volumica (peso sp. app.) ton/m ³	Massa volumica appar. (peso in mucchio) ton/ m ³	Porosità assoluta % del volume	Porosità appar. volume %	Coefficiente d'imbibizione in peso %
c) detritiche					
Pomice	50-1,10	0,5-0,9	30-70	25-60	30-70
Tufo vulcanico	1,80-2,00	0,6-1,0	20-30	12-30	6-15
a) clastiche					
Arenaria	2,60-2,65	1,3-1,4	0,4-0,2	0,4-1,3	0,2-0,5

b) organogene					
Calcere tenero, inclusi i conglomerati	1,70-2,60	1,3-1,4	0,5-30	0,5-25	1,0-25
Calcere compatto	2,65-2,85	1,3-1,4	0,4-2,0	0,5-1,8	2,0-4,0
c) chimica					
Dolomia	2,30-2,85	1,3-1,4	0,4-2,0	0,5-1,8	2,0-4,0
Travertino	2,40-2,50	1,1-1,2	5,0-12	4,0-10	2,0-5,0
Gneiss	2,65-3,00	1,3-1,5	0,4-2,0	0,3-1,8	0,1-0,6
Scisti (lavagna)	2,70-2,80		1,6-2,5	1,4-1,8	0,5-0,6
Marmo	2,70-2,80	1,3-1,4	0,5-3,0	0,5-2,0	0,0-1,0
Quarziti	2,60-3,65	1,3-1,4	0,4-2,0	0,2-0,6	0,2-0,6

Tabella 6.2 Proprietà meccaniche delle pietre naturali

Rocce	Resistenza a rottura per compressione MPa	Resistenza a rottura per flessione MPa	Modulo di elasticità MPa	Tenacità (rest. all'urto) kgcm/cm ²	Resistenza ad usura (refer. granito uguale ad 1)
Granito, Sienite	157-235	10-20	49.000-59.000	110-120	1
Diorire, Gabbro	167-295	10-21	78.400-98.000	130-180	1-1,5
Porfido quarzifero, Porfirite, Andesite	176-295	15-20	49.000-69.000	130-240	1-1,5
Basalto, Melafiro	245-395	12-25	88.000-118.000	160-300	1-2
Tufo vulcanico	5-20	0,7	9.800-29.500	---	---
Arenaria	120-200	4-9	30.000-40.000	150-260	
Calcere tenero	20-88	5-10	29.000-59.000	70-110	4-9
Calcere compatto	78-176	6-15	39.000-69.000	70-110	4-8
Travertino	20-60	4-10	24.500-49.000	60-100	7-12
Gneiss	157-275	---	49.000-69.000	40-100	1-2
Scisti (lavagna)	30-100	---	19.500-59.000	40-80	4-8
Marmo	100-176	6-15	39.000-69.000	70-100	4-8
Quarziti	145-295	---	49.000-69.000	110-180	1-1,5

Art. 2.1.7. Prodotti di metallo

Dovranno rispondere alle prescrizioni date nella norma UNI 4630 per le lamiere bugnate e nella norma UNI 3151 per le lamiere stirate. Le lamiere dovranno, inoltre, essere esenti da difetti visibili (quali scagliature, bave, crepe, crateri ecc.) e da difetti di forma (svergolamento, ondulazione ecc.) che ne pregiudichino l'impiego e/o la messa in opera e dovranno avere l'eventuale rivestimento superficiale prescritto nel progetto.

Art. 2.1.8 - Colori e vernici - generalità

Dovrà essere fatto obbligo all'appaltatore di utilizzare colori e vernici di recente produzione, che non presentino fenomeni di sedimentazione o di addensamento, gelatinizzazioni o di qualsiasi altro difetto. Dovranno essere forniti in cantiere in recipienti sigillati recanti l'indicazione della ditta produttrice, il tipo, la qualità, le modalità d'uso e di conservazione del prodotto nonché la data di scadenza. L'appaltatore dovrà aprire i contenitori solo al momento dell'utilizzo ed in presenza della D.L. che avrà l'obbligo di controllarne il contenuto. La stessa D.L. potrà procedere anche a lavori iniziati a ulteriori controlli (anche parziali) su campioni della fornitura. I prodotti, se non diversamente richiesto da indicazioni di progetto e/o prescrizioni della D.L., dovranno essere pronti all'uso (ad eccezione delle eventuali diluizioni previste dalle ditte produttrici seguendo i rapporti indicati o le specifiche prescrizioni della D.L.); dovranno assolvere le funzioni di protezione e/o decorazione, conferire alle superfici l'aspetto previsto dal progetto e mantenere tali proprietà nel tempo.

Per quanto riguarda i prodotti per la tinteggiatura di strutture murarie saranno da utilizzarsi esclusivamente, se non diversamente specificato, prodotti non pellicolanti secondo le definizioni delle norme UNI nn. 8752-8758.

Secondo la norma UNI/EDL 8752 si intendono con i termini:

- pittura: rivestimento riportato filmogeno avente potere coprente dotato di proprietà protettive e decorative ed eventualmente di proprietà tecniche particolari;
- tinta rivestimento riportato non filmogeno avente potere coprente dotato di proprietà decorative e non necessariamente di proprietà protettive o proprietà tecniche particolari;
- vernice: rivestimento riportato filmogeno trasparente, incolore o colorato.

Tutti i prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI e UNICHIM vigenti.

In ogni caso i prodotti da utilizzarsi dovranno avere ottima penetrabilità e compatibilità con il supporto, così da garantire una buona traspirabilità. Tali caratteristiche dovranno risultare prevalenti rispetto alla durabilità dei cromatismi.

Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura e/o verniciatura di fabbriche, ovvero manufatti di dichiarato interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, o su manufatti soggetti ad interventi di conservazione e restauro, sarà obbligo procedere dietro specifica autorizzazione della D.L. e degli organi competenti. In questi casi dovrà essere assolutamente vietato utilizzare prodotti a base di resine sintetiche senza una specifica autorizzazione della D.L., ovvero degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Per i prodotti di comune impiego dovranno essere osservate, salvo diverse precisazioni, le seguenti prescrizioni:

- a) olio di lino cotto: l'olio di lino cotto dovrà essere ben depurato, presentare un colore bruno rossastro perfettamente limpido, un odore forte ed amarissimo al gusto, essere scevro da adulterazioni con olio minerale, olio di pesce ecc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. L'acidità massima ammessa dovrà essere in misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15°C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93;
- b) acquaragia (senza essenza di trementina): solvente apolare usato come diluente di altri solventi o di vernici, o come solvente per resine sintetiche. Dovrà essere limpida, incolore, di odore gradevole e molto volatile. La sua densità a 15°C dovrà essere di 0,87. È consigliabile il suo uso in ambiente aerato;
- c) bianco di zinco: il bianco di zinco dovrà presentarsi come polvere finissima, bianca, costituita da ossido di zinco, non dovrà contenere più del 4% di sali di piombo allo stato di solfato, né più del 1% di altre impurità; l'umidità non dovrà superare il 3%. Dovrà essere utilizzato principalmente nella preparazione di prodotti vernicianti per interni;
- d) bianco di titanio: biossido di titanio dovrà presentare un ottimo potere coprente e opacizzante, normalmente presente nella quasi totalità dei prodotti vernicianti in tinta bianca;
- e) latte di calce: il latte di calce dovrà essere ricavato dal filtraggio di una soluzione particolarmente acquosa ottenuta stemperando accuratamente grassello di calce fino ad ottenere una miscela liquida e biancastra. Vi si potrà aggiungere la quantità di nero fumo strettamente necessaria per evitare la tinta giallastra. Per tinteggi, scialbatura o velature su murature di particolare valore storico- artistico dovrà essere vietato ricavare il latte di calce stemperando calce idrata in polvere.

Art. 2.1.8.1 Pigmenti

Potranno essere definiti pigmenti i materiali (di granulometria molto fine dell'ordine di millesimi di millimetro) che, già colorati di per sé, risulteranno in grado di colorarne altri, se applicati sopra, inglobati o meno in apposite matrici. La natura chimica determinerà le caratteristiche proprie del pigmento; il potere colorante dovrà essere in relazione alla capacità maggiore o minore di un pigmento di conferire colore, mentre il potere coprente dovrà essere in relazione alla capacità di un pigmento di celare il supporto sottostante e dipenderà dalle caratteristiche stesse del pigmento. I pigmenti potranno essere di struttura chimica organica od inorganica (cioè minerale) e di origine naturale o artificiale. Per le superfici architettoniche risulteranno particolarmente adatti i pigmenti

inorganici in quanto stabili al contatto con la calce presente nella tinta o nel supporto. I Pigmenti di origine inorganica dovranno essere costituiti in prevalenza da composti dei metalli (ferro, manganese, rame, piombo, cromo ecc.); risulteranno più resistenti agli agenti atmosferici, più coprenti e più economici di quelli organici ma dotati di un minore potere colorante.

a) Ossidi di ferro: pigmenti puri ottenuti, attualmente, per via sintetica, stabili alla luce, agli agenti atmosferici, agli acidi, agli alcali alla calce e al cemento. I più comuni sono: ossido di ferro giallo, ossido di ferro rosso, ossido di ferro nero e ossido di ferro bruno. Tali ossidi risulteranno particolarmente indicati per la preparazione di tinte per calce e cemento, per la colorazione in pasta di cementi, calcestruzzi, malte per intonaci e stucchi, per la colorazione di granulati per tegole, asfalti e bitumi. Al fine di ottenere una buona dispersione, salvo diverse specifiche di progetto, l'ossido e gli altri materiali dovranno essere miscelati a secco, aggiungendo solo in seguito la quantità di acqua richiesta. Le percentuali d'uso potranno variare secondo l'intensità di tinta che si vorrà ottenere e al potere coprente del materiale in cui verranno miscelati, in ogni caso, salvo diverse specifiche, la percentuale non dovrà mai essere superiore al 10% in peso sulla massa.

b) Terre naturali: pigmenti che si rintracciano in natura con qualità specifiche di terrosità e finezza tali da essere impiegati come sostanze coloranti. Le terre coloranti dovranno contenere ossidi minerali di origine naturale, in mescolanze e percentuali variabili a seconda dei tipi (mediamente 20-40%, non saranno, in ogni caso, utilizzabili i depositi minerali che contengano ossidi in percentuale inferiore al 10%); le terre dovranno comporsi di un composto del ferro, un ossido, un idrossido, un silicato idrato. Le uniche terre che non sono a base di ferro sono le terre nere. La lavorazione delle terre coloranti, dopo che sono state estratte e asciugate si diversificherà a seconda della specifica tipologia; alcune verranno sbriciolate grossolanamente, separate dall'impurità e poi nuovamente macinate più o meno finemente (terre naturali) altre invece, cotte a temperature intorno ai 200-400°C (terre bruciate): in questo modo si produrranno profonde alterazioni mineralogiche che daranno vita a differenti tonalità di colore. Le terre più comuni sono: terre gialle: idrossidi di ferro associati ad argille, il contenuto di minerali di ferro potrà variare tra il 15-20% e il 60-70%. Terre rosse il cui colore è imputabile alla presenza d'ossido rosso associato ad argille e silicati amorfi; la terra rossa si può, anche, ottenere dalla calcinazione a basse temperature (200-400°C) di terre gialle. Il colore delle terre d'ombra è dovuto, invece, alla presenza di ossidi di manganese e di ferro dispersi su base argillosa; per calcinazione si potranno ottenere tonalità più scure.

Caratteristiche chimico-fisiche medie delle terre coloranti: peso specifico assoluto 4-5 gr/ml; massa volumica apparente 400-800 gr/lt; pH 3,5-6; ottima stabilità chimica alla luce, alla calce, all'umidità; insolubili sia in acqua sia in solventi inorganici.

Tabella 8.1 Pigmenti più utilizzati

Colore	Tipo di pigmento
Bianco	Latte di calce, Bianco San Giovanni, Bianco Spagna, Bianco Meudon, Bianco Zinco
Nero	Terra Nera Venezia, Nero Vite, Nero Manganese, Nero Roma
Bruno	Terra d'Ombra Naturale e Bruciata, Terra Colonia, Ocra Avana, Terra di Cipro
Giallo	Terre Gialle e Ocre Gialle, Terra Siena Naturale, Ocra Gialla
Rosso	Terra Rossa, Terra Siena Bruciata, Ocra Rossa, Cinabro Naturale, Rosso Ercolano
Verde	Terra Verde Nicosia, Verde Brentonico, Ossido di Cromo, Verde Cobalto
Azzurro	Azzurro di Cobalto, Blu Oltremare

Art. 2.1.8.2 Tinte

Tinte alla calce

Dovranno costituirsi di un'emulsione di calce idrata in fiore o di grassello di calce in cui verranno stemperati pigmenti inorganici naturali a base di terre coloranti, carbonati ed ossidi di ferro l'indurimento e la stabilizzazione della tinta avverrà mediante reazione con anidride carbonica dell'aria che produrrà, con la simultanea cessione di acqua, un calcare similmente a quanto avviene per gli intonaci di calce area. Per ottenere un'omogenea dispersione dei colori i pigmenti (precedentemente calibrati sulla tinta voluta) dovranno essere prima miscelati a secco e poi, preventivamente, messi in bagno in una quantità d'acqua pari a circa il doppio del loro volume, lasciandoli riposare per ore. I pigmenti, prima di aggiungerli al latte di calce dovranno

obbligatoriamente essere passati attraverso un setaccio, in modo da eliminare eventuali grumi. L'aderenza alle malte potrà essere migliorata con additivi quali colle artificiali, animali e vegetali o con limitate quantità di resina acrilica in emulsione acquosa (massimo 5-10%). I suddetti additivi, ovvieranno a difetti come il dilavamento e lo spolverio, aumentando la durata e la resistenza della calce in presenza di inquinamento atmosferico.

Le tinte alla calce potranno essere applicate anche su pareti intonacate di fresco; in questo caso come pigmenti dovranno essere utilizzate terre naturali passate al setaccio. Per interventi conservativi si potrà ricorrere a velature di tinte a calce fortemente stemperate in acqua in modo da affievolire il potere coprente, rendendo la tinta trasparente.

Tinte ai silicati

Dovranno costituirsi di un legante a base di silicato di potassio, di un silicato di sodio o da una miscela di entrambi gli elementi e da pigmenti esclusivamente inorganici (per lo più ossidi di ferro) trattati in maniera da essere stabili all'acidità ambientale. La tinta ai silicati potrà essere stesa, in linea generale, su qualunque tipo di supporto (escluso il gesso in ogni sua forma, intonaco, cartongesso ecc.), purché questo si presenti asciutto e accuratamente spolverato e a patto che si dispongano, a seconda della natura e dello stato di conservazione dello stesso, differenti ed idonei trattamenti preliminari. Per ovviare ai problemi di applicazione legati ai sistemi di coloritura ai silicati non stabilizzati sarà consigliabile l'utilizzo di tinte costituite da silicato di potassio in soluzione stabilizzata ed idrofobizzata. Queste tinte si differenzieranno da quelle tradizionali in quanto conterranno, oltre all'agente silicato di potassio legante, una dispersione sintetica resistente agli alcali, cariche, additivi reologici e antibiodeteriogeni; la quantità totale di sostanze organiche potrà raggiungere al massimo il 5 % del peso, con riferimento al peso totale del prodotto finito. La dispersione sintetica contenuta in queste tinte organosilicatiche non darà vita a pellicola e perciò non sarà considerata agente legante. La dispersione sintetica avrà soltanto una funzione reologica e protettiva subito dopo l'applicazione della tinta fino a che la "silicificazione" non progredisce in modo sufficiente. Sovente in questa seconda tipologia di tinta ai silicati non si fa uso di pigmenti bianchi (con elevato potere coprente) di conseguenza risultando semitrasparenti potranno rilevarsi valide alternative alla tinta alla calce specialmente in ambienti esterni particolarmente aggressivi sia dal punto di vista climatico che atmosferico.

Nel caso in cui non si aggiungano i pigmenti queste miscele acquose (massima diluizione 50%) di silicati di potassio in soluzione stabilizzati ed idrofobizzati potranno rilevarsi buoni prodotti impregnanti con funzioni di consolidamento e protezione specialmente per intonaci e laterizi. Di norma il tempo di essiccamento superficiale o al tatto (a +20°C e 65% di UR) sarà di circa 2 ore, mentre ne occorreranno 24 per l'essiccamento in profondità.

Il legame chimico che si istituirà tra tinta ed intonaco sottostante è stabile, la tintura non risulterà soggetta a degradi di sfogliamento anzi, agirà da consolidamento del supporto. Le caratteristiche che dovranno possedere tali tinte saranno:

- ottima adesione al supporto;
- buona permeabilità al vapore;
- resistenza all'acqua;
- resistenza ai raggi ultravioletti;
- resistenza alle muffe;
- invecchieranno per progressiva erosione e dilavamento superficiale.

Le suddette tinte dovranno essere applicate a temperatura minima +8°C massima +35°C; umidità relativa dell'ambiente massima 85% e temperatura del supporto minima +5°C massima +40°C.

Art. 2.1.8.3 Pitture

Le pitture dovranno di norma, costituirsi da un pigmento, un veicolo o legante, un diluente e un seccante. In taluni casi, al composto, potrà essere aggiunto un antifermentativo o degli antimuffa. Il pigmento dovrà essere, generalmente, di origine inorganica o artificiale. Il potere coprente richiesto alle pitture sarà determinato dal pigmento e dalle cariche.

Pitture a colla o tempera

Dovranno costituirsi di sospensioni acquose di pigmenti, cariche (calce, gesso, carbonato di calcio finemente polverizzati), e leganti a base di colle naturali (caseina, colla di pesce, latte, colla di farina ecc.) o sintetiche (colle viniliche, acriliche o di altro tipo di sintesi). Dovranno essere, preferibilmente, utilizzate su pareti interne intonacate perfettamente asciutte. In relazione alle modalità realizzative questa pittura potrà essere suddivisa in tre tipi: quella che si ottiene “stemperando” i colori in acqua e aggiungendo in un secondo momento il legante (ovvero la colla); quella che si ottiene tinteggiando con pigmenti precedentemente stemperati in acqua e poi a soluzione asciutta vaporizzando soluzioni molto diluite di colla e quella ottenuta dalla stesura della miscela ottenuta dall’impasto unico di colla colori ed acqua.

Il prodotto utilizzato, in ogni caso, dovrà possedere buona adesività al fine di eliminare lo scrostamento al contatto, buon potere coprente permettere sia la sovrapposizione dei colori sia, gli eventuali ritocchi, buona resistenza all’azione dell’acqua e dell’umidità, soprattutto se estesa all’esterno, brillantezza di colore e resistenza nel tempo.

Pitture ad olio

Potranno comporsi di oli, resine sintetiche, pigmenti e sostanze coloranti. Rispetto alla tinteggiatura a tempera, dovrà presentare una maggiore elasticità e quindi capacità di seguire le eventuali deformazioni del fondo e presentare, inoltre, notevole impermeabilità e capacità di ritocco senza che i colori si mescolino tra loro in modo incontrollabile. Dovranno possedere un alto potere coprente, risultare resistenti all’azione degradante dell’atmosfera, delle piogge acide, dei raggi ultravioletti.

Pitture cementizie

Si comporranno di sospensioni acquose di cementi bianchi, resine acriliche in emulsione, cariche micronizzate, pigmenti inorganici ed additivi chimici (antialga e antimuffa) in polvere. Dovranno essere preparate in piccoli quantitativi a causa del velocissimo tempo di presa. L’applicazione dovrà concludersi entro 30 minuti dalla preparazione, prima che avvenga la fase di indurimento. Terminata tale fase sarà fatto divieto diluirle in acqua per eventuali riutilizzi. Il film essiccato di queste pitture, presenterà una bassa porosità che lo renderà particolarmente indicato per il trattamento e la protezione di strutture in cemento armato, dall’azione aggressiva dell’anidride carbonica. Inoltre il suo basso assorbimento d’acqua permette di preservare i supporti dall’azione di usura dovuta all’azione di “gelo-disgelo”. Il tipo di finitura satinata permetterà di uniformare l’aspetto cromatico di getti non omogenei di calcestruzzo senza coprirne il disegno. Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura di fabbriche come manufatti di dichiarato interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, ovvero su manufatti sottoposti ad interventi di conservazione e restauro, l’utilizzo di pitture cementizie dovrà essere vietato.

Pitture emulsionate

Emulsioni o dispersioni acquose che si costituiranno di pigmenti organici o inorganici, di cariche (carbonati di calcio, silicati di alluminio, polveri di quarzo ecc.) e da additivi sospesi in una resina sintetica (acrilica o acetoviniliche-versatiche). Poste in commercio come paste dense, da diluirsi in acqua al momento dell’impiego, dovranno essere in grado di realizzare sia forti spessori sia film sottilissimi. Potranno essere utilizzate su superfici interne ed esterne, in questo ultimo caso dovranno possedere una spiccata resistenza all’attacco fisico-chimico operato dagli agenti inquinanti. Queste pitture dovranno risultare impermeabili ed il loro degrado avverrà per filmazione od spogliamento-spellatura. Dovranno essere applicate con maestria e possedere colorazione uniforme. Potranno essere applicate anche su calcestruzzi, legno, cartone ed altri materiali. Non dovranno mai essere applicate su strati preesistenti di tinteggiatura, pittura o vernice non perfettamente aderenti al supporto.

Idropittura (pittura all'acqua, pitture lavabili) a base di copolimeri acrilici

Pitture in cui il legante dovrà essere costituito da una dispersione acquosa di resine sintetiche (soprattutto copolimeri acrilici) con pigmenti che potranno essere organici ad alto potere coprente o inorganici (ad es., farina di quarzo, caolino, biossido di titanio ecc.) comunque molto coprenti con l'aggiunta di additivi reologici ed antimuffa. Questo consentirà di dare luogo a coloriture "piatte" con un effetto "cartonato". Le cariche dovranno essere costituite da materiali inerti, stabili rispetto all'acidità degli ambienti inquinanti. Le caratteristiche principali di questa pittura saranno: aspetto opaco-serico, ottima adesione al supporto, insaponificabile, ottimo potere riempitivo, resistenza agli alcali ed agli agenti aggressivi dell'inquinamento, resistenza all'attacco di funghi, muffe e batteri, superlavabile (resiste ad oltre 500 cicli di spazzola), eccellente stabilità di tonalità delle tinte e non ingiallente, resistenza ai raggi ultravioletti. Questo tipo di pittura risulterà idonea su intonaco civile di malta bastarda, cementizia o equivalente, intonaco a gesso, nuovo o già rivestito con altre pitturazioni (previa preparazione con pulizia ed applicazione di idoneo fissativo uniformante e/o consolidante), elementi prefabbricati in conglomerati cementizi a superficie compatta, uniforme e piana, legno truciolare. Nel caso in cui si proceda alla tinteggiatura di manufatti di chiaro interesse storico, artistico, archeologico, o documentario posti sotto tutela, se non diversamente specificato dalla D.L., dovrà essere vietato l'utilizzo di idropitture acriliche.

Boiaccia passivante

Boiaccia passivante anticarbonatante, pennellabile per la protezione dell'armatura di strutture in cemento armato normalmente caratterizzata da colori vivaci (arancio, azzurro, verde ecc.). Il prodotto potrà essere monocomponente, esente da nitrati, da miscelare con sola acqua (quantità variabile tra 0,3 e 0,5 l/kg), o bicomponente (A = miscela di cemento o leganti idraulici ad elevata resistenza, polveri silicee con idonea curva granulometrica, inibitori di corrosione, B = polimeri in dispersione acquosa; rapporto tra A e B variabile da 2:1 a 3:1); in ogni caso le caratteristiche minime della boiaccia dovranno essere: adesione all'armatura ed al cls > 2,5 N/mm², resistenza alla nebbia salina dopo 120 h nessuna corrosione, pH > 12, tempo di lavorabilità a 20°C e 50% U.R. circa 40-60 min, temperatura limite di applicazione tra +5°C e +35°C, classe zero di reazione al fuoco.

Lo strato minimo di protezione di tale pittura dovrà essere di almeno 1 mm.

Art. 2.1.8.4 Vernici

Per vernice dovranno intendersi tutti gli impregnanti, i consolidanti e gli idrorepellenti; in genere utilizzati su legno, pietre naturali, cemento armato a vista, intonaci e su altri supporti murari quando si vorrà aumentarne la consistenza l'impermeabilità o l'idrorepellenza. I prodotti vernicianti dovranno essere classificati in rivestimenti incorporati (impregnanti superficiali: idrorepellenti, consolidanti, mordenti e primer per supporti in legno, conglomerati legati con calce e/o cemento come intonaci cementi decorativi e calcestruzzi) e rivestimenti riportati (smalti, flatting, "pitture").

Vernici naturali e sintetiche

Le vernici dovranno creare una pellicola trasparente, lucida od opaca. Di norma si otterranno per sospensioni di pigmenti e delle cariche (talco, quarzo, caolino ecc.) in soluzioni organiche di resine naturali (coppale, colofonia, trementina benzoino, mastice ecc.) o sintetiche, (acriliche, alchidiche, oleoalchidiche, cloroviniliche, epossidiche, poliuretani, poliesteri, fenoliche, siliconiche ecc.). La percentuale di veicolo (legante + solvente) dovrà di norma essere pari al 50%, nel caso di verniciature per esterno, la composizione dovrà essere: 40% di pigmento e 60% di veicolo caratterizzato da resistenze particolari agli agenti atmosferici ed agli agenti alcalini.

Le vernici per gli interni dovranno essere a base di essenza di trementina e gomme pure di qualità scelte; disciolte nell'olio di lino dovranno presentare una superficie brillante. Dovrà essere fatto divieto l'impiego di gomme prodotte da distillazione.

Di norma le vernici essiccheranno con rapidità formando pellicole molto dure. Dovranno essere resistenti agli agenti atmosferici, alla luce ed agli urti; essere utilizzate dietro precise indicazioni della D.L. che dovrà verificarne lo stato di conservazione una volta aperti i recipienti originali.

Smalti

Prodotti di natura vetrosa composti da silicati alcalini: alluminio, piombo, quarzo, ossido di zinco, minio ecc.; si utilizzeranno per eliminare la porosità superficiale della ceramica e/o per decorarla. All'interno di questa categoria rientreranno anche gli smalti sintetici: miscele di resine termoindurenti sciolte in acquaragia insieme ai pigmenti; queste sostanze dovranno possedere forte potere coprente, avere le caratteristica di essiccare in poche ore (intorno alle 6 ore), facilità di applicazione, luminosità e resistere agli urti per diversi anni anche all'esterno.

Vernice antiruggine e anticorrosive

Dovranno essere rapportate al tipo di materiale da proteggere ed alle condizioni ambientali. Il tipo di vernice da impiegare su ferro e sue leghe dovrà essere indicato dalla D.L., se non diversamente specificato si intenderà a base di resine gliceroftaliche a caucciù clorurato, plastificanti in saponificabili e pigmenti inibitori della corrosione, fosfato basico di zinco ed ossido di ferro rosso. La vernice dovrà risultare sovraverniciabile (entro sei-otto giorni dall'applicazione) con pitture a smalto oleosintetiche, sintetiche e al clorocaucciù. L'applicazione di tale vernice potrà avvenire sia a pennello (consigliata) sia a rullo, in entrambi i casi lo spessore minimo di pellicola secca per strato dovrà essere di 25 mm, ottenibile da pellicola umida di 70-80 mm mentre lo spessore massimo sarà di 40 mm, ottenibile da pellicola umida di 110-120 mm.

Art. 2.1.9 - Additivi

Gli additivi per malte e calcestruzzi dovranno essere sostanze chimiche che, aggiunte in dosi calibrate, risulteranno capaci di modificarne le proprietà (lavorabilità, impermeabilità, resistenza, durabilità, adesione ecc.). Dovranno essere forniti in recipienti sigillati con indicati il nome del produttore, la data di produzione, le modalità di impiego. Gli additivi dovranno, inoltre, possedere caratteristiche conformi a quelle prescritte dalle rispettive norme UNI (UNI 7101, UNI EN 480/2-10) e dal DM 26 marzo 1980. Gli additivi per iniezione sono classificati dalla norma UNI EN 934-4/2001.

Gli additivi sono classificati in funzione alle loro proprietà:

- a) *fluidificanti*: (norma UNI 7102, 7102 FA 94-80) migliorano la lavorabilità dell'impasto, tensioattivi in grado di abbassare le forze di attrazione tra le particelle della miscela, diminuendo, in questo modo, l'attrito nella fase di miscelazione e di conseguenza la quantità d'acqua (riduzione rapporto. acqua-cemento del 5%) vengono denominati anche riduttori d'acqua. I fluidificanti potranno essere miscelati tra loro in svariati modi (ad es. fluidificanti-aeranti UNI 7106, 7106 FA 96-80, fluidificanti-ritardanti UNI 7107, 7107 FA 97-80, fluidificanti-acceleranti UNI 7108, 7108 FA 98-80);
- b) *superfluidificanti*: (norma UNI 8145, 8145 FA 124-83) permettono un'ulteriore diminuzione dell'acqua nell'impasto rispetto ai fluidificanti normali, rapporto di riduzione acqua-cemento fino al 20-40%. Sono, in genere, costituiti da miscele di polimeri di sintesi mischiati con altre sostanze come la formaldeide.
- c) *porogeni-aeranti*: (norma UNI 7103, 7106 FA 96-80) in grado di creare micro e macro bolle d'aria ad elevata stabilità all'interno della massa legante 0,30-0,60 Kg per 100 Kg di legante saranno sufficienti per ottenere un'introduzione di aria del 4-6% (limite massimo di volume di vuoto per calcestruzzi al fine di mantenere le resistenze meccaniche entro valori accettabili); per rinzaffi ed arricci di intonaci macroporosi deumidificanti la percentuale d'aria dovrà salire fino al 30-40%. Questo tipo di additivo risulterà in grado di facilitare, prima della presa, la lavorabilità nonché evitare la tendenza alla essudazione ovvero il processo di sedimentazione della malta fresca nel periodo precedente all'indurimento. Il limite di questo additivo risiede nel progressivo riempimento delle microbolle con materiali di idratazione;

d) *acceleranti*: (norma UNI 7105) agiscono sull'idratazione aumentandone la velocità, si distinguono in acceleranti di presa ed acceleranti di indurimento. I più comuni sono costituiti da silicato o carbonato di sodio e/o di potassio, cloruro di calcio (additivo antigelo uni 7109);

e) *ritardanti*: (norma UNI 7104, 7104 FA 95-80) loro scopo è ritardare l'idratazione quindi la presa al fine di consentire un tempo più lungo di lavorabilità, potranno essere di origine organica e inorganica;

f) *plastificanti*: sostanze solide allo stato di polvere sottile di pari finezza di quella del legante, miglioreranno la viscosità, la stabilità e l'omogeneità dell'impasto aumentando la coesione tra i vari componenti e diminuendo lo spurgo dell'acqua;

g) *espansivi*: (norma UNI 8146-8149) gli agenti espansivi comprendono un ampio ventaglio di prodotti preconfezionati (prevalentemente di natura organica) che, pur non essendo propriamente additivi potranno, in qualche misura rientrare ugualmente nella categoria. La caratteristica principale è quella di essere esenti da ritiro.

Per le modalità di controllo ed accettazione il Direttore dei Lavori potrà far eseguire controlli (anche parziali) su campioni di fornitura od accettare l'attestazione di conformità alle norme secondo i criteri dell'art. 1 del presente capo.

Art. 2.1.10 - Materiali diversi (sigillanti, adesivi, geo-tessuti, tessuti-non-tessuti)

I prodotti del presente articolo, dovranno essere considerati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità della stessa alle prescrizioni di seguito indicate. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento ai metodi UNI esistenti.

Sigillanti

La categoria dei sigillanti comprenderà i prodotti impiegati per colmare, in forma continua e durevole, i giunti tra elementi edilizi (in particolare nei serramenti, nelle pareti esterne, nelle partizioni interne ecc.) con funzione di tenuta all'aria, all'acqua ecc. Oltre a quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, i sigillanti dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto sul quale verranno applicati;
- diagramma forza-deformazione (allungamento) compatibile con le deformazioni elastiche del supporto al quale sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego intese come decadimento delle caratteristiche meccaniche ed elastiche tali da non pregiudicarne la sua funzionalità;
- durabilità alle azioni chimico-fisiche di agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intenderà comprovato allorché il prodotto risponderà agli elaborati di progetto od alle norme UNI 9611, UNI EN ISO 9047, UNI EN ISO 10563, UNI EN ISO 10590, UNI EN ISO 10591, UNI EN ISO 11431, UNI EN ISO 11432, UNI EN 28339, UNI EN 28340, UNI EN 28394, UNI EN 29046, UNI EN 29048 e/o in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza si farà rimando ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla D.L.

Adesivi

La categoria degli adesivi comprenderà i prodotti utilizzati per ancorare un elemento ad uno attiguo, in forma permanente, resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche ecc. dovute alle condizioni ambientali ed alla destinazione d'uso. Saranno inclusi in questa categoria gli adesivi usati in opere di rivestimenti di pavimenti e pareti o per altri usi e per diversi supporti (murario, ferroso, legnoso ecc.); non saranno, invece, inclusi fuori gli adesivi usati durante la produzione di

prodotti o componenti. Oltre a quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, gli adesivi dovranno rispondere alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto sul quale si applicheranno;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego intesa come decadimento delle caratteristiche meccaniche tale da non pregiudicare la loro funzionalità;
- durabilità alle azioni chimico-fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;
- caratteristiche meccaniche adeguate alle sollecitazioni previste durante l'uso.

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intenderà comprovato quando il prodotto risponderà alle seguenti norme UNI:

- UNI EN 1372, UNI EN 1373, UNI EN 1841, UNI EN 1902, UNI EN 1903, in caso di adesivi per rivestimenti di pavimentazioni e di pareti;
- UNI EN 1323, UNI EN 1324, UNI EN 1346, UNI EN 1347, UNI EN 1348, in caso di adesivi per piastrelle;
- UNI EN 1799 in caso di adesivi per strutture di calcestruzzo.

In alternativa, ovvero in aggiunta il soddisfacimento delle prescrizioni predette, si intenderà attestato allorché il prodotto risulterà in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza dovrà essere fatto riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla D.L.

Geo-tessuti

La categoria dei geo-tessuti comprenderà i prodotti, ottenuti dalla combinazione di fibre di poliestere e caratterizzati da una forte resistenza alla trazione, di norma utilizzati per costituire strati filtranti, di separazione (interfaccia tra strati archeologici e strati di materiale di riporto), contenimento, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, rinterrati di scavi ecc.) ed in coperture ovvero per foderature. Si distingueranno in:

- tessuti (UNI sperimentale 8986): stoffe realizzate intrecciando due serie di fili (realizzando ordito e trama);
- non tessuti (UNI 8279): feltri costituiti da fibre o filamenti distribuiti in maniera casuale, legati tra loro con trattamento meccanico (agugliatura) oppure chimico (impregnazione) oppure termico (fusione). Si avranno non tessuti ottenuti da fiocco o da filamento continuo.

Salvo diverse specifiche presenti negli elaborati di progetto, ovvero negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intenderanno forniti se risponderanno alle seguenti caratteristiche:

- tolleranze sulla lunghezza e larghezza: $\pm 1\%$;
- spessore: $\pm 3\%$;
- resistenza a trazione (non tessuti: UNI 8279-4);
- resistenza a lacerazione (non tessuti: UNI 8279-9; tessuti 7275);
- resistenza a perforazione con la sfera (non tessuti: UNI 8279-11; tessuti: UNI 5421);
- assorbimento dei liquidi (non tessuti: UNI 8279-5);
- ascensione capillare (non tessuti: UNI 8279-7);
- variazione dimensionale a caldo (non tessuti: UNI 8279-12);
- permeabilità all'aria (non tessuti: UNI 8279-3);
-

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intenderà confermato allorché il prodotto risponderà alle norme UNI sopra indicate ovvero sarà in possesso di attestato di conformità; in loro mancanza dovrà essere fatto riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla D.L.

Dovrà, inoltre, essere sempre specificata la natura del polimero costituente (poliestere, polipropilene, poliammide ecc.).

Per i non tessuti dovrà essere precisato:

- se sono costituiti da filamento continuo o da fiocco;

- se il trattamento legante è meccanico, chimico o termico;
- il peso unitario.

Tessuti-non-tessuti

Prodotti composti da sottili filamenti di Polipropilene stabilizzato ai raggi U.V., saldati tra loro per termo-pressione. Si presenteranno come teli non tessuti, ma formati da una massa disordinata molto morbida e resistente, traspirante e alcuni potranno essere dotati di una buona permeabilità all'acqua. Nelle grammature medio basse (15-30 g/m²) potranno essere utilizzati per protezione a contatto di reperti mobili.

Art. 2.1.11 - Solventi

La scelta del solvente rappresenta di norma un compromesso tra esigenze diverse: potere solvente, stabilità, non corrosività, tossicità ed infiammabilità. Considerando i parametri di solubilità (ovvero f_s forze di dispersione, f_p forze polari e f_h forze di legame a Idrogeno) dei solventi organici sarà consigliabile sostituire un solvente organico con un altro solvente o una miscela di solventi la cui terna di parametri di solubilità sia analoga a quella del solvente da sostituire specialmente se questo ultimo si rileva molto tossico. L'utilizzo di solventi gelificanti nelle operazioni di pulitura di superfici policrome sarà da preferire dal momento che consentirà di ottenere un'azione più controllata e selettiva sullo strato da rimuovere, oltre ad una minore volatilità dei solventi stessi, e maggiore sicurezza per l'operatore.

Per utilizzare, manipolare e/o conservare i suddetti prodotti si dovrà, obbligatoriamente, fare riferimento a quanto indicato sulle relative etichette e schede di sicurezza. I prodotti dovranno, inoltre, essere ad esclusivo uso di personale professionalmente qualificato. In ogni caso dovranno sempre essere utilizzati i dpi (dispositivi di sicurezza individuali) adeguati a protezione della pelle, degli occhi, del viso e delle vie respiratorie.

I solventi potranno essere suddivisi in due sottocategorie ovvero: solventi polari e solventi apolari.

- Acetato di amile solvente polare aprotico, penetrante volatile a media ritenzione. Ottimo per la rimozione di resine nitrocellulosiche, resine naturali non invecchiate, resine sintetiche. Infiammabilità +25°C.
- Acetato di butile solvente polare aprotico, penetrante volatile a bassa ritenzione. Molto efficace per la rimozione di resine nitrocellulosiche, resine naturali non invecchiate, resine sintetiche. Infiammabilità +22°C.
- Acido acetico liquido incolore di odore pungente, miscelabile con acqua. In forma concentrata (a titolo superiore al 99%) e detto acido acetico glaciale (congela a temperatura ambiente) solvente a pH acido utilizzabile per la pulitura di patine carbonatiche o per la pulitura di superfici affrescate. $T_f = 16,6^\circ\text{C}$; $T_{eb} = +118,1^\circ\text{C}$
- Acetato di etile solvente polare aprotico, penetrante volatile a bassa ritenzione di odore gradevole e caratteristico. Ottimo per la rimozione di resine nitrocellulosiche, resine naturali non invecchiate, resine sintetiche. Infiammabilità -3°C.
- Acetone anidrite solvente polare, volatile atossico utilizzabile sia per la rimozione di olii, cere, grassi, resine naturali e sintetiche, inchiostri e per diluizione di vernici e prodotti a base di resine sintetiche protettive e/o consolidanti. Presenta un ottimo potere solvente, miscibile con molti liquidi può essere impiegato come solvente intermediario. $T_f = -94^\circ\text{C}$; $T_{eb} = +56,5^\circ\text{C}$; V_e (relativa all'etere) = 1,9; $d_s = 10,0$
- Acqua ragia minerale solvente apolare utilizzato come diluente di altri solventi o di vernici ovvero come solvente per resine. La versione dearomatizzato presenterà una tossicità inferiore; sarà, comunque, consigliabile utilizzarlo in ambiente areato.
- Alcool benzilico solvente a moderata tossicità, attivo per la rimozione di resine naturali e sintetiche, nonché per alcune sostanze di natura proteica. Valida alternativa alla dimetilformammide.
- Alcool butilico solvente polare protico, non molto volatile, a media ritenzione e media penetrazione. Buon potere solvente verso grassi, olii, resine naturali, comprese coppali e gommalacca.

- Alcool etilico denaturato 99% (Etanolo) solvente polare protico atossico risulta infiammabile, volatile e miscibile con acqua, acetone, etere usato efficace per la rimozione di resine naturali, comprese coppali e gommalacca.
Tf = -117°C; Teb = +78,3°C; Ve (relativa all'etere) = 7; ds = 12,7
- Alcool isopropilico solvente polare protico atossico impiegabile per la diluizione di reattivi, protettivi e consolidanti.
- Benzina rettificata 100/140 solvente idrocarburico apolare mediamente volatile utilizzato per la rimozione di cere, paraffina, bitumi e grassi. Per benzina si intende miscele di idrocarburi saturi o limitatamente insaturi, più o meno ramificati, che si raccolgono nelle frazioni basso bollenti del petrolio (da 30 a 200 °C).
- Cloroformio liquido limpido, incolore, volatile di odore etereo, tossico. Ottimo solvente per oli, resine e grassi. Come tutti i solventi clorurati deve essere protetto dalla luce del sole. Data la sua tossicità se ne consiglia un uso limitato e controllato. Teb = +61,3°C; Ve (relativa all'etere) = 2,2; ds = 9,3
- Cloruro di metilene solvente apolare volatile presenta una forte azione su materiali grassi, media azione su resine naturali. Al fine di diminuire la volatilità può essere impiegato in miscela con materiali addensanti.
- Diacetone alcool solvente incolore, inodore, mediamente polare tossico miscibile con acqua, presenta un punto di ebollizione elevato ed un buon potere solvente nei confronti di resine e alcune sostanze proteiche e polisaccaridiche. Data la sua tossicità se ne consiglia un uso limitato e controllato.
- Diluente nitro antinebbia miscela di vari solventi (toluene, acetone, dicloropropano, alcool isopropilico) alcuni tossici a polarità media a rapida evaporazione, possiede un buon potere solvente per vernici nitro e sintetiche in generale, olii ed alcuni materiali proteici.
- Dimetilformamide solvente polare aprotico altamente tossica, di odore sgradevole, miscibile con acqua, esteri, alcoli, etere, chetoni, idrocarburi aromatici e clorurati. Solvente indicato per moltissimi polimeri fra cui, resine epossidiche, poliuretaniche, e viniliche. Data la sua alta tossicità se ne consiglia un uso limitato e controllato adottando le massime precauzioni di manipolazione ed aerazione.
- Esano denaturato idrocarburo alifatico di odore leggero, volatile. Ottimo solvente per cere, grassi, vernici.
Tf = -95°C; Teb = +69°C
- Essenza di petrolio solvente apolare usato come diluente di altri solventi o di vernici, come solvente per resine o per saturare, temporaneamente, un colore. Non lascia residui evaporando. La versione dearomatizzato presenterà una tossicità inferiore; sarà, comunque, consigliabile utilizzarlo in ambiente areato.
- Essenza di trementina solvente apolare, incolore la versione rettificata debolmente giallo la versione pura, di odore caratteristico, efficace sia come diluente per colori ad olio sia per la rimozione di vernici, grassi e parzialmente cere e paraffine.
- Etere etilico composto organico ottenuto per disidratazione dell'alcool etilico con acido solforico. Liquido incolore, di odore pungente, pochissimo miscelabile con acqua miscibile con solventi organici molto volatile e molto infiammabile. Utilizzabile come solvente per grassi, resine, cere e gomme. Tf = -116°C; Teb = +34,6°C
- Etil laccato solvente ottimo per la diluizione e la rimozione di colori e vernici. Utilizzabile come ottima alternativa al più tossico xilolo nella pulitura di superfici policrome.
- Limonane solvente polare atossico con elevato potere sgrassante, utilizzabile in percentuale opportuna insieme ad altri così da ottenere miscele di polarità calcolata, ad es. come alternativa al diluente nitro o la clorotene.
- Ligroina solvente idrocarburico apolare impiegato tal quale o come diluente per altri solventi e per la pulitura di manufatti policromi. Validamente alternativa all'essenza di petrolio.

- Meilpirrolidone solvente ammidico penetrante, mediamente polare, nocivo, solvente molto forte per vernici, polimeri acrilici e resine; miscibile con essenza di petrolio, white spirit, alcool etilico. Solubile in acqua si rileva un ottimo sostituto della dimetilformammide.
- Metiletilchetone solvente polare aprotico penetrante, incolore con odore caratteristico (simile all'acetone). Omologo superiore all'acetone presenta, rispetto a quest'ultimo, una minore volatilità. Impiegabile per la rimozione o la diluizione di olii, cere, resine naturali e sintetiche (epossidiche, fenoliche, acriliche ecc.), inchiostri. ds = 9,3
- Toluene, Toluolo solvente apolare, di odore caratteristico (simile al benzene) ottimo per la rimozione di resine naturali fresche, resine sintetiche, olii, grassi, cere e paraffine. Esente da benzene, contiene il 10% di dicloropropano. $T_{eb} = +110,6^{\circ}\text{C}$; V_e (relativa all'etere) = 4,5; ds = 8,9.
- Tributilsolfato liquido leggero, incolore, inodore, stabile. Impiegato come agente bagnante prima dell'iniezione delle malte per affreschi ed intonaci murali, può essere impiegato anche come coadiuvante per la macinazione dei pigmenti e per facilitare la dispersione degli stessi in acqua. Miscibile con la maggior parte dei solventi e diluenti si rileva un buon solvente per lacche, resine viniliche ed inchiostri. È inoltre un sequestratore per solfati. 1 ml si scioglie in circa 165 ml di acqua.
- Tricloroetano liquido limpido, incolore, di odore etereo caratteristico. Solvente non infiammabile ottimo per oli, grassi, cere e resine sia naturali che artificiali. È moderatamente volatile e offre scarsi fenomeni di ritenzione.
- Tricloroetilene (trielina) liquido limpido, di odore caratteristico che ricorda il cloroformio. Buon solvente per olii, grassi, cere, bitumi. Impiegato per la pulitura e grassaggio di metalli e tessuti. Presenta, inoltre, un effetto insetticida.
- Xilene, Xilolo solvente apolare aprotico, di odore caratteristico ottimo per la rimozione di resine naturali fresche, resine sintetiche, olii, grassi, cere e paraffine. Esente da benzene, contiene il 10% di dicloro propano. ds = 8,8
- White spirit (ragia dearomatizzato) miscela di idrocarburi, liquido limpido di odore caratteristico. Insolubile in acqua ma miscibile con la maggior parte dei solventi organici.

Le miscele più utilizzate saranno le cosiddette miscela 2A formata da acqua, ammoniaca (al 6%); miscela 3A formata da acqua, acetone, alcool etilico puro (di norma in rapporto 1:1:1), miscela 4A formata da acqua, acetone, alcool etilico puro, ammoniaca al 6% (in rapporto 1:1:1:1). Tutti i rapporti indicati sono da considerarsi orientativi e potranno essere modificati ribilanciando i componenti.

Art. 2.1.12 - Materiali per la pulizia di manufatti lapidei - generalità

La pulitura di una superficie di un manufatto, soprattutto se di valore storico-architettonico, dovrà prefiggersi lo scopo di rimuovere la presenza di sostanze estranee patogene, causa di degrado, limitandosi alla loro asportazione. Il lato estetico e cromatico post-intervento non dovrà incidere sul risultato finale, l'intento della pulitura non dovrà essere quello di rendere "gradevole" l'aspetto della superficie ma, bensì, quello di sanare uno stato di fatto alterato. Saranno, perciò, inutili, nonché dannose, puliture insistenti che potrebbero intaccare la pellicola naturale del materiale formatasi nel corso degli anni, puliture mosse, generalmente, dalla volontà di restituire al materiale il suo aspetto originario. Tenendo conto che anche la risoluzione meno aggressiva causerà sempre una, seppur minima, azione lesiva sul materiale, sarà opportuno ben calibrare l'utilizzo dei singoli prodotti (raccomandazioni NorMaL) che dovranno essere messi in opera puntualmente (mai generalizzandone l'applicazione) e gradualmente, procedendo per fasi progressive su più campioni, in questo modo l'operatore potrà verificare l'idoneità della tecnica prescelta e, allo stesso tempo, definire quando l'intervento dovrà interrompersi.

All'Appaltatore sarà fatto divieto impiegare prodotti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. Ogni prodotto potrà essere messo in opera previa esecuzione di idonei test-campione eseguiti in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.

I prodotti di seguito elencati, (forniti nei contenitori originali e sigillati) saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI vigenti.

Art. 2.1.12.1 Acqua per lavori di puliture

Per la pulitura di manufatti, dovrà essere utilizzata, in generale acqua assolutamente pura, dolce, priva di sali e calcari, con un pH neutro e una durezza inferiore al 2%. Dovranno essere utilizzate: in presenza di calcari teneri acque più dure, acque a grana fine dove si riscontreranno problemi di solubilità di carbonato di calcio mentre, per i graniti e le rocce silicate potrà essere utilizzata acqua distillata ovvero deionizzata ottenuta tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide (RSO₃H) e basiche (RNH₃OH) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non renderà le acque sterili, nel caso in cui sia richiesta sterilità, potranno essere ottenute acque di quel tipo, operando preferibilmente per via fisica.

La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine a scambio ioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro.

Art. 2.1.12.2 Spugne per puliture a secco

Queste spugne specifiche per la pulitura a secco di superfici delicate (affreschi, superfici decorate con graffiti) costituite da una massa di consistenza più o meno morbida e spugnosa (secondo del tipo prescelto), normalmente di colore giallo chiaro, supportata da una base rigida di colore blu. La massa spugnosa dovrà, necessariamente essere esente da ogni tipo di sostanza dannosa, presentare un pH neutro e contenere saktis (sorta di linosina), lattice sintetico, olio minerale, prodotti chimici vulcanizzati e gelificanti legati chimicamente. L'utilizzo di queste spugne consentirà di asportare, oltre ai normali depositi di polvere, il nero di fumo causato da candele d'altari e da incensi mentre non saranno adatte per rimuovere un tipo di sporco persistente (ad es., croste nere) e sostanze penetrate troppo in profondità.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.12.3 Carta giapponese

Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di robustezza disponibile in commercio in diversi spessori e pesi minimo 6 gr/m² massimo 110 gr/m². Queste carte serviranno da filtro per operazioni di puliture su superfici delicate o in avanzato stato di degrado, inoltre si rileveranno utili per velinature ovvero per operazioni di preconsolidamento.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.12.4 Prodotti chimici

A causa della dannosità e della difficoltà di controllo dell'azione corrosiva innescata dai reagenti chimici dovrà essere cura dell'appaltatore operare con la massima attenzione e cautela, nel pieno rispetto di leggi e regolamenti; l'uso di suddetti prodotti dovrà, pertanto, obbligatoriamente, essere prescritto da specifica autorizzazione della D.L. e circoscritto a quelle zone dove altri tipi di prodotti (ossia di procedure di pulitura) meno aggressivi non siano stati in grado di rimuovere l'agente patogeno.

Se non diversamente specificato, sarà cura dell'appaltatore utilizzare formulati in pasta resi tixotropici da inerti di vario tipo (quali carbossilmetilcellulosa, polpa di carta, argille assorbenti, od altro materiale) che dovranno essere convenientemente diluiti, con i quantitativi d'acqua prescritti dalla D.L.

EDTA bisodico

Sale bisodico chelante si presenta come polvere bianca inodore a pH debolmente acido (pH @ 5) utilizzato per la pulitura di croste nere; particolarmente efficace per le patine a base di solfato, generate da solfatazioni e carbonato di calcio legati alla presenza di scialbi o ricarbonatazioni superficiali. Fondamentalmente è un agente sequestrante ha la proprietà di formare con gli ioni dei metalli, composti di coordinazione molto solubili e stabili, mascherandone la presenza in soluzione. I principali metalli che potrà “cettare” sono, in ordine di affinità, i seguenti: calcio, potassio, sodio, cromo, nichel, rame, piombo, zinco, cobalto, manganese, magnesio.

EDTA tetrasodico

Come l'EDTA Bisodico ma meno solubile in acqua e con pH basico (pH @ 11) si rileva più efficace per le patine a base di ossalato (prodotto da certi tipi di licheni o da ossidazione di eventuali materiali organici vari applicati in passato a scopo protettivo o decorativo e, in seguito, ossidati da batteri installatisi sulla superficie) che si concretizzano in patine di vario colore (giallo, rosa, bruno).

Acido citrico

Sale ad azione chelante (più debole dell'EDTA) da utilizzare come sale triammonico per la pulizia di affreschi e superfici policrome.

Carbossimetilcellulosa

Solubile in acqua ed in soluzioni alcaline permette di ottenere liquidi molto viscosi dotati di proprietà addensanti, emulsionanti, detergenti e stabilizzanti. Il miglior modo per preparare una soluzione di carbossimetilcellulosa è quello di versarla lentamente in acqua calda sotto agitazione veloce. La viscosità diminuisce con il riscaldamento per tornare al valore iniziale con il raffreddamento.

Acido poliacrilico

Polimero acrilico per la preparazione di sistemi solvent-gel acquosi ad alta viscosità per la pulitura controllata di strati policromi. I polimeri reticolari dell'acido acrilico ad alto peso molecolare sono usati come agenti addensanti, sospendenti e stabilizzanti. Presenteranno una elevata versatilità di impiego e si rilevano ottimi prodotti per preparazione di gel trasparenti, alcolici e non, con viscosità media o altissima.

Ammina di cocco

Ammina di cocco etossilata per la preparazione di sistemi solvent-gel per la pulitura controllata di strati policromi. Questo prodotto verrà utilizzato nella preparazione del solvent-gel per la proprietà che possiede di neutralizzare la funzione acida dell'acido poliacrilico e, contemporaneamente, di conferire all'addensante anche blande proprietà tensioattive. Dovranno, in ogni caso, essere aggiunte in quantità tale da salificare solo parzialmente l'acido, così da provocarne semplicemente la distensione e da permettere l'addensamento della soluzione.

Ammoniaca

Gas di odore irritante che liquefà a -33°C, normalmente commercializzato in soluzioni acquose. L'ammoniaca veicolata con compresse imbevute, stesa a tampone o a pennello potrà essere utilizzata miscelata con acqua o con acqua, acetone ed alcool per la rimozione di sostanze soprammesse di varia natura quali olii, vernici, cere, ridipinture ecc. su strutture in pietra quali marmo, brecce, arenarie, calcari duri e teneri, travertino e tufo.

Enzimi

Composti organici proteici di origine naturale in grado di promuovere reazioni che, in loro assenza, risulterebbero trascurabili. In pratica si tratta di molecole particolarmente selettive nei confronti di

un determinato substrato, possono rappresentare una valida alternativa all'utilizzo di acidi e basi per l'asportazione idrolitica di sostanze filmogene invecchiate quali ridipinture o patinature proteiche, grasse o polisaccaridiche. Una delle caratteristiche principali degli enzimi risiede nell'elevata specificità per il substrato (fondamentale nel restauro di superfici policrome) ovvero un enzima che agisce, in un data reazione, su un determinato fondo, non sarà in grado di catalizzare nessuna altra reazione chimica vale a dire che non potrà modificare una sostanza diversa dal substrato, di conseguenza, l'operazione di pulitura, non potrà intaccare le parti del dipinto non interessate dalla pulitura. La seconda caratteristica esclusiva degli enzimi, è l'alta attività catalitica, ossia limitate molecole enzimatiche sono in grado di operare su quantità di substrato molto maggiori di quelle trasformabili da qualunque altra sostanza, senza perdere l'efficacia. Gli enzimi principalmente utilizzati sono:

- le proteasi capaci di scindere le molecole proteiche idrolizzando i legami peptidici, si rileverà efficace per la rimozione di macchie dovute a colle e gelatine animali, albumine, casine e uovo. Si potrà trovare nelle versioni stabilizzato, con pH acido (pH @ 5) o con pH alcalino (pH @ 8,4) per la rimozione controllata di sostanze proteiche anche su supporti delicati come gli affreschi;
- le lipasi (pH @ 8,4) in grado di sciogliere i grassi catalizzando l'idrolisi dei trigliceridi, si rileverà efficace per la rimozione di sostanze grasse, pellicole a base di olii essiccativi, vernici oleoresinose, cere e resine sintetiche come esteri acrilici e vinilici;
- le amilasi (pH @ 7,2) idrolizzano i legami glucosidici di polisaccaridi quali amido, cellulosa, gomme vegetali;
- saliva artificiale prodotto a base di mucina per la pulitura pittorica superficiale, particolarmente efficace se impiegata come lavaggio intermedio dopo la pulitura con enzimi o con saponi resinosi.

Formulati

Per asportare croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) potrà essere utilizzato un preparato così formulato:

- 1000 g di acqua deionizzata;
- 50 g di carbosilmetilcellulosa (per dare consistenza tixotropica all'impasto);
- 30 g di bicarbonato di sodio (NaHCO₃);
- 50-100 g di EDTA (bisodico).

In alternativa AB 57; formulato messo a punto dall'ICR, dovrà presentare, preferibilmente, un PH intorno a 7,5 (sarà comunque sufficiente che il pH non superi il valore 8 così da eludere fenomeni di corrosione dei calcari e la eventuale formazione di sotto prodotti dannosi). Sarà composto da:

- 1000 cc. di acqua;
- 30 g di bicarbonato d'ammonio(Na₄HCO₃);
- 50 g di bicarbonato di sodio(NaHCO₃);
- 25 g di EDTA (bisodico);
- 10 cc. di desogen (sale d'ammonio quaternario, tensioattivo, fungicida);
- 60 g di carbosilmetilcellulosa.

La quantità di EDTA potrà essere variata e portata, se ritenuto necessario, a 100-125 g.

Alla miscela potranno essere aggiunte ammoniaca (NH₄OH) o trietanolammina (C₃H₄OH₃)N allo scopo di facilitare la dissoluzione di componenti "grassi" presenti nell'agente patogeno.

Dietro specifica indicazione della D.L. l'appaltatore potrà, inoltre, impiegare acido cloridrico per l'asportazione di solfato di calcio (rapporto con acqua 1/500); acido fosforico, fluoruri, fosfati e citrati per rimuovere macchie di ruggine su pietre silicee; soluzione satura di fosfato di ammonio (con pH portato a 6) per rimuovere macchie di ruggine su pietre calcaree.

Art. 2.1.12.5 Carbonato e Bicarbonato di Ammonio

Sali solubili in acqua, utilizzati in percentuali che potranno variare dal 5% al 100%. Detti prodotti, potranno essere utilizzati singolarmente o in composti (ad es., in combinazione con resine a scambio ionico). Sia il carbonato che il bicarbonato di ammonio presenteranno la capacità di decomporsi spontaneamente originando prodotti volatili (di norma questi sali risulteranno attivi per un lasso di tempo di circa 4-5 ore), la liberazione di ammoniaca conferirà al trattamento proprietà

detergenti, mentre l'alcalinità (maggiore per il Carbonato che per il Bicarbonato) consentirà una graduale gelificazione di materiale di accumulo e vecchie patine proteiche e lipidiche, consentendone la rimozione dalla superficie. Questi sali eserciteranno, inoltre, un'azione desolfatante, riuscendo a trasformare il gesso, eventualmente presente sul supporto, in Solfato di Ammonio più solubile e facilmente asportabile con lavaggio acquoso. Se il materiale da asportare presenterà un'elevata percentuale di gesso, la concentrazione in acqua del carbonato o bicarbonato dovrà essere di tipo saturo (circa il 15-20% di sale in acqua deionizzata) mentre, per gli altri casi, basterà raggiungere il pH necessario (9 per il carbonato, 8 per il bicarbonato) con soluzioni meno sature (5-7% in acqua deionizzata). L'uso del Bicarbonato d'Ammonio (o di sodio) sarà sconsigliato nel caso di interventi su materiali particolarmente degradati, specie per i marmi (nei quali si può avere una facile corrosione intergranulare e decoesione dei grani di calcite superficiale) e i calcari sensibilmente porosi dove potrà incontrare difficoltà nel rimuovere i residui dell'impacco. I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 dal presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.12.6 Tensioattivi e Detergenti

Prodotti composti da molecole contenenti un piccolo gruppo polare idrofilo ed una più lunga catena liofila; queste molecole si orienteranno in modo da avere il primo gruppo (quello polare) immerso in acqua e la parte apolare nello strato di sporco. I tensioattivi saranno utilizzati allo scopo di diminuire la tensione superficiale dell'acqua così da aumentarne la "bagnabilità" e, di conseguenza, l'azione pulente. Essi, contrariamente da altre sostanze solubili in acqua, non si distribuiscono con uniformità nella massa ma si raggruppano selettivamente in maniera ordinata alla superficie della soluzione per tanto non richiedono, per essere efficienti, di una grande solubilità in acqua né di raggiungere un'alta concentrazione in tutto il volume.

Il detergente dovrà rispondere a svariate proprietà tra le quali:

- potere bagnante ovvero capacità di ridurre la tensione superficiale dell'acqua, facilitandone la penetrazione;
- potere dissolvente organico ovvero capacità di solubilizzare sostanze organiche (oli, grassi, proteine);
- potere disperdente ovvero capacità di tenere in sospensione le particelle di depositi inorganici non solubilizzati o disgregati;
- potere emulsionante ovvero capacità di emulsionare grassi ed oli;
- potere sequestrante e chelante ovvero capacità di legarsi ai sali di calcio e di magnesio per convertirli in sostanze solubili;
- potere tampone ovvero capacità di mantenere invariato il pH;
- potere battericida ovvero capacità di distruggere i microrganismi;
- potere sciacquante ovvero capacità di un detergente di essere asportato insieme allo sporco senza lasciare alcun residuo;

La sequenza di queste particolarità individuerà anche le fasi in cui si svilupperà l'azione detergente. L'uso di tali prodotti dovrà essere autorizzato dalla D.L. I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.12.7 Resine a scambio ionico

Le resine a scambio ionico sono copolimeri stirene funzionanti con gruppi acidi (resine a scambio cationico) o basici (resine a scambio anionico) in grado di "agganciare" le sostanze ioniche presenti nel substrato a cui vengono applicati.

Le resine a scambio cationico (descialbante) funzioneranno come agenti di pulitura nei confronti di scialbature e incrostazioni calcaree di neoformazione "sequestrando" ioni Calcio al supporto cui

verrà applicata in modo lento e delicato, garantendo, pertanto, un buon controllo del grado di pulitura.

Le resine a scambio anionico (desolfatante) risulteranno invece attive nei confronti di gesso e solfati su superfici lapidee e affreschi, l'Idrossido di Calcio che viene prodotto da questa reazione reagirà spontaneamente con l'anidride carbonica atmosferica convertendosi in Carbonato di Calcio con conseguente ricomposizione della tessitura carbonatica del substrato e azione consolidante riaggregante.

Questi pulitori saranno applicate in seguito a miscelazione con acqua demineralizzata o distillata in rapporto variabile a secondo sia del prodotto utilizzato sia della consistenza finale (più pastosa da applicare a spatola ovvero più liquida da applicare a pennello) descritta negli elaborati di progetto. Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto dovranno essere utilizzati impasti miscelati entro la stessa giornata lavorativa

Sia le quantità di acqua, ottimali per la consistenza voluta dell'impasto, che la durata ed il numero delle applicazioni dovranno, necessariamente, essere ricercati di volta in volta, a seconda dei problemi di pulitura da affrontare, effettuando prove preliminari di trattamento su zone ridotte e tipologicamente significative delle superfici. I suddetti campioni dovranno essere eseguiti dall'appaltatore sotto stretto controllo della D.L.

I criteri d'accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.12.8 Addensanti e Supportanti

Questi prodotti garantiscono la gelificazione del solvente in modo da mantenerlo localizzato sulla superficie del manufatto policromo. In questo modo rendono l'operazione di pulitura più selettiva, e, allo stesso tempo, impediscono la penetrazione del solvente negli strati sottostanti, in più riducono il processo d'evaporazione, diminuendo l'inalazione del solvente da parte dell'operatore. In linea generale gli addensanti dovranno essere lavorati ed applicati a pennello per tempi variabili secondo il caso e rimossi a secco o a tampone leggermente imbevuto di solvente senza lasciare residui dannosi per l'opera. La densità del gel finale sarà controllata dall'operatore a seconda delle esigenze specifiche.

I supportanti fondamentalmente si dividono in due categorie: addensanti cellulósici e solvent-gel. La scelta di gelificare un solvente con un addensante cellulósico anziché per mezzo di solvent-gel potrà discendere da molteplici fattori come ad esempio, l'eventuale presenza di materiali particolarmente sensibili all'acqua renderà gli addensanti cellulósici preferibili ai solvent-gel che, al contrario, risulteranno più idonei (grazie all'azione blandamente tensioattiva) per procedure di pulitura più generiche di superfici pittoriche e non.

Addensanti cellulósici

Supportanti inerti cellulósici agiscono per rigonfiamento diretto della struttura cellulósica da parte del solvente puro o di loro miscele. La metilcellulosa si rileva più adatta per gelificare solventi polari (acqua, alcool ecc.) o miscele di questi, da utilizzarsi in concentrazione dal 2 al 4% p/v. L'etilcellulosa si rileva, invece, più adatta per solventi a polarità medio bassa (clorurati, chetoni, esteri ecc.) o apolari; la percentuale di utilizzo va da il 6% al 10% (p/v) a seconda dei casi.

Idrossi metil-propil cellulosa

Supportante cellulósico di enzimi o gelificazioni di solventi. Agisce da tensioattivo, diminuendo la tensione superficiale dell'acqua ovvero del solvente organico, amplificando il potere bagnante della soluzione e diminuendo il potere penetrante in un corpo poroso o la capacità di risalita capillare. Proprietà: modifica la viscosità di soluzioni, emulsioni e dispersioni acquose ed organiche dando vita a films elastici termoplastici, non appiccicosi, poco sensibili all'umidità da utilizzare per la pulitura di superfici policrome.

Solvent-gel

Sono costituiti da acido poliacrilico e ammina di cocco (art. 15.4 “prodotti chimici”). L’aggiunta del solvente scelto e di poche gocce d’acqua provocano il rigonfiamento del sistema e la formazione del gel.

Art. 2.1.12.9 Polpa di cellulosa

La polpa di carta ovvero la pasta di cellulosa dovrà presentare un colore bianco, dovrà essere deresinata e ottenuta da cellulose naturali. Le fibre dovranno presentare un’elevata superficie specifica, ed un’altrettanto elevato effetto addensante, un comportamento pseudoplastico, una buona capacità di trattenere i liquidi e dimostrarsi insolubili in acqua ed in solventi organici. Un Kg di polpa di cellulosa dovrà essere in grado di trattenere circa 3-4 litri di acqua; minore sarà la dimensione della fibra (00, 40, 200, 600, 1000 m) maggiore sarà la quantità di acqua in grado di trattenere.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell’ultimo capoverso dell’articolo 15 del presente capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.12.10 Argille assorbenti

Potranno essere utilizzate due tipologie di argilla: la sepiolite e l’attapulgitite, entrambe fillosilicati idrati di magnesio appartenenti al gruppo strutturale della paligorskite, risulteranno capaci di impregnarsi di oli e grassi senza operare azioni aggressive sulla superficie oggetto di intervento. La granulometria dei due tipi di argilla dovrà essere di almeno 100-220 Mesh. Sia l’attapulgitite che la sepiolite dovranno essere in grado di assorbire una grande quantità di liquidi (110-130%) in rapporto al loro peso (un kg di attapulgitite risulterà capace di assorbire 1,5 kg d’acqua senza aumentare di volume). Le argille assorbenti, rispetto alla polpa di cellulosa, presenteranno l’inconveniente di sottrarre troppo rapidamente l’acqua dalle superfici trattate. In presenza di pietre molto porose potrà essere indicato ricorrere alla polpa di cellulosa (più facile da rimuovere rispetto alle argille).

I suddetti prodotti dovranno essere preparati diluendoli esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere un “fango” a consistenza pastosa (con notevoli caratteristiche tixotropiche) in modo da consentirne la lavorazione in spessori di cm 2-3.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell’ultimo capoverso dell’articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.12.11 Impacchi biologici

Sono impasti da utilizzare su manufatti lapidei delicati o particolarmente decoesi, posti all’esterno, su quali non sarà possibile eseguire puliture a base di acqua nebulizzata senza arrecare ulteriori danni. I suddetti impacchi dovranno essere a base di argille assorbenti, contenenti prodotti a base ureica così composti:

- 1000 cc di acqua;
- 50 g di urea $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$;
- 20 cc di glicerina $(\text{CH}_2\text{OH})_2\text{CHOH}$.

Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2 cm da coprire con fogli di polietilene. I tempi di applicazione saranno stabiliti dall’appaltatore sotto il controllo della D.L. in base a precedenti prove e campionature.

Art. 2.1.12.12 Apparecchiatura Laser

L’apparecchiatura selettiva Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ad alta precisione è utile per asportare depositi carbogessosi da marmi e da materiali di colore chiaro, oltre che depositi e patine superficiali da legno, bronzo, terrecotte ed intonaci.

Lo strumento sarà principalmente composto da due elementi: il gruppo laser ed il gruppo di raffreddamento. Il gruppo laser se separato dal gruppo di raffreddamento, dovrà essere allocato in idonea struttura concepita appositamente per le condizioni di cantiere (dotazione di ruote con gomme gonfiabili, anello di sollevamento ecc.).

Il raggio, secondo il tipo di apparecchio, potrà essere condotto sulla superficie da pulire utilizzando un braccio meccanico snodato (dotato, all'interno degli snodi, di una serie di specchi) della lunghezza di circa 2 m terminante con un utensile che l'operatore governa a mano per indirizzare il raggio sulla superficie o un sistema a fibre ottiche che conducono il raggio sino ad una pistola che verrà utilizzata direttamente dall'operatore (la distanza tra apparecchio e superficie dipenderà dalla lunghezza delle fibre ottiche utilizzate, normalmente si aggirerà sui 10-15 m); su questa sorta di pistola dovranno essere posizionati i sistemi di regolazione dell'emissione laser (più precisamente la regolazione dell'emissione di energia, la modulazione della frequenza di emissione graduabile in termini di colpi al secondo, e la focalizzazione del raggio sulla superficie del manufatto da pulire). L'apparecchio dovrà, in ogni caso, possedere buone doti di maneggevolezza, avere la possibilità di poter utilizzare diverse lunghezze d'onda (oltre alla classica 1064 anche 532, 355, 266 nm), di regolare l'emissione di energia per impulso (di norma variabile da 80 mJ a 900 mJ), la modulazione delle frequenze di emissione degli impulsi (di norma 1/2/5/10/20/50 Hz), la focalizzazione del raggio sulla superficie del manufatto da pulire.

Le apparecchiature laser potranno utilizzare essenzialmente due diversi regimi di funzionamento che corrisponderanno a diverse durate temporali di impulso:

- modalità Q-Switching ad impulso corto (4-10 ns) atto alla rimozione diretta del deposito
- modalità Free Running con impulso lungo (200-1000 ms) con energie incidenti controllate, atte semplicemente a staccare il deposito dal substrato, da rimuovere successivamente con altre tecniche (bisturi).

Apparecchi di nuova generazione o in via di sperimentazione si collocano in una regione di durata di impulso intermedia ovvero short free running

L'apparecchiatura dovrà, essere esclusivamente utilizzata da personale altamente specializzato in grado di valutare attentamente i risultati ottenuti, eventualmente variando di volta in volta i parametri esecutivi ed applicativi (lunghezza d'onda, durata, ripetizione degli impulsi, energia del flusso, sezione trasversale, convergenza del fascio). In questo modo il laser potrà essere tarato in modo da ottenere risultati specifici (autolimitazione, selettività, discriminazione).

Le caratteristiche richieste all'apparecchiatura laser in relazione sia allo specifico utilizzo (pulitura di croste nere, depositi calcarei su reperti archeologici, incrostazioni su vetrate artistiche, disciolti su affreschi ecc.) sia al materiale (marmo, arenaria, calcare, intonaco affrescato, vetro ecc.) dovranno essere le seguenti:

modello	;
lunghezza d'onda (nm).....	;
energia/frequenza (mJ/ mm)	;
frequenza d'impulsi (Hz)	;
diametro spot (mm)	;
angolo di divergenza del fascio in relazione alla lunghezza d'onda	;
durata impulso in relazione alla lunghezza d'onda (ns).....	;
dimensione testa laser (mm)	;
peso testa laser (kg)	;
dimensioni unità alimentazione (mm)	;
dimensioni unità di raffreddamento (mm)	;
peso unità di raffreddamento (kg)	;
sistema di trasmissione del fascio	;
lunghezza cavo (tra testa del laser ed unità di raffreddamento) (m)	;
massima altezza operativa (tra testa del laser ed unità di raffreddamento) (m).....	.

Art. 2.1.12.13 Biocidi

Prodotti da utilizzarsi per l'eliminazione di muschi e licheni. I suddetti prodotti dovranno, necessariamente, essere utilizzati con molta attenzione e cautela, dietro specifica indicazione della D.L. e solo dopo aver eseguito accurate indagini sulla natura del terreno e sul tipo di azione da svolgere oltre naturalmente all'adozione di tutte le misure di sicurezza e protezione degli operatori preposti all'applicazione del prodotto. Questi prodotti potranno presentare, a seconda dei casi e delle indicazioni di progetto, le seguenti caratteristiche:

- azione selettiva e limitata alla specie da eliminare;
- tossicità limitata verso l'ambiente così da non alterare per tempi prolungati l'equilibrio del terreno interessato dall'azione disinfettante;
- atossicità nei riguardi dell'uomo;
- totale assenza di prodotti o componenti in grado di danneggiare l'organismo murario ovvero le porzioni intonacate;
- limitata durata dell'attività chimica;
- totale assenza di fenomeni inquinanti nei confronti delle acque superficiali e profonde.

Per indicazioni inerenti la scelta dei metodi di controllo del biodeterioramento si rimanda a quanto enunciato nel documento NorMaL 30/89, mentre per ulteriori informazioni sulla caratterizzazione, sull'efficacia e sul trattamento dei biocidi si rimanda a quanto enunciato nei documenti NorMaL 35/91, 38/93, 37/92.

Alghicidi, battericidi, fungicidi

COMPOSTI INORGANICI

1) *Perossido di idrogeno* (acqua ossigenata) utilizzato a 120 volumi risulterà adatto per sopprimere alghe e licheni su apparecchi murari. Presenta forti capacità ossidanti; potrà essere causa di sbiancamenti del substrato, ed agirà esclusivamente per contatto diretto. La sua azione non durerà nel tempo.

2) *Ipoclorito di sodio* (varechina) utilizzato in soluzione acquosa al 2%-7% per asportare alghe e licheni. La varechina potrà essere causa di sbiancamenti del materiale lapideo; inoltre, se non verrà interamente estratta dal materiale lapideo ne potrà determinare l'ingiallimento.

COMPOSTI organici

Formalina soluzione acquosa di aldeide formica, disinfettante utilizzato in soluzione acquosa al 5% per irrorare superfici attaccate da alghe verdi licheni e batteri.

COMPOSTI FENOLICI e derivati

1) Orto-fenil-fenolo (OPP) ed i suoi sali sodici (OPNa) sono attivi su un largo spettro di alghe, funghi e batteri; la loro tossicità potrà ritenersi tollerabile. L'orto-fenil-fenolo risulterà preferibile poiché presenterà una minore interazione con il supporto.

2) Di-clorofene prodotto ad amplissimo spettro, con tossicità molo bassa, non presenterà interazioni con il supporto anche se organico.

3) Penta-clorofenolo (PCP) ed i suoi sali sodici (PCPNa) utilizzati in soluzioni acquose al 1% presentano un largo spettro. La loro tossicità è al limite della tolleranza; la loro interazione con il supporto potrà determinare l'annerimento del legno ed il mutamento cromatico dei pigmenti basici.

COMPOSTI dell'ammonio quaternario

Derivati dell'ammonio quaternario (come il Benzetonio cloruro) da utilizzare in soluzione dal 2-4% in acqua demineralizzata per la disinfestazione di alghe, muschi e licheni, anche se per questi ultimi la sua efficacia risulterà, talvolta, discutibile. La miscelabilità in acqua del prodotto permette un elevato potere di penetrazione e di assimilazione dei principi attivi da parte dei microrganismi eliminandoli e neutralizzando le spore. Il benzetonio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora ed alghe. La sua azione risulterà

energica ma non protratta nel tempo, in quanto non sarà in grado di sopprimere le spore; l'eventuale presenza di nitrati ne ridurrà considerevolmente l'efficienza. Potrà essere utilizzato sia su pietra che su superfici lignee.

Erbicidi

Il controllo dello sviluppo della vegetazione infestante superiore potrà essere assicurato solo utilizzando prodotti che interverranno sulla fotosintesi, tali composti potranno, talvolta, essere indicati anche per la soppressione di certi tipi di alghe. Per la rimozione di vegetazione inferiore e superiore su apparecchi murari, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dovranno essere preferiti erbicidi non selettivi (ovvero che impediscano qualsiasi sviluppo vegetale) a base nitro-organica.

- 1) Solfato di ammonio prodotto da impiegare per il trattamento puntuale delle radici degli alberi così da trattenerne lo sviluppo.
- 2) Fluometuron da impiegare contro muschi e licheni in soluzioni acquose al 2%.
- 3) Simazina prodotto antigermitivo di preemergenza da utilizzare per impedire la crescita di vegetazione superiore, licheni e muschi presenta una azione preventiva per circa 1-2 anni. Da utilizzare preferibilmente in area archeologica.
- 4) Picloram erbicida non selettivo da impiegare per il controllo della vegetazione, dovrà, pertanto, essere impiegato con estrema cautela e solo dietro specifiche indicazioni della D.L. e degli organi di tutela del bene oggetto di trattamento.
- 5) Glyfosato diserbante sistematico da utilizzare per sopprimere licheni e piante superiori in soluzioni acquose al 2%. È l'unica molecola in grado di devitalizzare alla radice infestanti come gramigna e rovo. Dovrà essere applicato nel momento di massimo rigoglio vegetativo. Non presenterà, una volta terminato il trattamento, composti residui.

Tabella 12.1 Tabella riassuntiva dei biocidi e dei loro campi di applicazione

Biocidi	Alghe	Licheni	Funghi	Batteri	Piante
Perossido di idrogeno 120 vol.	+++	++	---	++	---
Benzetonio cloruro	+++	++	---	++	---
Di-clorofene	+++	++	+	---	---
Penta-clorofenolo	+++	---	++	++	---
Formalina	+++	+++	++	+++	+
Fluometuron	+++	++	++	---	---
Simazina	---	++	+++	---	+++
Glyfosato	---	+++	---	---	+++

I criteri d'accettazione dei biocidi dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.13 - Materiali impregnanti - generalità

La procedura di impregnazione dei materiali costituenti le superfici esterne dei fabbricati sarà rivolta a tutelare le strutture architettoniche (ovvero archeologiche) da attacchi da agenti patogeni siano essi di natura fisica, chimica e/o meccanica. I "prodotti" da utilizzarsi per l'impregnazione dei manufatti potranno essere utilizzati quali pre-consolidanti, consolidanti e protettivi. All'appaltatore sarà vietato utilizzare prodotti impregnanti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto, nonché fare uso generalizzato delle suddette sostanze. Ogni prodotto potrà essere utilizzato previa esecuzione di idonee prove applicative eseguite in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.

La scelta dei suddetti prodotti dovrà riferirsi alla natura e alla consistenza delle superfici che potranno presentarsi: esenti di rivestimento con pietra a vista compatta e tenace ovvero con pietra a vista tenera e porosa; esenti di rivestimento in cotti a vista albasì e porosi, mezzanelli (dolci o forti)

o ferrioli; esenti di rivestimento in calcestruzzo; rivestite con intonaci e coloriture realizzati durante i lavori o, infine, rivestite con intonaco e coloriture preesistenti.

Altri fattori che dovranno influenzare la scelta delle sostanze impregnanti dovranno essere quelli risultati a seguito della campagna diagnostica condotta, necessariamente, dall'appaltatore secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NorMaL e da quanto indicato dalla D.L. Ogni fornitura dovrà, in ogni caso, essere sempre accompagnata da una scheda tecnica esplicativa fornita dalla casa produttrice, quale utile riferimento per le analisi che si andranno ad eseguire. In specifico, le peculiarità richieste, in relazione al loro utilizzo, saranno le seguenti:

- atossicità;
- elevata capacità di penetrazione;
- resistenza ai raggi U.V.;
- buona inerzia chimica nei confronti dei più diffusi agenti inquinanti;
- assenza di sottoprodotti di reazione dannosi;
- comprovata inerzia cromatica (comunque da verificarsi in fase applicativa);
- traspirabilità al vapor d'acqua;
- assenza di impatto ambientale;
- sicurezza ecologica;
- soddisfacente compatibilità fisico-chimica con il materiale da impregnare;
- totale reversibilità dalla reazione di indurimento;
- facilità di applicazione;
- solubilizzazione dei leganti.

I prodotti di seguito elencati (forniti nei contenitori originali e sigillati), saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento alle norme UNI vigenti.

Art. 2.1.13.1 Impregnanti per il consolidamento

I prodotti impregnati da impiegarsi per il consolidamento e/o la protezione dei manufatti architettonici od archeologici, salvo eventuali prescrizioni o specifiche inerenti il loro utilizzo, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

- elevata capacità di penetrazione nelle zone carenti di legante;
- resistenza chimica e fisica agli agenti inquinanti ed ambientali;
- spiccata capacità di ripristinare i leganti tipici del materiale oggetto di intervento senza dar vita a sottoprodotti di reazione pericolosi (quali ad es. sali superficiali);
- capacità di fare traspirare il materiale così da conservare la diffusione del vapore;
- penetrazione in profondità così da evitare la formazione di pellicole in superficie;
- “pot-life” sufficientemente lungo tanto da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
- perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
- spiccata capacità a mantenere inalterato il colore del manufatto.

I prodotti consolidanti più efficaci per materiali lapidei (naturali ed artificiali) apparterranno fundamentalmente alla classe dei composti organici, dei composti a base di silicio e dei composti inorganici la scelta sarà in ragione alle problematiche riscontrate.

COMPOSTI ORGANICI

A differenza dei consolidamenti inorganici, che basano il loro potere consolidante sull'introduzione nel materiale di molecole simili a quelle del substrato lapideo naturale o artificiale con il quale devono legarsi, i consolidamenti organici eserciteranno la loro azione mediante un elevato potere adesivo, capace di saldare tra loro i granuli decoesi del materiale lapideo.

Questi composti, in gran parte dotati anche di proprietà idrorepellente e quindi protettive, saranno per lo più polimeri sintetici noti come “resine” le quali opereranno introducendosi all’interno del sistema capillare dei materiali dove si deporranno successivamente all’evaporazione del solvente (soluzione) o del veicolo (emulsioni) che le racchiude, dando vita ad una rete polimerica che circonda le particelle.

I suddetti composti potranno essere termo-plastici o termo-indurenti: i primi sono costituiti da singole unità polimeriche (sovente con struttura quasi lineare) non stabilmente legate una con l’altra ma connesse solo da deboli forze. Tali polimeri garantiranno una buona reazione ad urti e vibrazioni, non polimerizzando una volta penetrati nel materiale; manterranno, inoltre, una certa solubilità che ne garantirà la reversibilità, saranno, in genere adoperati per materiali lapidei, per le malte e per i legnami (nonché per la protezione degli stessi materiali e dei metalli); la loro applicazione avverrà distribuendo una loro soluzione (ovvero anche un’emulsione acquosa) magari associando altri componenti (tensioattivi, livellanti ecc.), la successiva evaporazione del solvente lascerà uno strato più o meno sottile di materiale consolidante. I polimeri termoplastici risulteranno spesso solubili in appropriati solventi (sovente funzionalizzanti come chetoni, idrocarburi clorurati, aromatici ecc.) e potranno essere, all’occorrenza plasmati attraverso un idoneo riscaldamento.

I prodotti termoindurenti (costituiti da catene singole che però sono in grado di legarsi fortemente tra loro dando vita ad una struttura reticolare che interessa tutta la zona di applicazione) avranno, al contrario, solubilità pressoché nulla, risulteranno irreversibili, piuttosto fragili e sensibili all’azione dei raggi U.V.; saranno, di norma, impiegati come adesivi strutturali. Al fine di migliorare il grado di reticolazione e di conseguenza le caratteristiche di aderenza può risultare utile operare una preliminare operazione di deumidificazione del supporto di applicazione.

Resine acriliche

Le resine acriliche sono composti termoplastici ottenuti dalla polimerizzazione di esteri etilici e metilici dell’acido acrilico e dell’acido meacrilico. Le caratteristiche dei singoli prodotti variano entro limiti abbastanza ampi in relazione al monomero (ovvero ai monomeri, se copolimeri) di partenza e la peso molecolare del polimero. La maggior parte delle resine acriliche liberano i solventi con una certa difficoltà e lentezza, pertanto un solvente ad evaporazione rapida come l’acetone (in rapporto 1:1), fornisce, generalmente, risultati migliori rispetto ad altri solventi tipo toluolo e xilolo (che inoltre presentano un grado di tossicità più elevato). Questa classe di resine presenterà una buona resistenza all’invecchiamento, alla luce, agli agenti chimici dell’inquinamento. Il loro potere adesivo è buono grazie alla polarità delle molecole, ma essendo polimeri termoplastici, non potranno essere utilizzati come adesivi strutturali; il limite risiede nella scarsa capacità di penetrazione, sarà, infatti, difficile raggiungere profondità superiori a 0,5-1 cm (con i solventi alifatici clorurati si possono ottenere risultati migliori per veicolare la resina più in profondità). Possiedono in genere buona idrorepellenza che tenderà, però a decadere nel tempo; se il contatto con l’acqua si protrarrà per tempi superiori alle 90 ore, inoltre, sempre in presenza di acqua, tenderanno a dilatarsi pertanto, risulteranno adatte per superfici interne o quantomeno per superfici non direttamente esposte agli agenti atmosferici.

Resine acriliche solide: tra le resine acriliche da utilizzare in soluzione, se non diversamente specificato da indicazioni di progetto, si può ricorrere ad una resina acrilica solida a base di Etilmetacrilato/metil-acrilato fornita in scaglie diluibile in vari solventi organici tra i quali i più usati sono diluente nitro, acetone, clorotene, sarà anche miscibile con etanolo con il quale formerà una soluzione lattiginosa e film completamente trasparente. Questa resina grazie all’eccellente flessibilità, trasparenza, resistenza agli acidi, agli alcali, agli oli minerali, vegetali e grezzi, alle emanazioni dei prodotti chimici ed al fuoco può essere impiegata per il consolidamento di manufatti in pietra, legno, ceramica e come fissativo ed aggregante superficiale di intonaci ed affreschi interni. In linea generale la preparazione della soluzione dovrà seguire i seguenti passaggi: unire per ogni litro di solvente scelto dalla D.L. a seconda del tipo di intervento, da 20 fino a 300 g di resina solida, in un contenitore resistente ai solventi. Il solvente dovrà essere messo per primo nel recipiente di diluizione e mentre verrà tenuto in agitazione, si inserirà gradualmente la resina fino a

perfetta soluzione. Sarà consigliabile tenere in agitazione la miscela ed operare ad una temperatura di oltre 15°C così da evitare che i tempi di dissoluzione siano troppo lunghi. Dovranno, inoltre, essere evitate le soluzioni superiori al 30% perché troppo vischiose. Se richiesta dagli elaborati di progetto potranno essere aggiunti nella soluzione quali agenti opacizzanti: cera microcristallina (fino al 47% del solido totale) o silice micronizzata (fino al 18% del solido totale). Orientativamente le percentuali di resina utilizzate p/v potranno essere: 2-5% per il preconsolidamento di elementi lapidei; 10% per il consolidamento del legno e per la verniciatura fissativa a spray di dipinti; 20% per il fissaggio di frammenti di pietra, stucco decoeso, tessere di mosaico ecc. mediante fazzoletti di garza di cotone; 30% per il fissaggio di scaglie in pietra o laterizio.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Resine epossidiche

A questa categoria appartengono prodotti a base di resine epossidiche liquide che presenteranno le seguenti caratteristiche: bassa viscosità, elevato residuo secco, esenti da solventi con reattività regolare, polimerizzabile a temperatura ambiente (12-15°C) ed in presenza di umidità. Questa classe di resine presenterà, inoltre, elevate caratteristiche di resistenza chimica (soprattutto agli alcali), meccanica e di adesione così da consentire il ripristino dell'omogeneità iniziale delle strutture lesionate. L'applicazione potrà avvenire a pennello, a tampone, con iniettori in ogni caso sotto stretto controllo dal momento che presenteranno un limitato pot-life. L'elevate caratteristiche meccaniche (in genere non compatibili con i materiali lapidei), la bassa permeabilità al vapore, il rapido invecchiamento con conseguente ingiallimento se esposte ai raggi U.V. non rende questo tipo di resine particolarmente adatto per superfici di materiali porosi quali pietra, legno, cotto, malta. Il loro impiego dovrà, pertanto, essere attentamente vagliato dall'appaltatore e sempre dietro specifica richiesta della D.L. orientativamente potranno essere messe in opera per il consolidamento/protezione di manufatti industriali, di superfici in cls e di costruzioni sottoposte ad un forte aggressione chimica.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da foglio apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Resine fluorurate

A questa classe di resine appartengono diversi composti i più utilizzati sono i copolimeri fluorurati (ad es., copolimero vinilidene fluoro-esafluoropropene) con buone proprietà elastiche e grande stabilità chimica. Sono prodotti a doppia funzionalità consolidanti e protettivi idro ed oleorepellenti che non polimerizzano dopo la loro messa in opera in quanto già prepolymerizzati, pertanto non subiranno alterazioni nel corso dell'invecchiamento e di conseguenza non variano le loro proprietà. Questi composti presenteranno sia discrete doti di aggreganti superficiali, utili per il preconsolidamento di materiali decoesi come marmi, pietre, laterizi e d intonaci (anche se non potranno essere considerati veri e propri consolidanti nonostante presentino il vantaggio di creare una struttura "non rigida" attorno ai granuli degradati della pietra eludendo, in questo modo, così le tensioni dovute a sbalzi termici e ai differenti coefficienti di dilatazione termica dei materiali), sia, soprattutto, protettive idrofobizzanti; risulteranno permeabili al vapore d'acqua, reversibili in acetone anidro e stabili ai raggi U.V.. Generalmente, saranno disciolte in solventi organici (ad es. acetone, acetato di butile ecc.) dal 2-3% fino al 7-10% in peso (la viscosità elevata consiglia tuttavia di utilizzare soluzioni a basse concentrazioni ad es., al 3% in 60% di acetone e 37% di Acetato di Butile) e potranno essere applicati a pennello o a spray in quantità variabili a seconda del tipo di materiale da trattare e della sua porosità.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Resine acril-siliconiche

Classe di prodotti a base di resine acriliche e siliconiche che, combinando le caratteristiche di entrambe le sostanze, risultano in grado di assolvere sia la funzione consolidante riaggregante (propria della resina acrilica), sia quella protettiva idrorepellente (propria di quelle siliconiche); inoltre, grazie alla bassa viscosità del composto, l'impregnazione, rispetto alle resine acriliche, avverrà più in profondità (fino a 4-5 cm). Disciolte in particolari solventi organici risulteranno particolarmente indicate per interventi di consolidamento su pietra calcarea, arenaria, per superfici intonacate di varia natura, su mattoni in laterizio, su marmi e manufatti in gesso, elementi in cemento, opere in cemento armato e legno dolce e duro purché ben stagionato ed asciutto. Questo specifico tipo di resina trova particolare utilizzo in presenza di un processo di degrado provocato dall'azione combinata da aggressivi chimici ed agenti atmosferici: la resina penetrando nel manufatto, lo consoliderà senza togliergli la sua naturale permeabilità al vapore acqueo e, formando un sottilissimo velo superficiale, lo proteggerà rendendolo idrorepellente e resistente all'azione degli agenti atmosferici ed ai raggi ultravioletti.

Le resine acril-siliconiche dovranno essere utilizzate con idonei solventi organici (di natura preponderalmente polari al fine di favorirne la diffusione) prescritti dal produttore o indicati dalla D.L. così da garantire una bassa viscosità della soluzione (25 ± 5 mPas a 25°C), il residuo secco garantito dovrà essere di almeno il 10%. L'essiccamento del solvente dovrà avvenire in maniera estremamente graduale in modo da consentire la diffusione del prodotto per capillarità anche dopo le 24 ore dalla sua applicazione.

Questa tipologia di resine non solo dovrà essere applicata su superfici perfettamente asciutte ma non potrà avere neanche in fase di applicazione (durante la polimerizzazione e/o essiccamento del solvente) contatti con acqua poiché questo fattore potrebbe comportare la formazione di prodotti secondari dannosi pertanto, dovrà essere cura dell'appaltatore proteggere tempestivamente dalla pioggia la superficie trattata prima, durante e dopo l'operazione di consolidamento. Al fine di evitare che il consolidante emetta il solvente troppo rapidamente e di conseguenza dia vita ad un film o una crosta sulla superficie del manufatto non sarà consentito operare con alte temperature (condizioni ottimali $15-25^\circ\text{C}$) o con diretto irraggiamento solare.

La suddetta resina dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- elevata penetrazione;
- elevata traspirabilità;
- resistenza agli agenti atmosferici;
- nessuna variazione ai raggi U.V.;
- impermeabile all'acqua;
- permeabile al vapore;
- essere in grado di aumentare la resistenza agli sbalzi termici (così da eliminare i fenomeni di decoesione);
- non ingiallirsi nel tempo.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Resine poliuretaniche

Prodotti termoplastici o termoindurenti; in relazione ai monomeri utilizzati in partenza, presenteranno buone proprietà meccaniche, buona adesività ma bassa penetrabilità. Il prodotto dovrà possedere un'accentuata idrofilia in modo da garantire la penetrazione per capillarità, anche

su strutture murarie umide inoltre, dovrà essere esente da ingiallimento (non dovranno pertanto contenere gruppi aromatici), presentare un basso peso molecolare, un'elevata resistenza agli agenti atmosferici e ai raggi U.V., un residuo secco intorno al 3%, un indurimento regolabile fino a 24 ore posteriore all'applicazione nonché una reversibilità entro le 36 ore dall'applicazione.

Sovente si potranno utilizzare in emulsione acquosa che indurrà rapidamente dopo l'evaporazione dell'acqua. Messe in opera per mezzo di iniezioni, una volta polimerizzate, le resine poliuretatiche dovranno trasformarsi in schiume rigide, utili alla stabilizzazione di terreni all'isolamento delle strutture dagli stessi, a sigillare giunti di opere in cls, e a risarcire fessurazioni nelle pavimentazioni e nelle strutture in elevazione sia di cemento armato sia in muratura. Queste resine, oltre che come consolidanti, potranno essere adoperate come protettivi e impermeabilizzanti: utilizzando l'acqua come reagente, si rileveranno confacenti per occlusioni verticali extramurari contro infiltrazioni. Questa classe di resine potrà essere considerata una buona alternativa alle resine epossidiche rispetto alle quali presentano una maggiore flessibilità ed una capacità di indurimento anche a 0°C.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

COMPOSTI A BASE DI SILICIO

Silicati di etile

Più precisamente estere etilico dell'acido silicico sostanza monocomponente fluida, incolore, a bassa viscosità, dovrà essere applicato in diluizione in solventi organici in parte polari (alcoli) in parte non polari (ad es. acquaragia minerale pura), in percentuali (in peso) comprese fra 60% e 80%. Al fine di stabilire la quantità di prodotto da utilizzare si renderanno necessari piccoli test da eseguirsi su superfici campioni. Questi test serviranno, inoltre, da spia per determinare l'eventuale alterazione dell'opacità della pietra e della sua tonalità durante e subito dopo il trattamento.

Questo tipo di consolidante si rivelerà molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non verrà alterato dai raggi ultravioletti, e presenterà il vantaggio di possedere un elevato potere legante (dovuto alla formazione di silice amorfa idrata) soprattutto nei confronti di materiali lapidei naturali contenenti silice anche in tracce, quali arenarie, i tufi, le trachiti, ma anche su altri materiali artificiali quali i mattoni in laterizio, le terracotte, gli intonaci, gli stucchi, risultati positivi potranno essere ottenuti anche su materiali calcarei. Tale prodotto non risulta idoneo per il trattamento consolidante del gesso o di pietre gessose. Tra l'estere etilico dell'acido silicico e l'acqua che aderisce alle pareti dei capillari avviene una reazione che darà luogo alla formazione di gel di silice ossia un nuovo legante; come sottoprodotto si formerà alcol etilico che si volatilizzerà. La reazione chimica di consolidamento si completa entro circa 15-21 giorni dall'applicazione in condizioni normali (20°C e 50-60% di umidità relativa).

Il consolidamento con silicato di etile dovrà rispondere ai seguenti requisiti fondamentali:

- prodotto monocomponente non tossico e di facile applicazione;
- ottima penetrazione nel supporto lapideo da trattare, dovuta al suo basso peso molecolare e alla scelta della miscela solventi;
- essiccamento completo senza formazione di soste secondarie appiccicose e di conseguenza nessuna adesione di depositi;
- formazione di sottoprodotti di reazione non dannosi al materiale trattato;
- formazione di un legante minerale, stabile ai raggi U.V., e affine al materiale lapideo;
- impregnazione senza effetto filmogeno di conseguenza il materiale lapideo trattato dovrà rimanere permeabile al vapore;
- assenza di variazioni cromatiche dei materiali lapidei trattati;
- il legante formatosi (SiO₂) si presenterà resistente agli acidi e pertanto resisterà alle piogge ed alle condense acide.

L'impregnazione con silicato di etile dovrà essere evitata (se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto) nel caso in cui: il materiale da trattare non risultasse assorbente, in presenza sia di elevate temperature

(> 25°C) che di basse temperature (< 10°C), con U.R. non > 70% e, se si tratta di manufatto esposto a pioggia, nelle quattro settimane successive al trattamento per questo, in caso di intervento su superficie esterne, si renderà necessario la messa in opera di appropriate barriere protettive.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

COMPOSTI INORGANICI

Presentano, generalmente, una grande affinità con i materiali da trattare; risulteranno duraturi, ma irreversibili e poco elastici. La loro azione avverrà tramite l'infiltrazione, in forma liquida, nel materiale oggetto del trattamento dove, per evaporazione del veicolo, la componente minerale del composto, precipitando, darà vita ad una rete che si legherà alle particelle minerali circostanti. Le caratteristiche fisico-chimiche del legame saranno, quindi, simili (anche se non sempre uguali) a quelle del legante perduto o degradato.

A seguito all'uso dei consolidanti inorganici potranno insorgere i seguenti inconvenienti: scarsa penetrazione all'interno del materiale lapideo da trattare (potrà provocare il distacco della crosta superficiale alterata e consolidata), scarsa resistenza agli stress meccanici (imputabile alla loro rigidità e fragilità), scarsa efficienza se la pietra risulterà totalmente decoesa da presentare fratture con distanze fra i bordi superiori a 100 micron.

Idrossido di calce (calce spenta)

La calce applicata alle malte aeree (ovvero sugli intonaci) e alle pietre calcaree in forma di latte di calce penetra nei pori riducendone il volume; aderendo alle superfici dei minerali componenti, dovrebbe presentare la capacità di risaldarli tra loro. Il Carbonato di Calcio di neoformazione^{10#}, non eserciterà, tuttavia, la stessa azione cementante avvenuto durante il lento processo di carbonatazione della calce pertanto, la similitudine tra processo naturale e la procedura di consolidamento si limiterà ad essere un'affinità chimica.

Questo tipo di trattamento potrà presentare l'inconveniente di lasciare depositi biancastri di carbonato di calce sulla superficie dei manufatti trattati, che, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto (ovvero se previsto un successivo trattamento protettivo con prodotti a base di calce ad es., scialbatura), dovranno essere rimossi. In linea di massima, il consolidamento a base d'Idrossido di Calcio potrà essere applicato su intonaci debolmente degradati, situati in luoghi chiusi o sottoposti a limitate sollecitazioni termiche e, in ogni modo, al riparo da acque ruscellanti e cicli di gelo/disgelo.

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Idrossido di bario (barite)

L'idrossido di Bario potrà essere utilizzato su pietre calcaree chiare e per gli interventi indirizzati a porzioni di intonaco dipinte a buon fresco di dimensioni ridotte quando vi sia l'esigenza di neutralizzare prodotti gessosi di alterazione. I vantaggi di questo prodotto sono sostanzialmente relativi al legante minerale, che verrà introdotto nel materiale e nella desolfatazione che converte il CaSO₄ (altamente solubile) in BaSO₄ (insolubile)¹¹.

La porosità del materiale potrà essere ridotta solo parzialmente con il vantaggio nei riguardi dei meccanismi di alterazione legati all'assorbimento di acqua, ma non darà vita ad uno strato esterno impermeabile al vapore acqueo. Una controindicazione all'impiego di questo trattamento sarà

rappresentata dal pericolo di sbiancamenti delle pietre o dei materiali scuri e nella formazione di patine biancastre superficiali, dovute alla precipitazione del Carbonato di Bario^{12#} causata dall'eventuale apporto diretto d'anidride carbonica. Questo "inconveniente" potrà essere facilmente evitato eliminando l'eccesso di Idrossido di Bario dalla superficie esterna dell'oggetto prima che precipiti il Carbonato di Bario. Sarà sconsigliato l'uso su materiali ricchi, oltre che di gesso, di altri sali solubili in modo da evitare possibili combinazioni che potrebbero produrre azioni degradanti. Il trattamento con Idrossido di Bario viene spesso effettuato attraverso l'applicazione di soluzioni al 5-6% di sale in acqua demineralizzata supportate in forma di impacco in polpa di cellulosa per tempi variabili da caso a caso (dalle dodici alle quarantotto ore a seconda della permeabilità del substrato). L'elevata alcalinità ne impedisce l'applicazione in corrispondenza di pigmenti a base di rame, di lacche, e di leganti organici, materiali altamente sensibili a variazioni di pH.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.13.2 Impregnanti per la protezione e l'impermeabilizzazione

I prodotti utilizzabili per i trattamenti di protezione, di norma, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

- basso peso molecolare ed un elevato potere di penetrazione;
- buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici;
- buona resistenza chimica in ambiente alcalino;
- assenza di effetti collaterali e della formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali);
- perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori;
- traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%;
- non tossicità.

I protettivi più efficaci per i materiali lapidei (naturali ed artificiali tipo intonaci e cotti) apparterranno fundamentalmente alla classe dei composti organici e dei composti a base di silicio, la scelta sarà in ragione alle problematiche riscontrate.

COMPOSTI ORGANICI

Resine fluorurate

Per le caratteristiche di questa resina si rimanda all'articolo precedente. I criteri di accettazione saranno, in ogni caso, quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Resine acril-siliconiche

Per le caratteristiche di questa resina si rimanda all'articolo precedente. I criteri di accettazione saranno, in ogni caso, quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Resine poliuretaniche

Per le caratteristiche di questa resina si rimanda all'articolo precedente. I criteri di accettazione saranno, in ogni caso, quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

COMPOSTI A BASE DI SILICIO

Silani

Più precisamente alchil-alcossi-silani monomeri che date le ridotte dimensioni delle molecole (uguali a quelle dell'acqua), presenteranno ottima penetrabilità e saranno capaci di idrofobizzare i capillari più piccoli e di opporre resistenza alla penetrazione dei cloruri e dei sali solubili. Presenteranno la capacità di trattare superfici umide grazie alla possibilità di solubilizzazione in solventi polari quali alcoli ed acqua; generalmente utilizzati su supporti alcalini e silicei, risultano perciò convenienti su oggetti in cotto, materiali lapidei, tufo, intonaci in malta bastarda, mattoni crudi ecc.; il loro uso sarà sconsigliato su marmi carbonatici e intonaci di calce aerea. Normalmente saranno utilizzati in soluzioni di solvente con concentrazione in secco variabile dal 20% al 40% in peso; in casi particolari si potranno utilizzare anche al 10%.

Il loro impiego sarà, in ogni modo, abbastanza limitato in quanto la notevole volatilità del composto ed un'eventuale pioggia battente a breve distanza di tempo dal trattamento (in pratica prima della polimerizzazione) potranno di-staccare gran parte del prodotto applicato, con il conseguente onere, necessario, di una maggior quantità di prodotto per avere gli effetti richiesti; inoltre, presenteranno l'inconveniente di generare un effetto perlante.

Questi prodotti potranno essere miscelati con silicato d'etile al fine di combinare le caratteristiche di entrambe le sostanze.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Silossani (alchilsilossani oligomeri)

Più precisamente alchil-alcossi-silossani oligomerici ossia polimeri reattivi a basso peso molecolare. Potranno essere utilizzati sia in forma pura, cioè senza solvente, (in questo caso sarà consigliabile l'uso di monomeri piuttosto che quello di oligomeri o polimeri), sia in soluzione di solvente organico (generalmente con contenuto attivo del 5-10% in peso). Si rileverà efficace l'utilizzo su supporti compatti e scarsamente assorbenti; in funzione della loro particolare struttura chimica saranno in grado di infiltrarsi all'interno dei più fini capillari con un'elevata diffusione. Oltre all'ottima capacità di penetrazione i suddetti prodotti dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

- elevata stabilità agli alcali ed ai raggi ultravioletti;
- passaggio invariato del vapore acqueo delle superfici trattate consegnate all'assenza di formazione di pellicola superficiale e nessuna occlusione dei capillari o dei pori dei supporti trattati;
- essiccazione fuori polvere per sola emissione del solvente veicolante;
- assenza di sottoprodotti di reazione, dandosi ai manufatti trattati;
- possibilità di trattamento di superfici leggermente umide;
- assenza di variazioni cromatiche delle superfici trattate.

Il trattamento ai silossani modificherà lo stato di tensione superficiale del sottofondo in modo tale che le gocce di pioggia scorreranno sulla superficie verticale senza imbibirla; inoltre, il trattamento non creerà una pellicola continua sul supporto, lasciando in questo modo al sottofondo la possibilità di traspirare, senza modificare l'equilibrio. L'elevata riduzione d'assorbimento dei sali da parte dei manufatti impregnati con silossani renderà il trattamento particolarmente indicato nei casi di risalita capillare nelle murature. Due, essenzialmente, saranno i fattori determinanti in favore dei silossani rispetto a silani: ovvero la più celere reazione per formare la materia attiva e la non perdita di materiale causata dall'evaporazione.

Questi prodotti potranno essere miscelati con silicato di etile al fine di combinare le caratteristiche di entrambe le sostanze, orientativamente una miscela idrorepellente consolidante potrà essere composta da il 7% di silossani ed il 60% di silicato di etile.

Gli alchilsilossani oligomeri potranno essere utilizzati anche in micro emulsioni acquose i componenti di una microemulsione saranno:

- una fase acquosa che costituiranno il liquido disperdente;
- una fase oleosa composta da silani, silossani e polisilossani;

– un emulsificante formato da polisilossani con gruppi funzionali a base di acetato di ammonio, lo sviluppo di acido acetico da questo composto durante l'essiccazione serve da agente catalitico dei siliconi;

– un co-emulsionante costituito da silani e silossani a basso peso molecolare

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

COMPOSTI A BASE NATURALE

Olio di lino e Cere

L'Olio di lino è un prodotto essiccativo costituito per l'85-90% da gliceridi degli acidi grassi non saturi. Gli olii essiccativi si useranno, se non diversamente specificato, dopo essere stati sottoposti a una particolare cottura allo scopo di esaltarne il potere essiccativo. L'olio di lino dopo la cottura (a 150-300°C) dovrà presentarsi ben depurato, con un colore giallo-bruno rossastro perfettamente limpido, di odore forte ed amarissimo al gusto, scevro da adulterazioni con olio minerale, olio di pesce ecc. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. L'acidità massima ammessa dovrà essere in misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15°C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93. Troverà utilizzo prevalentemente per l'impregnazione del legno, di pavimenti e materiali in cotto.

Le cere potranno essere divise in tre categorie secondo la loro derivazione:

– cere animali derivanti da secrezioni animali o contenute in alcune parti di essi come nei cetacei, la più utilizzata è la cera d'api simile alle sostanze grasse, pur essendo di costituzione chimica diversa, non contiene glicerina e, a differenza dei grassi, saponifica difficilmente. È di colore giallo intenso, più o meno scura, rammollisce a circa 35°C, fonde a ca. 62°C e solidifica a 61°C, pH 20,7; infiammabile brucia senza lasciare residuo; insolubile in alcool freddo solubile a caldo in essenza di trementina negli oli grassi, benzene, cloroformio ecc., insolubile in acqua ma permeabile al vapore. Questi tipi di cera solubilizzeranno anche a distanza di tempo pertanto si rilevano reversibili;

– cere vegetali contenute all'interno o in superficie di fibre vegetali, più dure delle cere animali e presentano un'alta brillantezza (cera di cotone, di lino, di tabacco ecc.): cera carnuba (detta anche cera brasiliana), è un prodotto molto pregiato di colore giallo verdastro pallido o grigio giallognolo prodotto ricavato dall'essudazione delle foglie della palma del Brasile (copernicia cerifera o corypha cerifera), si presenta in pezzi duri ma fragili a seconda dell'untuosità al tatto si classifica grassa o magra. Solubile a caldo nei comuni solventi organici tipo alcool etilico, benzene, trementina, ragia minerale ecc.; punto di fusione 82-85°C. di norma difficilmente solubile a freddo, resistente e brillante sovente utilizzata per aumentare il punto di fusione delle altre cere o per dare più lucentezza e durezza ovvero per diminuire l'effetto appiccicoso;

– cere minerali possono essere di origine fossile (cera montana, ozocerite) o frutto di sintesi del petrolio (paraffine): cera microcristallina miscela d'idrocarburi alifatici saturi a peso molecolare medio alto, punto di fusione da 90°C a 95°C, punto di goccia 106-110°C, si presenta come piccole scaglie bianche o leggermente giallognole con una particolare struttura microcristallina. Particolarità positive risiedono nell'elevato potere adesivo a freddo, l'inerzia chimica, ottima reversibilità ed idrorepellenza. Poco solubili a freddo nei solventi polari solubili a caldo e a freddo nei solventi clorurati e nell'essenza di trementina.

Le cere potranno essere impiegate in forma di soluzione o dispersione. Tutte le cere troveranno, in ogni caso, impiego ristretto nel trattamento dei materiali lapidei e porosi a causa dell'ingiallimento e dell'opacizzazione delle superfici trattate; inoltre, in presenza di umidità e carbonato di calcio, potranno dare luogo alla formazione di saponi che scoloriranno l'oggetto trattato. Se non diversamente specificato non andranno utilizzati su manufatti in esterno, esposti agli agenti atmosferici in quanto poco resistenti e possibili terreni di coltura per batteri ed altri parassiti. Le cere potranno trovare utilizzo nei trattamenti protettivi per strutture in legno e manufatti in cotto.

Oli e cere dovranno essere, se non diversamente specificato, applicati a pennello.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.13.3 Impregnanti per interventi di deumidificazione

La tipologia dei formulati impregnanti per questo tipo di trattamenti sarà varia (silossano oligomero in solvente alifatico dearomatizzato, microemulsione silosillanica in solventi eteropolari idrolizzati, silano in acqua demineralizzata ecc.), le caratteristiche che accrediteranno una buona miscela idrofobizzante dovranno essere:

- bassa tensione superficiale, bassa viscosità, basso peso specifico e buon potere bagnante al fine di conferire la massima facilità di penetrazione del liquido nella muratura;
- bassa velocità di polimerizzazione e capacità di polimerizzazione anche in presenza di acqua per consentire un rapido funzionamento della barriera ed evitare che, nel tempo successivo all'operazione, agenti estranei ne disperdano l'efficacia;
- valore di pH nullo, assenza di componenti tossici, nessuna efflorescenza in asciugatura.

In ogni caso i formulati dovranno rispettare i requisiti richiesti dalla Raccomandazione NorMaL 20/85.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 16 ("Materiali impregnati – generalità") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.14 - Materiali vari per consolidamenti

Alcool polivinilico

Sostanza ad alto peso molecolare, solubile in acqua, alla quale si impartisce forte viscosità e proprietà emulsionanti. Si rileva poco solubile in solventi organici viene sovente utilizzato in miscele di acqua e alcool etilico denaturato (in soluzioni dal 3 al 10%) nelle operazioni di preconsolidamento per fissaggi di scaglie e/o frammenti oppure per fissaggi mediante velinature con garza di cotone o carta giapponese.

Acetato di polivinile

Resina sintetica termoplastica, preparata per polimerizzazione dell'acetato di vinile, a sua volta ottenuto da acetilene e acido acetico. Utilizzata in soluzione dal 3 al 10% in alcool etilico o isopropilico oppure in miscele a base di acido etilico denaturato e acqua come fissativo di pellicole pittoriche o per eseguire "ponti di cucitura" di frammenti scaglie decoese. Punto di rammollimento 155-180°C, viscosità a 20°C della soluzione 20% in estere etilico dell'acido acetico 180-240 mPas.

Malta premiscelata per iniezione di consolidamento e riadesione di intonaci

Questo prodotto dovrà presentare un'ottima penetrabilità nelle murature senza aver bisogno della preliminare bagnatura dei supporti. L'impasto dovrà essere composto da leganti idraulici naturali, chimicamente stabili e a bassissimo contenuto di sali solubili, inerti silicei, pozzolana superventilata e idonei additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Dopo aver impastato energicamente per qualche minuto il premiscelato con acqua demineralizzata sarà consigliabile filtrare la boiaccia ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formati in fase di impasto. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizzare siringhe con aghi di tipo veterinario (diametro di uscita superiore ai 2 mm).

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,02 kg/dm³, lavorabilità 2 h, blending assente, aderenza 0,8 N/mm², inizio presa a +20°C 24 h, fine presa a +20°C 48 h, resistenza a compressione a 28 gg 6 N/mm², resistenza a flessione a 28 gg 2 N/mm², modulo elastico 5000 N/mm², ritiro 0,7-1,8 mm, ritenzione acqua > 80%, permeabilità al vapore 6 m.

Malta premiscelata per riadesione e riempimento di vuoti in sistemi ornamentali

Questo prodotto dovrà presentare basso peso specifico (0,4 kg/dm³) e medie resistenze meccaniche così da risultare idoneo per eseguire riadesione di elementi privi di funzioni statiche e non appesantibili come intradossi di volte affrescate, stucchi e superfici musive. L'impasto dovrà essere composto da leganti idraulici naturali, chimicamente stabili e a bassissimo contenuto di sali solubili, pozzolana, perlite ventilata e idonei additivi fluidificanti, ritentivi ed areanti. Dopo aver impastato energicamente per qualche minuto il premiscelato con acqua demineralizzata sarà consigliabile filtrare la boiaccia ottenuta al fine di eliminare eventuali piccoli grumi formati in fase di impasto. Se non diversamente specificato questi prodotti dovranno essere iniettati entro 30 minuti dalla preparazione. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa. Sarà consigliabile utilizzare siringhe di tipo veterinario prive di ago (diametro di uscita superiore ai 6 mm).

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 0,4 kg/dm³, lavorabilità 4 h, bleeding assente, aderenza 0,9 N/mm², inizio presa a +20°C 20 h, fine presa a +20°C 44 h, resistenza a compressione a 28 gg 31 N/mm², resistenza a flessione a 28 gg 8 N/mm², modulo elastico 5200 N/mm², ritiro 0,4-1,2 mm, ritenzione acqua > 85%, permeabilità al vapore 3 m.

Malta premiscelata per iniezione di consolidamento strutturale di murature

Questo prodotto per iniezioni dovrà essere a base di calce idraulica naturale, priva di sali solubili, rafforzata con metacaolino purissimo ad alta reattività pozzolanica (od in alternativa con polvere di coccio pesto) caricata con carbonato di calcio scelto e micronizzato, (o perlite superventilata se si ricerca una malta a basso peso specifico) a cui andranno aggiunti additivi quali ritenitori d'acqua di origine naturale e superfluidificanti al fine di poter iniettare la miscela a bassa pressione. Se non diversamente specificato l'acqua da utilizzare nell'impasto dovrà, essere demineralizzata. Il prodotto non dovrà essere addizionato nella preparazione e posa con nessun altro componente oltre all'acqua di impasto, possibilmente demineralizzata, e non dovrà essere assolutamente aggiunta acqua una volta che avrà iniziato la presa.

Le caratteristiche chimico-fisiche medie dovranno essere: peso specifico 1,4 kg/dm³, lavorabilità 2 h, bleeding trascurabile, aderenza 1,4 N/mm², inizio presa a +20°C 18 h, fine presa a +20°C 72 h, resistenza a compressione a 28 gg 13 N/mm², resistenza a flessione a 28 gg 3,5 N/mm², modulo elastico 11000 N/mm², temperatura massima durante l'indurimento < 30°C, ritiro 0,7-1,2 mm, ritenzione acqua > 70%, permeabilità al vapore 9 m.

Malte per betoncino di collaborazione statica

Questa malta premiscelata dovrà presentare un modulo elastico basso così da limitare eventuali inconvenienti legati all'instabilizzazione per carico di punta. A tal fine si potranno utilizzare malte a base di calce idraulica naturale caricata con inerti a comportamento pozzolanico (ad es., pozzolana, metacaolino, coccio pesto ecc.), sabbie silicee (granulometria 0,1-2 mm) con l'eventuale aggiunta d'additivi aeranti naturali, fibre minerali inorganiche atossiche (così da ridurre le tensioni generate dall'evaporazione dell'acqua e limitare le fessurazioni da ritiro plastico) e espansivi minerali (così da controllare il ritiro igrometrico). Le malte, a ritiro compensato, da utilizzare per i betoncini dovranno in ogni caso presentare le seguenti caratteristiche:

granulometria inerti 0,1-2,0 mm, inizio presa 5 h, fine presa 15 h, resistenza a compressione a 28 giorni > 18 N/mm²; modulo elastico a 28 giorni < 15000 N/mm²; espansione contrastata a 7 giorni > 300 mm/m; coefficiente di permeabilità al vapore < 150 m.

L'utilizzo di premiscelati a base di calce idraulica naturale o idraulica pozzolanica (calce aerea miscelata a cariche con reattività pozzolaniche), rispetto all'uso del cemento presenterà il vantaggio di ottenere un impasto più plastico e maggiormente lavorabile, inoltre l'uso della calce idraulica garantirà capacità di traspirazione delle pareti.

Art. 2.1.15 - Materiali per coperture – generalità

Si definiscono prodotti per le coperture quelli utilizzati per realizzare lo strato di tenuta all'acqua nei sistemi di copertura e quelli usati per altri strati complementari.

Per la realizzazione delle coperture discontinue nel loro insieme si rinvia all'articolo sull'esecuzione delle coperture discontinue. I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; la D.L. ai fini della loro accettazione potrà procedere a controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni indicate negli articoli specifici.

Nel caso di contestazione si intende che le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati saranno quelli indicati nelle norme UNI vigenti e in mancanza di queste ultime quelli indicati dalle norme estere o internazionali.

Art. 2.1.15.1 Tegole e coppi di laterizio

Le tegole e coppi di laterizio per coperture ed i loro pezzi speciali si intenderanno denominate secondo le dizioni commerciali usuali (marsigliese, coppo, embrice ecc.). I prodotti di cui sopra dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto, alle specifiche di cui alla norma UNI EN 1304 ("Tegole di laterizio per coperture discontinue – Definizioni e specifiche di prodotto") e in mancanza e/o a completamento alle prescrizioni di seguito riportate:

- a) i difetti visibili potranno essere ammessi nei seguenti limiti:
 - le fessure non dovranno essere visibili o rilevabili a percussione;
 - le protuberanze e scagliature non dovranno avere diametro medio (tra dimensione massima e minima) maggiore di 15 mm e non dovrà esserci più di 1 protuberanza; è ammessa 1 protuberanza di diametro medio tra 7 e 15 mm ogni 2 dm² di superficie proiettata;
 - sbavature tollerate purché non limitino il corretto assemblaggio;
 - l'esame dell'aspetto e della confezione dovrà avvenire secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-1;
- b) sulle dimensioni nominali e forma geometrica saranno ammesse le seguenti tolleranze:
 - lunghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-2): $\pm 3\%$;
 - larghezza (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-3): $\pm 3\%$ per tegole e $\pm 8\%$ per coppi;
- c) lo spessore dovrà essere determinato secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635-5;
- d) la planarità, l'ortometria e la rettilineità dei bordi ed il profilo dovranno essere determinati secondo le modalità di cui alla norma UNI 8635, rispettivamente ai punti 5, 6 e 7;
- e) sulla massa convenzionale (misurata secondo le prescrizioni della norma UNI 8635-8) sarà ammessa una tolleranza del 15%;
- f) l'impermeabilità (norme UNI 8635-10 e UNI EN 539-1) dovrà essere tale da non permettere la caduta di goccia d'acqua dall'intradosso;
- g) la resistenza a flessione (forza F singola), misurata secondo le modalità di cui alla norma UNI EN 538, dovrà essere maggiore di 1000 N;
- h) per il carico di rottura (norma UNI 8635-13) il valore singolo della forza F dovrà essere maggiore di 1000 N ed il valore medio maggiore di 1500 N.

I criteri di accettazione saranno quelli dell'articolo 19 ("Materiali per coperture – generalità") del presente capo; in caso di contestazione si procederà secondo quanto indicato nell'ultimo periodo del suddetto articolo.

I prodotti dovranno essere forniti su appositi pallets, legati e protetti da azioni meccaniche e chimiche nonché dalla sporcizia che potrebbe degradarli durante la fase di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Gli imballi, solitamente di materiale termoretraibile, dovranno contenere un apposito foglio informativo che segnali almeno il nome del fornitore e le indicazioni dei commi da a) ad h) nonché eventuali istruzioni complementari.

Art. 2.1.15.2 Lastre di pietra naturale

Le lastre in pietra naturale (ardesia, porfido, beole ecc.) dovranno rispondere alle caratteristiche di resistenza a flessione, resistenza all'urto, resistenza al gelo e disgelo, comportamento agli agenti inquinanti indicati per i prodotti in pietra naturale del presente capitolato (art. 9 "Pietre naturali e

ricostruite”). La fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la corrispondenza alle caratteristiche richieste.

Se non diversamente specificato le lastre dovranno essere sagomate in forme il più possibile regolari, come spessori e formati, nei limiti concessi dalla natura della pietra e dalle tecniche di estrazione e taglio. La pendenza di messa in opera sarà superiore o uguale al 60%.

Per le lastre di ardesia o di altro materiale, comunque lavorabile a macchina, saranno richiesti formati regolari (quadrate, rettangolari, ad angolo acuto, ad arco ecc.), con dimensioni variabili a seconda della tipologia di copertura. Se non diversamente specificato le lastre di copertura in ardesia avranno le seguenti dimensioni:

- lastre con ganci dim. 57 x 40 x 0,8 cm o 57 x 30 x 0,8 cm;
- lastre alla francese dim. 40 x 40 x 1 cm;
- lastre alla genovese dim. 60 x 60 x 0,6 cm , 60 x 40 x 0,6 cm , 60 x 30 x 1 cm;
- lastre a squame di ardesia dim. 50 x 30 x 0,6 cm o 40 x 30 x 1 cm;
- ardesia rustica montana con diagonali dim. da 40 a 100 cm, spessore 1,5-2 cm.

Per le lastre a spacco sarà consentita la tipica irregolarità fermo restando nei limiti delle tolleranze prescritte dal progetto ovvero dichiarate dal fornitore ed accettati dalla D.L.

Art. 2.1.16 - Materiali per impermeabilizzazione – generalità

Dovranno essere intesi come prodotti per impermeabilizzazioni e per coperture piane quelli che si presenteranno sotto forma di:

a) membrane bituminose in fogli e/o rotoli da applicare a freddo od a caldo, in fogli singoli o pluristrato, si potranno scegliere in base al:

- materiale componente (ad es.: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato ecc.);
- materiale di armatura inserito nella membrana (ad es.: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile ecc.);
- materiale di finitura della superficie superiore (ad es.: poliesteri film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie ecc.);
- materiale di finitura della superficie inferiore (ad es.: poliesteri non tessuto, sughero, alluminio foglio sottile ecc.).

b) Membrane e vernici liquide e/o in pasta da mettere in opera a freddo od a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in situ una membrana continua; si potranno classificare in:

- mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;
- asfalti colati;
- malte asfaltiche;
- prodotti termoplastici;
- soluzioni in solvente di bitume;
- emulsioni acquose di bitume;
- prodotti a base di polimeri organici.

c) Membrane ondulate o microdogate sottocoppo o sottotegola, di norma realizzate in fibrocemento o in fibre organiche resinate.

d) Membrane bugnate estruse in polietilene ad alta densità.

I prodotti di seguito elencati, dovranno essere valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, si potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento ai metodi UNI esistenti.

Art. 2.1.16.1 Membrane (bitume/polimero)

Membrane per coperture e sottocoperture

Le membrane per coperture di fabbricati in relazione allo strato funzionale (definito secondo la norma UNI 8178) che costituiranno (ad es., strato di tenuta all'acqua, strato di tenuta all'aria, strato

di schermo e/o barriera al vapore, strato di protezione degli strati sottostanti ecc.) dovranno, necessariamente, rispondere alle prescrizioni degli elaborati di progetto ed in mancanza, od a loro completamento, alle prescrizioni di seguito indicate.

a) Le membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore (norma UNI 9380) ovvero destinate a formare strati di continuità, di diffusione della pressione di vapore d'irrigidimento o ripartizione dei carichi, di regolarizzazione, di separazione e/o scorrimento o drenante (norma UNI 9168) dovranno soddisfare le seguenti caratteristiche tecniche:

- peso (g/m²) ;
- resistenza allo strappo da chiodo (N) ;
- resistenza alla rottura (N/5 cm) ;
- allungamento a rottura (%) ;
- permeabilità al vapore (g/m²/24h) ;
- valore sd (m) ;
- colonna d'acqua (mm) ;
- stabilità ai raggi UVA ;
- classe di reazione al fuoco ;

b) Le membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua ovvero, destinate a formare strati di protezione dovranno soddisfare oltre le caratteristiche tecniche sopraccitate anche quanto di seguito elencato (norme UNI 8629 varie parti):

- resistenza al punzonamento statico ;
- resistenza al punzonamento dinamico ;
- flessibilità a freddo ;
- stabilità dimensionale a seguito di azione termica ;
- stabilità di forma a caldo (esclusi prodotti a base di PVC, EPDM, IIR) ;
- comportamento in acqua ;
- impermeabilità giunzioni in aria ;
- resistenza all'azione perforante delle radici ;
- invecchiamento termico in aria ed acqua ;
- resistenza all'ozono (solo per polimeriche e plastomeriche) ;
- resistenza ad azioni combinate (solo per polimeriche e plastomeriche) ;
- l'autoprotezione minerale deve resistere all'azione di distacco (solo per le membrane destinate a formare strati di protezione protettiva).

Membrane a base di elastomeri e di plastomeri

Le guaine a base di elastomeri e di plastomeri potranno essere utilizzate per varie classi di impiego purché siano conformi alle caratteristiche previste nelle varie parti della norma UNI 8898. I suddetti prodotti si classificheranno in:

- a) membrane in materiale elastomerico¹³ senza armatura;
- b) membrane in materiale elastomerico dotate di armatura;
- c) membrane in materiale plastomerico¹⁴ flessibile senza armatura.
- d) membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;
- e) membrane in materiale plastomerico rigido (ad es. polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o non, polipropilene);
- f) membrane polimeriche a reticolazione posticipata (ad es. polietilene clorosol fanato) dotate di armatura;
- g) membrane polimeriche accoppiate ossia, membrane polimeriche accoppiate o incollate sulla faccia interna ad altri elementi aventi funzioni di protezione o altra funzione particolare, comunque non di tenuta. In questi casi, qualora la parte accoppiata all'elemento polimerico impermeabilizzante avrà importanza fondamentale per il comportamento in opera della membrana, le prove dovranno essere eseguite sulla membrana come fornita dal produttore.

A complemento di quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, le membrane a base di elastomeri e di plastomeri si intenderanno fornite con le seguenti caratteristiche:

- punto di rammollimento
- tipo di armatura
- larghezza
- lunghezza
- spessore
- massa areica (kg/m²)
- flessibilità a freddo.....
- stabilità di forma a caldo
- resistenza a trazione
- carico di rottura longitudinale (N/5 cm)
- carico di rottura trasversale (N/5 cm)
- allungamento a rottura longitudinale (%)
- allungamento a rottura trasversale (%)
- resistenza al punzonamento statico
- resistenza al punzonamento dinamico.....
- comportamento in acqua
- permeabilità al vapore acque
- impermeabilità giunzioni in aria

Art. 2.1.16.2 Membrane liquide o in pasta

I prodotti liquidi o in pasta dovranno essere destinati, fundamentalmente, per realizzare strati di tenuta all'acqua (ma anche altri strati funzionali della copertura piana) a secondo del materiale costituente, dovranno rispondere alle prescrizioni di seguito indicate. I criteri di accettazione saranno quelli indicati nell'articolo 20 ("Prodotti per impermeabilizzazioni") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

I suddetti prodotti saranno identificati e dovranno rispondere alle relative norme UNI come di seguito indicato:

- a) bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni (in solvente e/o emulsione acquosa) dovranno soddisfare i limiti specificati, per i diversi tipi, alle prescrizioni della norma UNI 4157;
- b) malte asfaltiche per impermeabilizzazione dovranno assolvere alla norma UNI 5660 FA 227;
- c) asfalti colati per impermeabilizzazioni dovranno assolvere alla norma UNI 5654 FA 191;
- d) mastice di rocce asfaltiche per la preparazione di malte asfaltiche e degli asfalti colati dovrà rassolvere alla norma UNI 4377 FA 233;
- e) mastice di asfalto sintetico per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati dovrà assolvere alla norma UNI 4378 FA 234;
- f) prodotti fluidi od in pasta a base di polimeri organici (bituminosi, epossidici, poliuretanic, epossi-poliuretanic, epossi-catrame, polimetencatrame, polimeri clorurati, acrilici, vinilici, polimeri isomerizzati) dovranno essere valutati in base alle caratteristiche seguenti ed i valori dovranno rispondere ai limiti riportati; in assenza di indicazioni sui limiti, avranno valore quelli dichiarati dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettati dalla D.L.

I criteri d'accettazione dovranno essere quelli indicati nell'articolo 20 ("Prodotti per impermeabilizzazioni") del presente capo.

A complemento di quanto specificato negli elaborati di progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, i materiali liquidi o in pasta fornito in barattolo (prima all'applicazione) si intenderanno forniti con le seguenti caratteristiche:

- viscosità in minimo,
- massa volumica kg/dm³ minimo massimo ..,

- contenuto di non volatile % in massa minimo
- punto di infiammabilità minimo (%)
- contenuto di ceneri massimo (g/kg).....

Caratteristiche di comportamento da verificare in situ o su campioni significativi di quanto realizzati in situ:

- spessore dello strato finale in relazione al quantitativo applicato per ogni metro quadrato minimo (mm).....;
- valore dell'allungamento a rottura minimo (%)
- resistenza al punzonamento statico o dinamico: statico minimo (N)
- dinamico minimo (N)
- stabilità dimensionale a seguito di azione termica, variazione dimensionale massima (%).....;
- impermeabilità all'acqua, minima pressione di (kPa).....;
- comportamento all'acqua, variazione di massa massima in (%)
- invecchiamento termico in aria a 70°C, variazione della flessibilità a freddo tra prima e dopo il trattamento massimo °C
- invecchiamento termico in acqua, variazione della flessibilità a freddo tra prima e dopo il trattamento massimo °C

Art. 2.1.16.3 Membrane ondulate

Le membrane o meglio le lastre ondulate o microdogate da utilizzare come sottotegola o sottocoppo potranno essere costituite da:

- a) monostrato di fibre organiche bitumate e resinate spessore variabile da 2,4 a 2,6 mm;
- b) lastra lamellare multistrato successivamente bitumata sottovuoto spessore da 1,8 a 2,2 mm;
- c) lastra in fibrocemento ecologico spessore circa 6,5 mm; le lastre potranno presentare, lungo l'asse longitudinale di ogni singola onda, una reggetta in polipropilene ad aderenza migliorata.

Le suddette tipologie di lastre sottocoppo dovranno comunque assicurare le seguenti caratteristiche tecniche:

- ventilazione dell'assito di copertura sottostante i coppi e le tegole;
- adeguato isolamento termico alla copertura;
- essere indeformabili, fonoassorbenti e imputrescibile ed impermeabili all'acqua;
- presentare un'elevata resistenza meccanica ai cicli di gelo e disgelo;
- garantire (grazie all'opportuna sagomatura specifica per la tipologia di manto) un perfetto alloggiamento dei coppi o delle tegole di copertura.

I criteri d'accettazione saranno quelli indicati nell'articolo 20 ("Prodotti per impermeabilizzazioni") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.16.4 Membrane bugnate

Le membrane bugnate dovranno essere realizzate in polietilene estruso ad alta densità (HDPE); grazie ai rilievi (di altezza variabile da un minimo di 8 mm ad un massimo di 20 mm) semiconici realizzeranno un sistema di drenaggio ad intercapedine ventilata per la protezione delle strutture controterra. Le suddette membrane dovranno altresì, svolgere un'azione antiradicale, resistere agli urti, essere insensibili alle basse temperatura (fino a -30°C), resistere agli agenti chimici, non inquinare le eventuali falde acquifere, resistere alla contaminazione di funghi e batteri essere, infine, non degradabili. Le stesse membrane potranno essere munite di strato in geotessile in polipropilene a filo continuo drenante a pressione stabile accoppiato alle bugne con il fine di filtrare le particelle di terreno impedendo così l'intasamento della rete di canali della struttura a bugne.

I criteri d'accettazione saranno quelli indicati nell'articolo 20 ("Prodotti per impermeabilizzazioni") del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

Art. 2.1.17 - Vetri e cristalli

Rientrano in questa categoria i prodotti ottenuti dalla trasformazione e lavorazione del vetro; detti prodotti si divideranno in tre principali categorie: lastre piane, vetri pressati, prodotti di seconda lavorazione.

I vetri e i cristalli dovranno essere, per le richieste dimensioni: di un solo pezzo, di spessore uniforme, di prima qualità, perfettamente incolori molto trasparenti, privi di scorie, bolle, soffiature, ondulazioni, nodi, opacità lattiginose, macchie e di qualsiasi altro difetto.

Per le definizioni rispetto ai metodi di fabbricazione, alle loro caratteristiche, alle seconde lavorazioni, nonché per le operazioni di finitura dei bordi si farà riferimento alle norme UNI vigenti; in particolare i vetri per l'edilizia piani e trasparenti dovranno rispondere per il vetro colato e laminato grezzo, vetro tirato lucido, vetro trasparente float, vetro stampato armato, vetro profilato armato e non armato alla norma UNI EN 572 (parti 1-7)

In relazione agli spessore (espressi in mm) i suddetti prodotti potranno denominarsi come segue:

- sottile (semplice) 2 (1,8-2,2);
- normale (semi-doppi) 3 (2,8-3,2);
- forte (doppio) 4 (3,7-4,3);
- spesso (mezzo cristallo) 5-8;
- ultraspeso (cristallo) 10-19.

Per quanto riguarda i vetri piani temprati (ovvero trattati termicamente o chimicamente in modo da indurre negli strati superficiali tensioni permanenti) si farà riferimento oltre che alle indicazioni di progetto alle norme UNI vigenti

I vetri piani stratificati (ovvero formati da due o più lastre di vetro e uno o più strati interposti di materia plastica che incollano tra loro le lastre di vetro per l'intera superficie) potranno essere richiesti con prestazioni antivandalismo ed anticrimine fino a prestazioni antiproiettile. Il loro spessore varierà in base al numero ed allo spessore delle lastre costituenti, di conseguenza si classificheranno in base alla loro resistenza alle sollecitazioni meccaniche.

Per i vetri piani uniti al perimetro (vetrocamera) costituiti da due lastre di vetro unite tra loro lungo il perimetro a mezzo di adesivi, con interposizione di distanziatore, in modo da formare una o più intercapedini contenenti aria o gas disidratati, dovrà esser fatto riferimento, oltre che alle indicazioni di progetto, alla norma UNI vigenti.

Per i vetri pressati per vetrocemento armato (a forma cava od a forma di camera d'aria) si farà riferimento, oltre che alle indicazioni di progetto, alle norme UNI vigenti.

I prodotti sopra elencati, saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si dovrà esser fatto riferimento ai metodi UNI esistenti.

Art. 2.1.18 - Materiali per rivestimenti e/o trattamento lacune interni ed esterni

Si definiscono prodotti per rivestimenti quelli utilizzati per realizzare i sistemi di rivestimento verticali (pareti, facciate) ed orizzontali (controsoffitti) del fabbricato.

I prodotti potranno essere distinti:

A seconda del loro stato fisico in:

- fluidi o pastosi (intonaci, malte da stuccatura, tinture, pitture ecc.);
- rigidi (rivestimenti in pietra, ceramica, alluminio, gesso ecc.);
- flessibili (carte da parati, tessuti da parati ecc.);

A seconda della loro collocazione:

- per esterno;
- per interno.

A seconda della loro collocazione nel sistema di rivestimento:

- di fondo;
- intermedi;
- di finitura.

I prodotti di seguito elencati, saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI vigenti.

Prodotti fluidi o in pasta

Impasti: intonaci, malte da stuccatura o da ripristino ovverosia composti realizzati con malta costituita da un legante (grassello di calce, calce idrata, calce idraulica naturale, cemento, gesso) o da più leganti (malta bastarda composta da grassello di calce e calce idraulica naturale rapporto 2-3:1; calce idraulica naturale e cemento rapporto 2-1:1; grassello di calce e gesso; calce idraulica naturale e gesso) da un inerte (sabbia, polvere o granuli di marmo, coccio pesto, pozzolana ecc.) in rapporto variabile, secondo le prescrizioni di progetto, da 1:3 a 1:1; la malta potrà essere eventualmente caricata da pigmenti o terre coloranti (massimo 5% di pigmenti minerali ricavati dalla macinazione di pietre o 10% di terre) e/o da additivi di vario genere (fluidificanti, aeranti ecc.). Nel caso in cui il pigmento dovesse essere costituito da pietra macinata, questo potrà sostituire parzialmente o interamente l'inerte.

Tabella 18.1 Composizione indicativa in volume di malte a base di calce

Leganti		Inerti						
Calce area in pasta	Calce idraulica naturale	Sabbione	Sabbia grana fine	Pietra calcarea macinata gr. media	Polvere di marmo	Coccio pesto macinato gr. media	Coccio pesto macinato gr. fine	Pozzolana
	1		2					
2	1	5						
1					2			
0,5	0,5			2		1		
1								3
	3		1					2
3	1	4				4		
1			1				2	
0,5	0,5		1	1		1		
	1		2					1
2	1		1				4	
2	0,50		1		2			
1							1,5	
1	0,5	0,5		2	1	1		
0,5	0,5		2	1				
1	1		2	2				1
0,5	0,5				0,25			1

Sabbione asciutto (granulometria: 2 parti 1,5-5 mm+1 parte 0,5-1,2)
Sabbia vagliata fine (granulometria 0,5 a 0,8 mm)

Tabella 18.2 Composizione indicativa in volume di malte bastarde (calce + cemento)

Legante			Inerte					
Calce area in pasta	Calce idraulica naturale	Cemento bianco	Sabbione	Sabbia grana fine	Polvere di marmo	Coccio pesto macinato gr. media	Coccio pesto macinato gr. fine	Pietra calcarea macinata gr. media
	1	2	5					
	2	1	6					
1		0,10	2,5					
1		0,25		0,25			2	
0,25	1	0,25		2	1			
0,50		0,50			1	1		
1	0,50	0,50			4			

2		0,50			3			
2		0,50				4		
Legante			Inerte					
Calce area in pasta	Calce idraulica naturale	Cemento bianco	Sabbione	Sabbia grana fine	Polvere di marmo	Coccio pesto macinato gr. media	Coccio pesto macinato gr. fine	Pietra calcarea macinata gr. media
0,50		0,50			1	1		1
0,50		0,50		1	1			1
	0,50	0,50			0,25	1		
	0,50	0,50		2				1
0,50	0,50	1	1			1		0,75

Gli impasti sopra descritti dovranno possedere le caratteristiche indicate nel progetto e quantomeno le caratteristiche seguenti:

- presentare un’ottima compatibilità chimico-fisica sia con il supporto sia con eventuali parti limitrofe (specialmente nel caso di rappezzo di intonaco). La compatibilità si manifesterà attraverso il coefficiente di dilatazione, la resistenza meccanica e lo stato fisico dell’impasto (granulometria inerte, tipologia di legante ecc.);
- avere una consistenza tale da favorire l’applicazione;
- aderire alla struttura muraria senza produrre effetto di slump e legarsi opportunamente a questa durante la presa;
- essere sufficientemente resistente per far fronte all’erosione, agli inconvenienti di origine meccanica e agli agenti degradanti in genere;
- contenere il più possibile il rischio di cavillature (dovrà essere evitato l’utilizzo di malte troppo grasse);
- opporsi al passaggio dell’acqua, non realizzando un rivestimento di sbarramento completamente impermeabile, ma garantendo al supporto murario la necessaria traspirazione dall’interno all’esterno;
- presentare un aspetto superficiale uniforme in relazione alle tecniche di posa utilizzate.

Per ulteriori indicazioni inerenti la caratterizzazione e la composizione di una malta da utilizzare in operazioni di restauro si rimanda a quanto enunciato nelle norme UNI 10924, 11088-89.

Per i prodotti forniti premiscelati la rispondenza alle norme UNI vigenti sarà sinonimo di conformità alle prescrizioni predette; per gli altri prodotti varranno i valori dichiarati dal fornitore ed accettati dalla D.L.

b) Prodotti vernicianti: i prodotti applicati allo stato fluido, costituiti da un legante (naturale o sintetico), da una carica e da un pigmento o terra colorante che, passando allo stato solido, formeranno una pellicola o uno strato non pellicolare sulla superficie. Si distingueranno in:

- tinte, se non formeranno pellicola e si depositeranno sulla superficie;
- impregnanti, se non formeranno pellicola e penetreranno nelle porosità del supporto;
- pitture, se formeranno pellicola ed avranno un colore proprio;
- vernici, se formeranno pellicola e non avranno un marcato colore proprio;
- rivestimenti plastici, se formano pellicola di spessore elevato o molto elevato (da 1 a 5 mm circa), avranno colore proprio e disegno superficiale più o meno accentuato. Questo ultimo tipo di rivestimento dovrà essere utilizzato solo dietro specifica autorizzazione della D.L. e degli organi di tutela del manufatto oggetto di trattamento.

I prodotti vernicianti dovranno possedere valori adeguati delle seguenti caratteristiche, in funzione delle prestazioni loro richieste:

- dare colore in maniera stabile alla superficie trattata;
- avere funzione impermeabilizzante;
- presentare un’ottima compatibilità chimico-fisica con il supporto;
- essere traspiranti al vapore d’acqua;
- impedire il passaggio dei raggi U.V.;
- ridurre il passaggio della CO₂;
- avere adeguata reazione e/o resistenza al fuoco (quando richiesto);

- avere funzione passivante del ferro (quando richiesto);
- resistenza alle azioni chimiche degli agenti aggressivi (climatici, inquinanti);
- resistere (quando richiesto) all'usura.

I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto od in mancanza quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla D. L. I dati si intenderanno presentati secondo le norme UNI 8757 e UNI 8759 ed i metodi di prova saranno quelli definiti nelle norme UNI vigenti.

Prodotti rigidi

a) Per le piastrelle di ceramica varrà quanto riportato nell'articolo 10.2 ("Piastrelle di ceramica per pavimentazioni") del presente capo, tenendo conto solo delle prescrizioni valide per le piastrelle da parete.

b) Per le lastre di pietra varrà quanto riportato nel progetto circa le caratteristiche più significative e le lavorazioni da apportare. In mancanza o ad integrazione del progetto varranno i criteri di accettazione generali indicati nell'articolo 9 "Pietre naturali e ricostruite" integrati dalle prescrizioni date nell'articolo 10.3 "Prodotti pietra naturale per pavimentazioni" (in particolare per le tolleranze dimensionali e le modalità di imballaggio). Dovranno, comunque, essere previsti gli opportuni incavi, fori ecc. per il fissaggio alla parete e gli eventuali trattamenti di protezione.

c) Per gli elementi di metallo o materia plastica varrà quanto riportato nel progetto. Le loro prestazioni meccaniche (resistenza all'urto, abrasione, incisione), di reazione e resistenza al fuoco, di resistenza agli agenti chimici (detergenti, inquinanti aggressivi ecc.) ed alle azioni termoigrometriche saranno quelle prescritte in norme UNI in relazione all'ambiente (interno/esterno) nel quale saranno collocati ed alla loro quota dal pavimento (o suolo), oppure in loro mancanza varranno quelle dichiarate dal fabbricante ed accettate dalla D.L. Saranno, inoltre, predisposti per il fissaggio in opera con opportuni fori, incavi ecc. Per gli elementi verniciati, smaltati ecc. le caratteristiche di resistenza all'usura, ai viraggi di colore ecc. saranno riferite ai materiali di rivestimento. La forma e costituzione dell'elemento saranno tali da ridurre al minimo fenomeni di vibrazione, produzione di rumore tenuto anche conto dei criteri di fissaggio.

d) Per le lastre di cartongesso si rinvia all'articolo 23 ("Materiali e partizioni interne") del presente capo.

e) Per le lastre di fibrocemento si rimanda alle prescrizioni date nell'articolo 19.5 ("Materiali per coperture") del presente capo.

Prodotti flessibili

a) Le carte da parati dovranno rispettare le tolleranze dimensionali dell'1,5% sulla larghezza e lunghezza; garantire resistenza meccanica ed alla lacerazione (anche nelle condizioni umide di applicazione); avere deformazioni dimensionali ad umido limitate; resistere alle variazioni di calore e quando richiesto avere resistenza ai lavaggi e reazione o resistenza al fuoco adeguate. Le confezioni dovranno riportare i segni di riferimento per le sovrapposizioni, allineamenti (o sfalsatura) dei disegni ecc.; inversione dei singoli teli ecc.

b) I tessili per pareti devono rispondere alle prescrizioni elencate nel punto a) con adeguato livello di resistenza e possedere le necessarie caratteristiche di elasticità ecc. per la posa a tensione.

Per entrambe le categorie (carta e tessili) la rispondenza alle norme UNI EN 233, 235 sarà considerata rispondenza alle prescrizioni del presente articolo.

Art. 2.1.19 - Materiali per partizioni interne

Rientrano in questa categoria i materiali impiegati per realizzare partizioni interne non portanti. I prodotti di seguito elencati, saranno valutati al momento della fornitura. La D.L., ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento a quelli indicati nelle norme UNI (UNI 7960, UNI 8087, UNI 8438, UNI 10700, UNI 10820, UNI 11004) e, in mancanza di questi, a quelli descritti nella letteratura tecnica (primariamente norme internazionali).

Materiali a base di laterizio, calcestruzzo e similari

I materiali necessari per la realizzazione di partizioni interne non aventi funzione strutturale ma unicamente di chiusura e/o e divisione interna (tramezze o tavolati) dovranno rispondere alle specifiche del progetto ed, a loro completamento, alle seguenti prescrizioni:

- a) gli elementi di laterizio (forati e non) prodotti mediante trafilatura o pressatura con materiale normale od alleggerito dovranno rispondere alla norma UNI 8942;
- b) gli elementi di calcestruzzo dovranno rispettare le stesse caratteristiche indicate nella norma UNI 8942 (ad esclusione delle caratteristiche di inclusione calcarea), i limiti di accettazione saranno quelli indicati nel progetto ed in loro mancanza quelli dichiarati dal produttore ed approvati dalla D.L.;
- c) gli elementi di pietra ricostruita e pietra naturale (UNI EN 771-6, UNI EN 772-4/13), saranno accettati in base alle loro:
 - caratteristiche dimensionali e relative tolleranze;
 - caratteristiche di forma e massa volumica (foratura, smussi ecc.);
 - caratteristiche meccaniche a compressione, taglio a flessione;
 - caratteristiche di comportamento all'acqua ed al gelo (imbibizione, assorbimento d'acqua ecc.).

I limiti di accettazione dovranno essere quelli prescritti nel progetto ed in loro mancanza, quelli dichiarati dal fornitore ed approvati dalla D.L.

Materiali a base di cartongesso

I suddetti prodotti dovranno rispondere alle specifiche del progetto ed, in mancanza, alle prescrizioni seguenti:

- spessore con tolleranze $\pm 0,5$ mm;
- lunghezza e larghezza con tolleranza ± 2 mm;
- resistenza all'impronta, all'urto, alle sollecitazioni localizzate (punti di fissaggio);
- a seconda della destinazione d'uso, con basso assorbimento d'acqua, con bassa permeabilità al vapore (prodotto abbinato a barriera al vapore);
- resistenza all'incendio dichiarata;
- isolamento acustico dichiarato.

I limiti di accettazione dovranno essere quelli prescritti nel progetto ed, in loro mancanza, quelli dichiarati dal fornitore ed approvati dalla D.L.

Prodotti e componenti per partizioni prefabbricate

I prodotti che rientrano in questa categoria, assemblati in cantiere (con modesti lavori di adattamento o meno), dovranno rispondere alle prescrizioni del progetto (in ogni caso si dovranno sovrapporre ai pavimenti esistenti senza procurare alcun danno) e, in loro mancanza, alle prescrizioni relative alle norme UNI indicate ad inizio articolo.

CAPO 2.2 GLI ACCERTAMENTI ANALITICI E DIAGNOSTICI

Art. 2.2.1 - Gli accertamenti analitici e diagnostici - generalità

Il progetto di restauro dovrà, obbligatoriamente, essere redatto in stretta relazione con la campagna d'indagini diagnostiche eseguita sul manufatto oggetto d'intervento preliminarmente all'inizio dei lavori. Non dovrà esistere, perciò, la distinzione tra il progetto di restauro e il progetto di indagine diagnostica (questo ultimo non dovrà essere riservato soltanto ai monumenti di riconosciuto valore storico, ma anche a quei manufatti, cosiddetti minori, che partecipano a comporre il tessuto dei centri storici). La redazione di un pre-progetto, in grado di leggere e "svelare" il manufatto, garantirà una diagnosi corretta ed accurata dei meccanismi innescanti il deperimento così da poter intervenire su di essi con soluzioni più efficienti. Il progetto di indagine diagnostica non dovrà essere circoscritto alle sole indagini preliminari, ma dovrà essere concepito come parte integrante del progetto seguendo per questo, di volta in volta, le procedure previste, controllandone l'efficacia (collaudi in corso d'opera), ispirando, casomai, nuove soluzioni. Per ulteriori criteri generali inerenti l'applicazione delle prove non distruttive si rimanda a quanto enunciato nel documento NorMaL 42/93.

Solo comparando, sovrapponendo e mettendo in relazione i dati assimilati, mediante idonee competenze e professionalità, sarà possibile redigere documenti e relazioni determinanti per progettare e programmare un valido progetto di restauro. Il progetto diagnostico dovrà essere preparato per tempo (legge 109/1994 prevede il progetto di diagnostica all'interno del progetto definitivo; art. 16, par. 4), così da fornire un'anamnesi appropriata del manufatto analizzato, e di conseguenza governare il progetto esecutivo d'intervento.

Nel caso in cui le indagini diagnostiche siano previste negli elaborati di progetto ovvero, espressamente richieste dalla D.L. sarà cura dell'appaltatore provvedere ad eseguirle così da garantire, il sistematico quanto scientifico, rilevamento di informazioni concernenti lo stato di conservazione e/o i processi di degrado. Ogni tipo di indagine dovrà essere, obbligatoriamente, concordata ed esaminata con la D.L. in relazione al tipo di procedura da mettersi in opera e all'eventuale zona del prelievo. Una qualsiasi analisi dovrà, necessariamente, essere affidata a personale, istituto, ditta, laboratorio riconosciuti e autorizzati dagli organi di tutela del bene in pieno accordo con le indicazioni della D.L.

Nei casi in cui le indagini richiedessero l'esecuzione di minimi prelievi di materiale questi, potranno essere eseguiti solo dietro specifica autorizzazione e se, a parere della D.L. non fosse possibile apprendere i dati in oggetto in maniera differente. In ogni modo non dovrà essere tollerato il ricorso sistematico a tecniche distruttive. In presenza di manufatti di particolare valore storico, architettonico, archeologico o documentario i suddetti campioni di materiale dovranno essere prelevati seguendo le prescrizioni indicate nel documento NorMaL 3/80 così riassunte:

- il campione dovrà essere eseguito solo dietro autorizzazione scritta dell'organo di tutela del manufatto;
- il campione dovrà essere eseguito sotto la responsabilità di chi effettuerà l'analisi;
- il numero e la quantità dei prelievi, compatibilmente con le analisi prescritte, dovranno essere minimi; le zone di prelievo dovranno, in linea generale, essere scelte tenendo conto della necessità di non danneggiare in alcun modo l'estetica del manufatto.

Durante la fase di prelievo sarà cura dell'appaltatore non arrecare alcun danno al manufatto, inoltre, laddove l'area del prelievo e/o di indagine non fosse raggiungibile dall'operatore dovrà essere compito dell'Appaltatore mettere in opera tutte le strutture accessorie ossia strutture fisse come ponteggi, trabattelli, ponti di servizio, castelli di carico ecc. in modo da garantire il prelievo dei campioni e la periodica possibilità di accesso per la lettura dei dati. L'Appaltatore dovrà, inoltre, anche se non espressamente specificato nell'intervento che coinvolge le superfici, fornire l'energia elettrica, se richiesta dalla specifica indagine, e provvedere al ripristino delle zone relative ai prelievi dei campioni.

Le indagini conoscitive si divideranno in due categorie:

- indagini distruttive: le indagini di tipo invasivo o “distruttivo”, si basano sull’esigenza di operare un’ispezione diretta e necessitano di veri e propri campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche di laboratorio. La necessità di reperire un campione comporta, seppure in maniera limitata e circoscritta, la compromissione ulteriore dello stato di degrado del manufatto oggetto di studio. Quando l’indagine si prefigge lo scopo di immagazzinare una grande quantità di dati dovrà essere prelevato, e successivamente esaminato, un consistente numero di campioni; tale operazione causerà inevitabilmente un’alterazione dello stato conservativo nonché un disagio a chi, eventualmente, risiede nel manufatto. L’individuazione puntuale di deterioramenti e di fattori degenerativi non consente una facile composizione del quadro globale il quale dovrà essere rappresentato per interpolazione tra situazioni campione e per deduzioni. Il vantaggio di questo metodo risiede nel fatto che su un campione sarà possibile compiere numerose prove di laboratorio e, quindi, ricavare un numero elevato d’informazioni;
- indagini non distruttive: si possono definire indagini non distruttive tutte quelle tecniche la cui applicazione non compromette l’integrità funzionale della struttura e, allo stesso tempo, non implica il danneggiamento o l’alterazione dell’aspetto di parti di essa. Dovrà, necessariamente, esistere una correlazione dimensionale tra la grandezza dell’oggetto indagato e la traccia lasciata dall’indagine. Le tecniche di indagine non distruttive non eliminano del tutto le prove “distruttive”, in quanto spesso si rende necessario accostarle anche a prove in laboratorio su provini prelevati in situ; in questi casi però, non si rischia di prelevare campioni non caratterizzanti in quanto, la scelta viene guidata dai dati ricavati dalle indagini precedenti. Questo tipo d’indagine presenta due qualità importanti: non compromette lo stato di fatto dell’edificio neanche a livello statico e limita molto le intromissioni con le attività interne dell’edificio. In linea di massima le indagini non distruttive potranno essere ulteriormente suddivise in passive (o non invasive) e in immagini attive (o invasive): le prime annoteranno e quantificheranno i fenomeni fisici rilevabili senza interventi artificiali di stimolazione; quelle attive, invece, richiederanno, anche se in minima misura, sollecitazioni artificiali di natura diversa in relazione dai fenomeni fisici che la strumentazione in oggetto sarà in grado di rilevare.

Art. 2.2.2 - Indagini in situ atte ad approfondire la conoscenza sulle stratificazioni dell’edificato e sulle caratteristiche strutturali e costruttive

Per quanto concerne l’esecuzione e l’eventuale interpretazione delle immagini riprese, dei dati e di tutte le informazioni raccolte durante la campagna diagnostica sarà indispensabile che l’appaltatore si affidi ad operatori esperti e qualificati che abbiano piena coscienza specifica degli strumenti da utilizzare, dei materiali e delle strutture da indagare. Questo, fondamentalmente, sarà legato al fatto che sovente le immagini viste e/o trasmesse dagli strumenti si rileveranno alquanto falsate e non sempre di facile interpretazione per gli “non addetti” ai lavori.

ANALISI NON DISTRUTTIVE

Art. 2.2.2.1 Indagine Stratigrafica

Nei casi in cui il progetto richieda un’indagine stratigrafica indirizzata a dedurre la sequenza degli strati e la configurazione di intonaci e coloriture (operazione necessaria specialmente quando si tratta di definire il piano del colore delle superfici esterne) dovrà essere eseguita una campionatura, circoscritta alle zone meno colpite dagli agenti atmosferici o antropici (ad es. sottogronda, sotto i balconi ecc.), delle superfici indagate. In linea generale dovrà essere escluso il prelievo al piano terra; questo livello, a causa del degrado antropico (graffiti od affissioni deturpanti), presenta sovente più strati di tinta dovuti a manutenzioni frequenti.

La procedura prevede la definizione dei campioni (circa 5 x 5 cm) sulla superficie; il primo campione (di cui dovrà essere inciso solo un lato) verrà lasciato integro come testimonianza dello stato di fatto accertato, il secondo dovrà essere semplicemente pulito così da asportare eventuali depositi causa di alterazioni cromatiche dell’ultimo strato, il terzo dovrà essere inciso perimetralmente, ricorrendo all’uso di un bisturi e di una riga metallica, così da poter asportare il

primo strato. L'operazione proseguirà sino ad arrivare al supporto facendo attenzione a segnalare eventuali strati intermedi di imprimitura rilevabili tra strato e strato.

Ogni strato rilevato dovrà essere opportunamente numerato e fotografato (utilizzando fotocamera reflex con pellicola a colori 100 ASA o fotocamera digitale con risoluzione minima 5,0 megapixel) con relativa riproduzione della banda di riferimento "Kodak color control". Le indicazioni desunte dovranno essere trasferite su grafici in scala, l'indagine dovrà concludersi con la redazione di una scheda, per ogni campione, in grado di segnalare, per ogni strato individuato, la successione delle cromie e dei livelli, la relazione tra le parti (ovvero tra unità stratigrafiche e gli avvicendamenti subiti dal manufatto nel tempo) e la comparazione con quanto desunto alle indagini storiche realizzate.

Art. 2.2.2.2 Indagine termografica (o termovisione)

L'indagine termografica è un'analisi di tipo qualitativo, rigorosamente "non distruttiva", a carattere estensivo (fornirà tutti i dati che rientreranno all'interno del quadro dell'obiettivo rilevatore), di rapida esecuzione che consente, in tempo reale, di acquisire informazioni globali e/o parziali a seconda del contesto e dello scopo dello studio. Questa analisi si basa sul principio della termodinamica per il quale ogni corpo è caratterizzato da una propria emissione termica in relazione della sua temperatura superficiale, che a sua volta sarà condizionata dalla conducibilità termica e dal calore specifico di ogni materiale; questi due ultimi parametri interpretano, rispettivamente, la tendenza del materiale a trasmettere o a trattenere il calore. Le diversità riscontrate nell'emissione, dovute alla conducibilità termica e al calore specifico, saranno riferite ai diversi materiali (laterizio, pietra, malta, legno ecc.) che compongono la struttura e/o la superficie indagata.

La termografia opererà nella banda delle radiazioni infrarosse (I.R.) e permetterà la visualizzazione di immagini non comprese nel campo del visibile (ovvero nella banda di radiazioni elettromagnetiche comprese tra 0,4 e 0,75 micron) ma estese in quello dell'infrarosso ed in particolare alla regione spettrale compresa tra 2 e 5,6 micron per la short wave (infrarosso corto) e tra 8 e 12 micron per la long wave (infrarosso lungo). Se non diversamente specificato sarà consigliabile utilizzare strumentazioni sensibili nel lontano infrarosso in quanto sarà il più lontano possibile dallo spettro della luce visibile e quindi si rileverà il meno "disturbato". Per ottenere la sensibilità termica ottimale e quindi, un'immagine esente da disturbi, sarà necessario che il raffreddamento dei rilevatori sia a temperatura più bassa possibile, stabile ed indipendente dalla temperatura ambientale; i sistemi di raffreddamento dei sensori in uso sono sistemi criogenici che impiegheranno azoto liquido (-196°C) od argon (-186°C), sistemi a circuito chiuso Stirling (-150°C) o sistemi termoelettrici (-70°C). Se non diversamente specificato da prescrizioni della D.L. sarà sconsigliabile eseguire l'indagine in presenza di pioggia, vento e soleggiamento diretto in quanto, in tali condizioni, è probabile che la differenza di temperatura non sia dovuta ad una disomogeneità di materiali, ma piuttosto alle diversità di esposizione superficiali.

Apparecchiatura

La strumentazione termografica (la cui sensibilità varierà da -30° a +1000°C), è costituita da una telecamera ad infrarossi con sistema ottico composta da un obiettivo frontale con focali di diversa lunghezza (grandangolo o teleobiettivo) ed unico blocco di scansione a prismi rotanti. Le lenti dovranno essere predisposte per eseguire una prima selezione del campo elettromagnetico. Un semiconduttore convertirà, in seguito, le radiazioni infrarosse in un segnale video che dopo essere preamplificato verrà, inviato all'unità di rilevazione.

La registrazione delle immagini termografiche potrà essere eseguita, a seconda delle prescrizioni di progetto, con un sistema fotografico convenzionale, su nastro magnetico o digitale. L'apparecchiatura potrà essere utilizzata sia sistemata su idoneo carrello o cavalletto sia spostata direttamente dall'operatore, la stessa dovrà essere alimentata mediante batteria o, qualora sarà possibile, dalla rete di distribuzione elettrica. L'immagine si effettuerà riprendendo con la telecamera la superficie oggetto di esame, essa sarà, immediatamente, visualizzata sul monitor dell'unità di rilevazione e, se non diversamente specificato dalla D.L., saranno registrate (con prese fotografiche o in videotape) solo le immagini termografiche più significative.

Le radiazioni termiche (I.R.) emesse dalla superficie saranno raccolte con l'ausilio della strumentazione termografica, che avrà il compito di trasformarle prima, in segnali elettrici e dopo in immagini in bianco e nero che utilizzeranno una scala di tonalità di grigio (in linea generale le tonalità scure indicheranno le zone fredde e quelle chiare le zone calde) tali immagini (il termogramma) potranno, inoltre, ove prescritto dagli elaborati di progetto essere trasportate, attraverso un'interfaccia, su monitor a "falsi colori" con una scala di riferimento che riporterà sia il campo di temperatura inquadrato per ogni colore sia le rispettive temperature assolute. Secondo le prescrizioni di progetto o specifiche indicazioni della D.L. sarà cura dell'appaltatore produrre il numero richiesto di stampe fotografiche delle immagini ottenute in video ovvero, realizzare la digitalizzazione delle stesse mediante specifiche elaborazioni al computer. Se non diversamente specificato, le immagini riprese per singoli termogrammi dovranno, altresì, essere rimontate in sequenza di accostamento così da realizzare, mediante mosaicatura, un'immagine continua; le singole termoimmagini dovranno, necessariamente, essere rese a quadro verticale utilizzando, per questo comuni software di gestione immagine (sistemi di raddrizzamento, collimazione e referenziazione grafica).

Applicazioni

Questo tipo di indagine potrà essere eseguita su ogni tipo di superficie ed apparecchio murario; andrà, in ogni caso, tenuto presente che, a seconda del tipo di rivestimento, si potranno ottenere risposte differenti relative a problematiche diverse; ad esempio, per una superficie intonacata, la temperatura dipenderà contemporaneamente da una serie di fattori, quali la disomogeneità del materiale al di sotto dell'intonaco, eventuali distacchi e rigonfiamenti, la presenza di umidità, differenti esposizioni all'irraggiamento diretto, diversa temperatura di riscaldamento degli ambienti interni, fenomeni di irraggiamento indiretto da parte di eventuali edifici limitrofi, vortici e correnti d'aria. Un secondo fattore da non sottovalutare che potrà essere causa di letture falsate sarà l'influenza delle caratteristiche fisico-ambientali limitrofe al manufatto oggetto di studio (ad es., valori di umidità relativa dell'aria); di conseguenza sarà necessario che il manufatto sia "forzato" termicamente con una quantità di calore tale da garantire una differenza termica tra la superficie e l'ambiente circostante di almeno 10°C. Sarà specifica cura dell'appaltatore porre particolare attenzione qualora si dovessero svolgere indagini su superfici dipinte per le quali la sollecitazione termica dovrà, necessariamente, essere effettuata nell'assoluto rispetto delle superfici pittoriche, molto sensibili agli stress termici. In questo caso sarà fondamentale ricorrere a batterie di lampade a bassa potenza non focalizzate sulla parete da riscaldare e, comunque, localizzate a distanza di sicurezza dalle zone dipinte.

In alcuni casi, laddove la superficie da indagare non sia riscaldata per irraggiamento solare diretto (ad es., superfici esterne esposte a nord, superfici in ombra, ambienti chiusi) e dietro specifiche della D.L. l'appaltatore dovrà, necessariamente, al fine del rilevamento, utilizzare corpi scaldanti (eccitazione termico-molecolare artificiale). Il riscaldamento dovrà, preferibilmente, utilizzare termoconvettori, in grado di diffondere uniformemente il calore sulla superficie; l'uso di lampade ad infrarosso dovrà, dove sarà possibile, essere evitato in quanto comporterebbe un riscaldamento meno omogeneo e, di conseguenza, una lettura meno efficiente. Secondo le prescrizioni di progetto o di particolari problematiche di cantiere potranno essere messe in opera tre differenti procedure:

- per riflessione: ovvero il corpo scaldante e la telecamera saranno allocate sullo stesso lato del manufatto: la telecamera rileverà le differenti intensità di luce riflesse dalla superficie;
- per assorbimento: il manufatto sarà precedentemente sottoposto a riscaldamento e successivamente avverrà la lettura termografica;
- per trasmissione: l'oggetto verrà interposto tra la sorgente scaldante e la strumentazione termografica così da poter memorizzare sia le radiazioni trasmesse sia quelle emesse.

L'indagine termografica potrà essere richiesta all'Appaltatore al fine di ricavare preziose informazioni nello studio del degrado dei rivestimenti (intonaci, lastre di pietra, pellicole pittoriche, piastrelle di ceramica ecc.) e delle strutture murarie evidenziando l'eventuale discontinuità dei distacchi, la stratificazione delle fasi costruttive (con conseguente lettura dei corpi di fabbrica aggiunti) individuando al disotto della superficie intonacata sia elementi architettonici e/o strutturali

(quali ad es. ammorsature tra le tessiture murarie, architravi, piattabande, colonne o pilastri, inserti in legno, catene in ferro, archi di scarico ecc.), sia i differenti materiali componenti le murature (ad es. corsi di malta, pietra, mattoni, zanche ecc.); inoltre potrà essere richiesto di rilevare la presenza di eventuali tamponature di porte e finestre, la presenza di fodere e “rimpalli” murari, la tipologia dell'apparecchio murario, orditura dei solai o centinature di coperture volate celate da controsoffitti, le cavità, le discontinuità murarie e/o strutturali, le buche pontaioccluse, le canne fumarie in uso o in disuso, i distacchi i vuoti, le sbollature sotto lo strato corticale (tutti indagati sfruttando le proprietà coibenti dell'aria a riposo), nonché l'analisi dell'impiantistica mirata alla individuazione dei tracciati e delle canalizzazioni di impianti idrico-sanitari e termici in fase di esercizio, l'andamento delle dispersioni termiche (per le quali sarà conveniente operare il rilievo nella stagione invernale, quando nei locali interni sarà in funzione il riscaldamento), la distribuzione dell'umidità (una muratura bagnata sarà sempre più fredda di una asciutta in quanto le zone asciutte e quelle umide danno luogo a differenti flussi di emissione termica) e l'identificazione dei ponti termici. L'appaltatore dovrà, ove sarà richiesto, accertare, altresì, la presenza sulle superfici intonacate e sulle pietre calcaree, di zone solfatate, riconoscibili dalla temperatura puntuale che sarà dissimile rispetto a quella di zone carbonatiche.

Oltre che in fase preliminare l'indagine termografica potrà essere prescritta dagli elaborati di progetto nella fase di controllo-collaudo ad esempio, per visualizzare i percorsi preferenziali del materiale iniettato come consolidante e l'immediata segnalazione del formarsi di eventuali sacche e/o distacchi.

Specifiche

L'indagine termografica permetterà di arricchire il rilievo con carte tematiche specifiche quali la carta delle “fughe termiche” (ponti termici e zone di condensa), la carta delle discontinuità strutturali, la carta dell'umidità (con particolare attenzione verso le concentrazioni “anomale”), il quadro fessurativo ecc. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati); nell'eseguire la suddetta indagine l'appaltatore dovrà attenersi alle raccomandazioni NorMaL 42/93.

Art. 2.2.2.3 - Indagine endoscopica

L'indagine endoscopica è un'analisi analitica di tipo puntuale, di norma “non distruttiva”, che permette l'esplorazione di cunicoli e cavità comunicanti con l'esterno ma non raggiungibili dalla visione diretta. Gli endoscopi, utilizzati in edilizia, sono strumenti ottici, elettronici o a fibre ottiche progettati per raggiungere cavità inaccessibili all'osservazione diretta e possono avere diametri molto ridotti che variano da pochi centimetri a qualche millimetro. Oltre al sistema ottico per l'ispezione, l'endoscopio dovrà essere dotato di una testina luminosa (in modo da consentire l'illuminazione dell'interno del foro o dell'intercapedine indagata) e di un sistema di riferimento (posto o sull'oculare o sull'obiettivo) per la stima dimensionale dell'immagine nonché, di idonei sistemi fotografici (preferibilmente fotocamera digitale ad alta risoluzione minimo 5,0 megapixel) o di registrazione (videocamera digitale) applicati all'oculare.

Apparecchiatura

Gli endoscopi potranno essere classificati in tre tipi base con caratteristiche differenti e con diverse possibilità operative:

– rigido (boroscopio): si ricollega ai sistemi ottici tradizionali (essenzialmente simile al periscopio) è costituito da una sonda rigida dotata di un obiettivo unito ad uno o più prismi ed a più gruppi ottici che trasportano l'immagine al piano focale di un oculare esterno. Di norma questo strumento potrà essere prolungato fino ad arrivare ad alcuni metri di lunghezza (circa 8 m), tale misura sarà intrinsecamente legata al suo diametro dato che il potere risolutivo dell'immagine all'oculare sarà notevolmente influenzata dalla luminosità stessa. L'illuminazione (che potrà essere a luce calda o a luce fredda) sarà garantita da una lampadina montata di norma accanto alla testa della sonda. Il sistema a luce calda presenterà sia il vantaggio di non alterare i colori dei materiali indagati, sia di garantire una buona visione, al contempo però potrebbe presentare l'inconveniente di surriscaldare

determinati materiali (ad es. il legno) e di denunciare una “zona d’ombra” della sonda nel punto dove è alloggiata la lampadina. La luce fredda non avrà nessuna zona d’ombra e non apporterà calore ai materiali ma presenterà lo svantaggio di una resa luminosa minore nonché una notevole alterazione dei colori.

– flessibile (fibroscopio): le immagini e l’illuminazione saranno trasmesse con fasci di fibre ottiche (il fascio centrale avrà il compito di trasferire l’immagine mentre quello radiale servirà ad illuminare l’area oggetto di studio); questi tipi non saranno, di norma, prolungabili, ma presenteranno il notevole vantaggio di avere delle dimensioni estremamente ridotte (f 6-8 mm) e di adattarsi alla variazione di linearità del foro; questo tipo si rileverà utile qualora si dovrà indagare cavità preesistenti sfruttando fori irregolari o fessure già formate;

– videoscopio: variante-evoluzione dell’endoscopio flessibile è costituito oltre che da una sonda endoscopica flessibile da un videoprocessore (che ha lo scopo di elaborare i segnali luminosi trasmessi dalla sonda) e da un monitor. Le immagini ricostruite sul video possono essere registrate su supporti magnetici o essere sottoposte a tecniche image processing. Così come nell’endoscopio flessibile la testa della sonda è comandata dall’esterno.

Applicazioni

L’uso di questo strumento si rileverà utile all’appaltatore per eseguire una serie d’indagini di tipo non distruttivo come, ad esempio: la verifica dello spessore delle lastre di rivestimento, la natura e lo stato di conservazione della muratura e del suo allettamento, il controllo degli appoggi dei solai (ispezionando la geometria celata da controsoffitti), l’ispezione delle condutture d’impianti, intercapedini, canne fumarie ecc. Questa tecnica si rileverà molto valida se combinata ad altre tecniche diagnostiche, come ad esempio la termografia. Se non diversamente specificato da prescrizioni di progetto, le immagini memorizzate dovranno essere trasportate, o direttamente registrate, anche su supporto informatico e rielaborate mediante l’impiego di un computer. Questo tipo di archiviazione garantirà sia l’acquisizione di dati fissi e fruibili per successive analisi e/o confronti, sia di ridefinire, anche in un secondo momento, il processo analitico; queste immagini potranno, infine, essere, sottoposte a tecniche di trattamento di immagine digitale in modo che, grazie a sistemi di selezione cromatica, risulteranno in grado di mostrare l’eventuale esistenza di dettagli morfologici e strutturali indistinguibili all’esame macroscopico diretto.

Specifiche

Al fine di favorire l’uso di endoscopi l’appaltatore, dietro specifica autorizzazione della D.L., potrà eseguire dei fori (con trapano ad esclusiva rotazione) o dei micro-carotaggi (generalmente di dimensioni comprese tra 8 e 16 mm). Al termine dell’indagine, sarà cura dell’appaltatore fornire una soddisfacente documentazione fotografica o filmata sull’analisi nonché, restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Art. 2.2.2.4 - Indagine magnetometrica (o magnetoscopia)

Tecnica analitica “non distruttiva” consente il rilevamento di materiali ferromagnetici e non nascosti all’interno di materiali inerti, quali le murature e i conglomerati. Il principio su cui si basa è quello dell’induzione elettromagnetica, ovvero della capacità di un campo magnetico di indurre una corrente elettrica e viceversa. L’indagine potrà essere eseguita secondo le prescrizioni di progetto tramite un magnetometro o un metal-detector ovvero uno strumento composto da un oscillatore che genererà corrente ad alta frequenza attraverso una bobina; in presenza di metalli si avrà un forte assorbimento di corrente, proporzionale al quadrato della distanza. Dietro indicazioni della D.L. potrà essere utilizzato un apparecchio portatile leggermente più complesso, alimentato con batterie interne, composto da una sonda collegata via cavo con la centralina di misura; la sonda sarà costituita da una bobina che emetterà una frequenza di valore opportuna e di una seconda bobina normale a questa. Il magnetometro a doppia bobina sarà in grado di indagare più in profondità rispetto al metal detector monobobina. L’indagine avverrà passando, meticolosamente, con movimento lento e regolare la sonda sulla superficie da investigare (sarà, pertanto, necessario un continuo contatto con la superficie da indagare); l’eventuale presenza di metalli nell’area

d'influenza farà mutare il voltaggio della bobina secondo un rapporto diametro/copertura dell'oggetto metallico; vale a dire: il segnale elettrico emesso sarà in funzione della dimensione e della profondità dell'elemento; tali variazioni verranno visualizzate sull'unità di rilevamento attraverso un indicatore di tipo analogico. L'indagine magnetometrica sarà a carattere puntuale cioè, il dato ottenuto si riferirà a ciò che sarà investito dal campo elettromagnetico, che coincide con la dimensione della sonda e non permetterà, pertanto, di valutare lo stato di degrado o di corrosione dell'elemento metallico.

Applicazioni

Negli edifici storici, l'appaltatore potrà essere chiamato ad utilizzare tale tecnica al fine di rilevare le tubature (in ghisa grigia, piombo, rame, ferro ecc.) all'interno delle murature, verificare l'esistenza di zanche, chiodature, staffature od elementi metallici di ancoraggio tra lastre di rivestimento e la struttura portante od ancora per precise localizzazioni (con relativi dimensionamenti) di rinforzi di natura metallica come tiranti, catene o capochiavi annegati nella muratura od ancora spallette metalliche di sostegno di nuove aperture. All'appaltatore potrà, anche, essere richiesta di eseguire l'indagine, mediante un particolare magnetometro detto "pacometro", al fine di individuare le gabbie di armatura nelle strutture di cemento armato (il pacometro sarà, infatti, in grado di rilevare numero e diametro dei ferri e lo spessore del copriferro, anche se, in caso di più barre ravvicinate, l'operazione dovrà essere eseguita con particolare attenzione in quanto, i segnali di localizzazione potranno influenzare la stima del copriferro).

Il rilievo con magnetometro eseguibile su manufatti con fregi decorativi e/o pittorici dovrà, necessariamente, essere governato dall'uso di apparecchi contraddistinti da emissioni di onde elettromagnetiche a bassissima frequenza e ridotta potenza.

Specifiche

Questo tipo d'indagine da utilizzare preferibilmente come completamento ad altre (ad es. termografia) presenterà i limiti di essere fortemente sensibile ai forti sbalzi di temperatura e ai forti campi elettromagnetici nonché sarà praticamente inutilizzabile per indagare oltre i 10-12 cm di profondità. Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore nonché segnalare i ritrovamenti su apposita carta tematica. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione d'interpretazione dati).

Art. 2.2.2.5 Indagine georadar

L'indagine georadar (GPR Ground Penetrating Radar) è una metodologia geofisica di rilevazione elettromagnetica, rigorosamente "non invasiva" di carattere qualitativo (consentirà, infatti, l'interpretazione delle caratteristiche delle differenti "riflessioni" sotto forma di geometria e di intensità del segnale ricevuto) ed esteso (nonostante l'area analizzata sia circoscritta alla superficie d'appoggio dell'antenna ricetrasmittente, la registrazione avverrà facendo passare l'antenna su vasti tracciati d'indagine). Il principio su cui si basa sarà quello delle onde elettromagnetiche ad alta frequenza che verranno inserite, riflesse e ricevute, così da acquisire dati sulla natura e lo stato fisico d'elementi al di sotto delle superfici di finitura quali intonaci, rivestimenti lapidei, pavimenti ecc. La propagazione delle onde elettromagnetiche si legherà alle costanti dielettriche, proprie dei materiali, derivate, a loro volta, dallo stato fisico dei materiali stessi (conducibilità, porosità, densità, permeabilità ecc.) di conseguenza, maggiore sarà la differenza tra le caratteristiche elettromagnetiche degli elementi che compongono l'oggetto di indagine maggiore sarà la facilità e l'esattezza di registrazione dati (ad es. aria-pietra o pietra-metallo).

Apparecchiatura

Il dispositivo trasmittente-ricevente (antenna) collegato, per mezzo di un cavo in fibre ottiche, ad un'unità centrale (registratore magnetico e restitutore grafico) invierà una serie ininterrotta di impulsi elettromagnetici all'interno del manufatto ovvero del terreno. In presenza di superfici di discontinuità una prima quota di energia verrà riflessa e raccolta dalla sezione ricevente dell'antenna contemporaneamente, la porzione rimanente entrerà più a fondo per essere

“specchiata” da un piano sottostante. Simultaneamente ai movimenti-rivelatori dell’antenna il registratore magnetico registrerà il segnale che verrà riprodotto da quello grafico il quale darà vita ad una sezione continua spazio-tempo, nella quale saranno osservabili le “impronte” delle diverse riflessioni o, in ogni caso, delle anomalie delle risposte. Ogni singola sezione riporterà sull’asse delle ascisse i valori della lunghezza mentre su quello delle ordinate la profondità; le intensità di riflessioni saranno ben riconoscibili con scale di colore o con differenti tonalità di grigio. Ove richiesto dalle prescrizioni di progetto sarà cura dell’appaltatore rielaborare le informazioni acquisite con idonee ricostruzioni 3D.

Le antenne che l’appaltatore dovrà, necessariamente, utilizzare dovranno essere diverse in rapporto alla profondità d’analisi e al tipo di obiettivo richiesto dalle prescrizioni di progetto; le frequenze andranno da 100 a 1500 MHz (per indagini di tipo archeologico se non diversamente specificato si utilizzeranno antenne con frequenza compresa tra i 100 e i 400 MHz con profondità di indagine variabile da pochi metri a qualche decina di metri; per rilievi su manufatti architettonici le frequenze di esercizio saranno comprese tra i 500 e i 1500 MHz con profondità non superiori, di norma, a 1,5 m) tenendo presente, però, che più bassa sarà la frequenza più aumenterà il grado di penetrazione del segnale, ma, contemporaneamente, diminuirà in proporzione, il grado di definizione e la sensibilità di rilevazione.

Applicazione

La procedura esecutiva del rilievo radar conterà nell’esecuzione di una sequenza di sezioni radarstratigrafiche da spostare lungo percorsi di rilievo prestabiliti dagli elaborati di progetto al fine di produrre profili delle superfici indagate. L’antenna ricetrasmittente dovrà scorrere su un’area sufficientemente piana e liscia seguendo movimenti continui e abbastanza lenti. I fattori principali che l’appaltatore dovrà valutare per operare una rilevazione georadar sono: spessore del mezzo da indagare, la dimensione dell’obiettivo da ricercare e relative caratteristiche elettromagnetiche.

All’appaltatore potrà essere fatta richiesta di utilizzare l’indagine georadar nei seguenti campi:

- archeologia con l’individuazione di siti archeologici sepolti (in concomitanza di altri tipi di indagini quali l’interpretazione aereofotogrammetrica) e il rilievo di preesistenze inaccessibili;
- ambiente al fine di accertare la presenza di cavità, camminamenti, localizzazione di ordigni bellici inesplosi, presenza di elementi che potrebbero essere di intralcio a procedure di interrimento cavi;
- architettura/restauro al fine di accertare nelle sezioni verticali la presenza di cavedi, canne fumarie, impianti sotto traccia, stratigrafia e classificazione delle murature con identificazione delle superfici di separazione dei differenti materiali, rilievo di elementi di continuità quali fessurazioni, fratture e lesioni, l’eventuale presenza di zone umide, nonché per il controllo dell’ancoraggio di lastre di rivestimento ovvero rinforzi di natura metallica come tiranti, catene o capochiavi. In fase di controllo-collaudo potrà essere prescritta per visualizzare i percorsi preferenziali del materiale iniettato come consolidante. Nelle strutture orizzontali, invece, potrà essere richiesta al fine di determinare locali interrati, antiche fondazioni, stratigrafie di pavimenti e di solai con l’individuazione delle strutture primarie e secondarie, inoltre, nelle strutture voltate potrà, essere richiesta per stimare lo spessore del riempimento e della struttura portante.

Specifiche

Questo tipo di indagine dovrà essere, preferibilmente, utilizzata come completamento di indagini storiche ed archivistiche dalle quali sarà possibile, sia ricavare informazioni per indirizzare la scansione nonché minimizzare eventuali operazioni di scavo, sia trarre giustificazioni di quanto rilevato dal georadar. Qualsiasi sia la natura dello strumento l’appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d’uso fornite dal produttore. Al termine dell’indagine, sarà cura dell’appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Art. 2.2.2.6 Indagine tomografica sonora

L'indagine tomografia sonora è una tecnica rigorosamente "non distruttiva" che si basa sulla trasmissione e successiva ricezione d'onde elastiche con frequenza inferiore ai 5 kHz passanti nell'oggetto da studiare.

La tomografia sonora indagherà il manufatto con una rete molto fitta di misure soniche che attraverseranno la medesima sezione con diverse angolazioni.

La strumentazione sarà quella utilizzata per le normali indagini soniche; al fine di ridurre i tempi di acquisizione dati potrà essere indicato utilizzare un sistema di registrazione multicanale che raccolga simultaneamente i segnali. Il risultato finale si concretizzerà nella rappresentazione delle velocità per sezioni indagate (ricostruibili in 3D) secondo una scala cromatica prefissata (che potrà variare dal magenta al blu indicando il primo basse velocità e il secondo alte velocità).

Valori bassi della velocità mostreranno la variazione negativa delle caratteristiche elastiche e meccaniche indicando un possibile deterioramento della struttura.

Per assicurare un risultato attendibile sarà cura dell'appaltatore indagare la sezione con un'appropriata, quanto sufficiente, copertura angolare; questo sarà facilmente ottenibile quando si opererà in sezioni orizzontali di elementi raggiungibili da ogni lato; nel caso di murature o comunque di sezioni verticali dove l'accesso sarà possibile solo su due lati della sezione si avrà un'abbassamento di affidabilità specialmente nelle zone della sezione adiacente ai lati non accessibili.

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Art. 2.2.2.7 Indagine tomografica elettrica

La tomografia elettrica di superficie (ERT Earth Resistance Tomography) è una metodologia geofisica non distruttiva che consente di determinare la distribuzione della resistività (resistenza opposta dal terreno o dalle murature al passaggio di corrente elettrica) nelle tre direzioni spaziali; questa tecnica sarà, preferibilmente, indirizzata verso indagini di tipo archeologico (esplorazione indiretta del sottosuolo), tuttavia, ove richiesto da specifiche di progetto, potrà essere applicata anche per indagare le murature in elevazione.

Questa specifica metodologia di indagine, messa a punto per consentire un'acquisizione automatica sul campo e per un'interpretazione dei dati in termini bi-tridimensionali, si attua mediante l'utilizzo di un numero abbastanza elevato di elettrodi (16, 24, 32, 64 ed oltre a placca da applicare sulla superficie muraria o a picchetti in rame da inserire nel terreno) in relazione alla risoluzione e alla profondità d'indagine richiesta negli elaborati di progetto. I suddetti elettrodi potranno essere disposti, secondo le prescrizioni della D.L., in pozzetto (Tomografia Elettrica in Pozzo) e/o in superficie (Profili Topografici di Superficie).

Gli elettrodi dovranno essere messi in opera distanziati tra loro in ugual misura e collegati ad una apparecchiatura computerizzata allo scopo di agevolare il reperimento di una gran quantità di dati particolareggiati sull'evoluzione laterale e verticale della resistività elettrica; la corrente verrà applicata ad una prima coppia di elettrodi (identificati come A e B) così da poterne misurare la differenza di potenziale con un'altra coppia (C e D). L'operazione dovrà essere ripetuta con una seconda coppia di trasmissione fino a raggiungere il numero massimo di misure indipendenti in relazione alla quantità di elettrodi disponibili. La suddetta sequenza dovrà, necessariamente, essere pre-programmata e interamente automatica. Sarà cura dell'appaltatore elaborare, mediante idonei software avanzati, i dati reperiti così da ottenere immagini 2D o 3D.

L'evoluzione sia verticale che laterale della resistività apparente dovrà essere rappresentata con un grafico (pseudosezione) dove tutti i punti di uguale resistività dovranno essere collegati da una curva detta isoresistiva. Il rilevato dovrà essere letto in modo da poter sostituire alle resistività apparenti la distribuzione delle resistività reali.

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Art. 2.2.2.8 Indagine colorimetrica

L'indagine colorimetrica è una tecnica analitica che si basa sulla caratterizzazione colorimetrica dei materiali da costruzione, in funzione di tre parametri base (tinta, luminosità e saturazione). Sarà cura dell'appaltatore utilizzare in parte la fotografia parametrizzata e/o il rilievo diretto, in parte il rilievo strumentale ed infine in ultima battuta le indagini effettuate in laboratorio. Mediante la fotografia parametrizzata (ovvero riprese fotografiche dei singoli campioni effettuate con l'ausilio di un campione di riferimento come la banda Kodak Color Control così da poter controllare le eventuali variazioni della temperatura del colore¹), il rilievo diretto (ovvero il confronto diretto del colore, mediante il corredo di colorimetri standardizzati secondo la scala Munsell², fino a trovare il colore più simile; colore e campione dovranno essere osservati contemporaneamente sotto luce naturale diurna preferibilmente dal medesimo operatore) ed il rilievo strumentale basato sulla misurazione della riflettanza diffusa dalla superficie dell'area-campione in esame che potrà essere eseguita secondo le prescrizioni di progetto, mediante colorimetri tristimolo (con i quali sarà possibile ottenere esclusivamente le coordinate cromatiche della tinta), mediante spettrofotometri (che daranno, in aggiunta anche la curva di riflettanza diffusa in relazione alla lunghezza d'onda) o mediante telefotometri (i quali presenteranno il vantaggio, rispetto ai precedenti, di poter operare anche a distanze rilevanti dal campione) l'appaltatore dovrà rilevare l'insieme delle tonalità cromatiche che caratterizzeranno il manufatto oggetto di studio. Le prove di laboratorio (che dovranno, necessariamente, essere precedute da attenti prelievi di limitati campioni) permetteranno, invece, di fissare la caratterizzazione chimiche delle cariche e dei pigmenti contenuti nel rivestimento.

Specifiche

Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati nonché la legenda di rilievo con riportata la lettura Munsell); nell'eseguire la suddetta indagine l'appaltatore dovrà attenersi alle raccomandazioni NorMaL 1/93.

Art. 2.2.2.9 Indagine sonica (auscultazione sonica)

L'indagine sonica è una tecnica analitica di natura fisica di norma "non distruttiva" di tipo puntuale che consente di interpretare le caratteristiche qualitative dei materiali (consistenza fisica e stato di conservazione) misurando ed analizzando le modalità di propagazione di onde elastiche entro un corpo solido. La propagazione di onde elastiche dipenderà strettamente dall'omogeneità del materiale e dal suo modulo elastico.

Apparecchiature

La strumentazione che dovrà essere utilizzata dall'appaltatore dovrà essere costituita in linea generale, da una sorgente di emissione di onde elastiche (martello, vibratore elettromagnetico od ad aria compressa), da un captatore dell'energia sonica (velocimetro, accelerometro, microfono) e da un apparecchio di rilevazione dei segnali, composto da un amplificatore, un analizzatore di segnali, un oscilloscopio ed un registratore.

Applicazioni

Con tale apparecchiatura l'appaltatore rileverà la deformazione delle onde elastiche (onde sonore a bassa frequenza da pochi Hz ad un massimo di 16 kHz e ad ampia lunghezza d'onda) in un corpo sollecitato a compressione e a taglio (rispettivamente onde longitudinali o primarie P e trasversali o secondarie S): nel suo propagarsi, l'onda elastica perderà naturalmente energia, principalmente per la riduzione dell'intensità iniziale legata alla legge di propagazione, la diminuzione sarà maggiore se vi sarà una diminuzione dell'omogeneità del mezzo. Le frequenze registrate saranno, pertanto, in

relazione alle caratteristiche e alle condizioni di integrità della muratura. In presenza di non omogeneità del materiale (anche minime tre elemento ed elemento) la velocità sonica di propagazione diminuirà pertanto, in caso di apparecchio murario (pietra o laterizio) composto da elementi che presentino più o meno le stesse caratteristiche elastiche la variazione di velocità potrà indicare una migliore o peggiore condizione della malta di allettamento. Le lesioni e le condizioni di degrado tagliano le frequenze più alte del segnale acustico disperdendo in modo “anomalo” l’energia.

Le indagini più ricorrenti che potranno essere richieste all’appaltatore, saranno quelle per stabilire la misurazione della profondità di piano di posa delle fondazioni di muratura portante (metodo del carotaggio sonico³, del cross-hole⁴ o del down-hole⁵ sonico, tutti e tre i metodi prevedranno l’inserimento perfettamente verticale di una o più sonde nel terreno), la continuità, lo stato di conservazione e la funzionalità (intesa come tensionamento) di catene metalliche inglobate nella muratura per individuarne lesioni o discontinuità murarie, la presenza di riempimenti “a sacco” nelle murature, la presenza di cavità all’interno di un apparecchio murario e la caratterizzazione degli apparecchi murari in funzione dello strato d’aggregazione malta/laterizio.

Oltre che in fase preliminare l’indagine sonica potrà essere prescritta, dagli elaborati di progetto, nella fase di controllo-collaudato al fine di verificare la validità di un consolidamento murario: l’indagine consentirà di valutare l’eventuale incremento di densità della struttura muraria.

Al fine di ottenere dati statisticamente rappresentativi e una più corretta lettura sarà cura dell’appaltatore eseguire, se non diversamente specificato dalla D.L. o da caratteristiche proprie del cantiere (ad es., murature superiori a 80-100 cm di spessore), misurazioni per trasparenza⁶ secondo una maglia regolare (che coprirà alcuni m²) preventivamente predisposta sulla superficie nonché elaborare una mappa della velocità che dovrà dare informazioni sui mutamenti delle peculiarità elastiche di quella data muratura nonché segnalare l’eventuale esistenza di lesioni o soluzioni di continuità (ad es., fessurazioni dovute a cattivi ammorsamenti, rinforzi ecc.).

Per migliorare ulteriormente la lettura, ove richiesto da specifiche della D.L., l’appaltatore si dovrà munire di un sistema di riferimento (ad es. misurazioni prima e dopo eventuali interventi, paragone dei risultati ottenuti in materiali ben conservati con quelli ritenuti degradati).

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l’appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d’uso fornite dal produttore. Al termine dell’indagine, sarà cura dell’appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Art. 2.2.2.10 Indagine ultrasonica

L’indagine ultrasonica, è una tecnica analitica di natura fisica rigorosamente “non distruttiva” di carattere puntuale in grado di fornire risposte di tipo quantitativo e qualificativo; le prove potranno essere svolte in situ o in laboratorio. Questa indagine permetterà di conoscere, con accettabile precisione, la qualità e le difformità dei materiali da costruzione (pietre e legno) analizzando il comportamento e le regole di diffusione, al loro interno, di particolari onde elastiche contraddistinte da frequenze superiori ai 20 kHz. Il sistema si baserà sulla determinazione della velocità di propagazione delle onde sonore attraverso il mezzo studiato e sulla registrazione del segnale ricevuto.

Apparecchiature

La strumentazione elettronica utilizzata dall’appaltatore dovrà essere composta, in linea generale, da una centralina elettronica di rilevazione dotata di un cronometro ad altissima precisione (al decimo di milionesimo di secondo) a cui saranno collegate due sonde una emittente ed una ricevente (identiche ed interscambiabili) a frequenza fissa di tipo piezoelettrico, e da un’unità oscilloscopica (collegata alla centralina di rivelazione) che visualizzerà il segnale acustico che avrà attraversato il corpo solido.

Applicazioni

Gli schemi che l'appaltatore potrà utilizzare per posizionare le sonde saranno: per trasmissione diretta (le due sonde saranno posizionate in due punti speculari su due facce parallele, metodo più attendibile); per trasmissione semi-diretta (le sonde saranno posizionate su due facce ortogonali), per trasmissione indiretta (le sonde saranno posizionate entrambe su di una faccia, metodo meno sensibile sarà obbligo, pertanto, eseguire più serie di misurazioni a varie distanze).

Se non diversamente specificato le frequenze di lavoro, potranno oscillare dai 50 ai 200 kHz, la scelta della frequenza e, di conseguenza, della sonda sarà legata alla singola problematica, in particolare si utilizzeranno onde ultrasoniche a bassa frequenza maggiori di 40 kHz ma inferiori a 200 kHz per indagare materiale sufficientemente compatto come pietra, laterizio e legno; onde ad alta frequenza comprese tra i 500 kHz e i 1,5 MHz per indagare la difettosità di materiali ad alta densità, molto compatti quali ceramiche e metalli.

Al fine di garantire una lettura dei dati la più esatta possibile sarà cura dell'appaltatore eseguire più serie di misurazioni nonché assicurare il miglior contatto possibile tra le sonde ed il manufatto da indagare; se non diversamente specificato da indicazioni della D.L. il contatto dovrà essere garantito interponendo, tra la superficie sensibile delle sonde e quella da analizzare, uno strato di materiale viscoso quale olio, grasso, gel, plastilina o simili. All'appaltatore potranno essere richieste tre tipologie di misure: le misure della velocità del suono in superficie, le misure radiate e le misure in trasparenza. Le prime dovranno essere svolte in modo da garantire l'identificazione delle degenerazioni superficiali del materiale; le seconde dovranno consentire di verificare l'omogeneità del materiale a differente distanza dall'area e saranno ottenibili allorché sia la superficie interna sia quella esterna saranno praticabili; infine, le misure in trasparenza dovranno essere eseguite in modo da poter analizzare il materiale in tutto il suo spessore.

Le indagini più ricorrenti (da eseguirsi in situ o su campioni in laboratorio) che potranno essere richieste all'appaltatore, sono:

- per gli elementi litoidi: presenza di microfessurazioni od altre imperfezioni, spessore degrado superficiale, differenti caratteristiche meccaniche secondo i tre assi cartesiani, caratteristiche meccaniche in relazione agli standard;
- per gli elementi in legno: spessore della degradazione superficiale, caratteristiche meccaniche rilevate nelle due direzioni, parallelamente ed ortogonalmente alle fibre, presenza di irregolarità quali nodi, microfessurazioni ecc., densità relativa;
- per gli elementi in calcestruzzo: omogeneità delle miscele, presenza di microfessurazioni od altre imperfezioni, caratteristiche meccaniche.

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Art. 2.2.3 - Tecniche per la misurazione dell'umidità - generalità

La misurazione dell'umidità, ricorrendo all'utilizzo delle specifiche strumentazioni e metodologie, dovrà necessariamente essere indirizzata alle zone maggiormente colpite dal fenomeno; l'individuazione preliminare delle aree aggredite, consentirà di evitare dispendiose e spesso inefficaci indagini generalizzate.

In questo caso diviene di peculiare importanza valutare, durante il sopralluogo, tramite un rilievo a vista, lo stato di fatto del manufatto in relazione alle condizioni al contorno ovvero: caratteristiche geologiche del terreno, approvvigionamento e smaltimento delle acque, efficienza delle strutture (coperture, vespai, murature ecc.), condizioni climatiche ecc. A tale scopo potrà risultare utile monitorare il manufatto per un periodo di tempo (definito in relazione allo specifico caso), così da poter raccogliere una gran quantità di dati in riferimento ai punti sopra elencati; le informazioni desunte, dovranno poi essere elaborate correlate tra loro e relazionate in riferimento allo stato di fatto rilevato. Le diverse strumentazioni disponibili per tale misurazione dovranno essere in grado

di fornire indicazioni a carattere comparativo così da poter determinare la differenza, all'interno di un medesimo contesto, tra una muratura sana e una aggredita da fenomeni relativi all'umidità.

In funzione degli obiettivi stabiliti potranno essere impiegati metodi ed apparecchi diversi in grado di definire, in ogni caso, il fenomeno in termini numerici: per l'umidità ambientale (temperatura dell'aria, temperatura superficiale, umidità relativa) si utilizzeranno le misure igrotermiche, mentre per l'umidità dei materiali, si determinerà il contenuto d'acqua.

La caratteristica che accomuna tutti i metodi di misurazione è che l'operazione ha carattere puntuale. Per avere un quadro generalizzabile risulterà opportuno attuare una campagna di rilevazione abbastanza estesa. Nei casi di muratura umida, causata ad esempio da fenomeni di risalita capillare, la campionatura del contenuto d'acqua, dovrebbe prevedere rilievi a diverse profondità (superficiale circa 3-4 cm, interne circa 10-12 cm e profonde > di 20 cm), allo scopo di conoscere la capacità di evaporazione della muratura a quote diverse dal piano di calpestio (ad esempio 50 cm, 150 cm e a 200 cm da terra) e per conoscere l'entità dell'azione capillare.

Le apparecchiature si diversificheranno in relazione alla specifica misurazione ovvero: misure igrometriche (psicrometro e igrografo a capello), misure della temperatura dell'aria (termometri a mercurio o ad alcool, termometri a lamina bimetallica, termometri a termocoppia, termometri a semiconduttori), misure della temperatura superficiale (si utilizzano gli stessi impiegati per la misurazione della temperatura dell'aria), rilevatori di condensazione (rilevatori di condensazione ed appannamento e a variazione di resistenza), misure relative al contenuto d'acqua nelle strutture (metodi diretti e indiretti) e misure contemporanee di differenti variabili (termoigrografo, termoigrometro, termometri digitali).

Art. 2.2.3.1 Misure igrometriche

Le misurazioni igrometriche hanno lo scopo di definire i valori dell'umidità relativa ovvero, il rapporto percentuale fra l'umidità effettivamente contenuta nell'aria ad una data temperatura e l'umidità massima che, alla stessa temperatura, potrebbe esservi contenuta. I valori dell'U.R. dovrebbero essere compresi tra il 35% e il 70%.

Lo psicrometro si compone di due termometri uguali uno con bulbo libero e asciutto e l'altro avvolto in una garza che dovrà essere mantenuta bagnata; l'attivazione di una leggera ventilazione accelererà l'evaporazione della garza con conseguente raffreddamento del bulbo mentre il bulbo asciutto non subirà nessuna alterazione. La differenza di temperatura tra i due bulbi risulterà tanto maggiore quanto più veloce sarà l'evaporazione dell'acqua; la misurazione dello scarto termico consentirà di calcolare l'U.R. dell'aria. Nei casi in cui l'umidità dovesse raggiungere i 100% lo scarto risulterebbe uguale a zero. Se allo psicrometro viene aggiunto un elaboratore elettronico risulterà possibile misurare anche la temperatura dell'aria, quella di rugiada e l'umidità assoluta. È opportuno non utilizzare tale strumentazione con temperature prossime a 0°C poiché, è facilmente intuibile, che il bulbo bagnato gelerebbe.

L'igrografo a capello si basa sulla proprietà che hanno specifici materiali (capelli umani e certe fibre organiche) di aumentare o diminuire di lunghezza al variare dell'umidità dell'aria; le variazioni desunte dovranno essere riportate su indice numerico. Si tratta di uno strumento la cui praticità e facilità di applicazione lo rende particolarmente idoneo ad essere utilizzato in cantiere; occorre tener presente però, che risulta essere soggetto a perdere la taratura, per questo sarà opportuno provvedere periodicamente (ogni due tre mesi) a ritrarlo. La registrazione dei dati potrà essere realizzata a discrezione dell'operatore (giornalmente, settimanalmente o mensilmente) e se accoppiato con un termometro a lamina bimetallica potrà dare anche la temperatura dell'aria.

Art. 2.2.3.2 Misure della temperatura dell'aria

Le strumentazioni per operare questa misurazione sono:

- termometri a mercurio, si basano sul principio della dilatazione termica degli elementi; utilizzati sovente in laboratorio per tarare e controllare gli altri tipi di strumenti;
- termometri a lamina bimetallica, basati sulla deformazione subita da una lamina bimetallica (composta da due strisce metalliche, con diverso coefficiente di dilatazione, sovrapposte e saldate

tra loro) al variare della temperatura. Lo strumento non sempre garantisce un elevato grado di precisione;

- termometri a termocoppia, si basano sulla differenza di potenziale che si stabilisce tra due giunzioni, di metalli diversi, mantenute a temperatura differente; mantenendo una giunzione a temperatura nota risulterà possibile dedurre la temperatura dell'altra giunzione misurando la differenza di potenziale. L'elemento di giunzione, costituito da due fili sottilissimi, consentirà di rilevare anche misure puntiformi, per contro risulterà difficile mantenere costante la temperatura di riferimento. Questi specifici termometri risulteranno particolarmente adatti per registrazioni di temperatura prolungate nel tempo;
- termometri a semiconduttori, si tratta di uno strumento pratico in virtù della precisione e facilità con la quale si può misurare una variazione di resistenza elettrica; la temperatura verrà rilevata attraverso un sensore composto da un elemento che varia la sua resistenza al variare della temperatura, conoscendo la resistenza elettrica risulterà possibile risalire alla temperatura dell'aria.

Art. 2.2.3.3 Misure della temperatura superficiale

Gli strumenti atti a misurare la temperatura dell'aria risulteranno in grado di rilevare anche la temperatura superficiale a patto che sia assicurato un perfetto contatto tra l'elemento prescelto per la misurazione e la struttura al fine di evitare che la temperatura dell'aria influenzi, alterandola, la misurazione. A tale scopo, per limitare l'influenza dell'aria, l'elemento sensibile (termometri a termocoppia, a termistori o a semiconduttori) dovrà essere inserito in un cono di argilla applicato sulla superficie muraria. La temperatura interna di una struttura muraria potrà essere rilevata inserendo il cono all'interno di un foro facendo cura di riempire lo spazio, tra l'elemento e le pareti del foro con materiale compatto così da evitare l'influenza della temperatura dell'aria all'interno della cavità.

Art. 2.2.3.4 Rilevatori di condensazione

I fenomeni relativi alla condensazione difficilmente risulta possibile coglierli durante la loro azione, per questo sarà necessario ricorrere all'utilizzo di rilevatori che, grazie al collegamento ad un registratore risulteranno capaci di rilevare la durata e la frequenza del fenomeno come i:

- rilevatori di condensazione ed appannamento, l'operazione consiste nella misurazione dell'attenuazione che un fascio di luce a raggi infrarossi subisce dopo aver colpito una piastrina metallica fissata sulla superficie oggetto di indagine. L'eventuale presenza di condensazione sarà segnalata se il rilevatore segnalerà una riduzione di intensità del fascio in quanto assorbito dall'acqua depositatasi sulla piastrina;
- rilevatori di condensazione a variazione di resistenza, l'operazione di rilevazione è affidata ad una basetta isolante a bassa inerzia termica fissata al muro, che collega due elettrodi molto vicini tra loro; secondo il principio per cui la resistenza elettrica che passa tra i due elettrodi tende a precipitare in presenza di condensazione, la basetta asciutta rivelerà la resistenza elevata tra i due elettrodi denunciando così un'assenza di condensa. La riuscita dell'operazione dipenderà dallo stato della basetta che dovrà pertanto, risultare sempre pulita e priva di sali onde evitare di falsare la misurazione.

Art. 2.2.3.5 Misura del contenuto d'acqua nelle strutture

I metodi che consentono la misurazione del contenuto d'acqua possono essere diretti (prove di laboratorio) e indiretti;

metodi diretti, implicano analisi di laboratorio da eseguirsi su campioni di muratura prelevati in situ mediante carotaggi o perforazioni:

- il metodo ponderale prevede l'individuazione del contenuto d'acqua calcolando la differenza tra il peso dello stato umido ed il peso dello stato secco, essiccati. Il prelievo del campione umido potrà essere effettuato utilizzando lo scalpello o la carotatrice a secco a bassissima velocità di rotazione così da non implicare sviluppo di calore e successiva evaporazione di acqua; il campione dovrà essere inserito all'interno di un recipiente (in vetro o in polietilene), preventivamente pesato,

con tappo a tenuta. In laboratorio si peserà prima il contenitore con il campione all'interno e successivamente solo il campione di materiale prelevato, dopodiché si passerà all'essiccamento in stufa (tipo quelle a corrente di aria calda o con ricambio d'aria trascurabile) ad una temperatura pari a 105°C (facendo cura di non superare la temperatura di 110°C) e alla successiva determinazione del peso del campione così essiccato e della percentuale di umidità riferita al peso umido, a quello secco ed al volume. Questo metodo, circoscrivendo i dati relativamente al campione prelevato, non potrà denunciare un valore di riferimento per tutta la muratura; perché ciò sia possibile occorrerà operare numerosi prelievi in diversi punti della struttura;

– il metodo del carburo di calcio si basa sulla lettura della pressione generata da un gas che si sprigiona a seguito di una reazione chimica. L'operazione consiste nel prelevare un campione di muratura che, dovrà ridotto in polvere dovrà essere mescolato, all'interno di un recipiente metallico indeformabile ed ermetico, con una dose prefissata di carburo di calcio in misura proporzionale al materiale prelevato. Dall'omogenea miscelazione delle due polveri si svilupperà dell'acetilene la cui quantità si rapporterà alla quantità di acqua presente nel campione; l'acetilene svilupperà una pressione sul manometro a chiusura del contenitore tanto maggiore quanto maggiore è il quantitativo di acqua. Lo sviluppo di acetilene è direttamente proporzionale al quantitativo di acqua che potrà essere dedotto se risulterà possibile conoscere la quantità standard del materiale esaminato; da questo si evince come l'esattezza dell'analisi dipenda dalla conoscenza della composizione del materiale, inoltre in virtù della perdita d'acqua che avviene per evaporazione durante l'operazione di polverizzazione del materiale, è opportuno prelevare il campione in condizioni che garantiscano una contenuta evaporazione superficiale di acqua.

metodi indiretti, a differenza dei metodi diretti non prevedono operazioni distruttive (prelievi di campioni) tra le diverse strumentazioni vi sono:

– misuratori a lettura di resistenza elettrica; rilevano le variazioni di resistenza elettrica fra elettrodi (a forma di aghi) posti nella muratura. Si basano sul principio per cui risulta possibile assimilare il comportamento di una muratura umida a quello di una resistenza; le sonde applicate sulla muratura sono collegate da uno strumento di misura in grado di esprimere dei valori (in percentuale) relativi al contenuto di acqua. La corrente elettrica sarà proporzionale al contenuto di acqua per cui, maggiore sarà la presenza di acqua tanto più risulterà la conducibilità elettrica. Questo metodo non sarà in grado di effettuare misurazioni in profondità (non oltre qualche centimetro) per cui interesserà solo gli strati superficiali dei materiali inoltre, dovrà essere fatta attenzione al margine di errore legato alla presenza di sali (che influenza la resistenza elettrica) e alla natura stessa del materiale esaminato;

– misuratori di costante dielettrica, rilevano la costante dielettrica tra due elettrodi a piastra appoggiati sulla stessa faccia della muratura (misurazione della costante del materiale di contatto) oppure, sulle due facce della parete (misurazione della costante di sezione). La prima misurazione avverrà su di una zona asciutta la seconda su di una zona umida; il confronto tra le due differenti misure consentirà di ricavare il valore dell'umidità. A differenza degli elettrodi ad ago, quelli a piastra risultano meno influenzabili dalla presenza di sali;

– misuratori del contenuto d'acqua a neutroni, il materiale viene attraversato da microonde; l'attenuazione della loro energia iniziale sarà connessa alla presenza di acqua nel materiale esaminato.

Art. 2.2.3.6 Misure contemporanee di differenti variabili

La specifica strumentazione non restituirà dati in tempo reale e dovrà necessariamente essere posizionata in situ per una durata di tempo prestabilita. Gli strumenti più comunemente usati sono:

– termografo, lo strumento legge e trascrive i dati relativi alla U.R. e alla temperatura tramite l'ausilio di un cilindro (unità di registrazione) che riporta un apposito tabulato in carta sul quale verrà adagiato un ago che riporterà l'andamento giornaliero relativo alla temperatura e all'umidità;

- termoisigrometro, tramite l'ausilio di apposite sonde lo strumento risulterà in grado di registrare l'umidità assoluta (da 0,1 a 150 g di acqua per kg di aria), l'umidità relativa (dal 15 al 90%), il punto di rugiada (da -40° a + 60°C) e la temperatura dell'aria (da - 40 a +120°C);
- termoisigrometri digitali, risulteranno in grado di rilevare l'umidità relativa e la temperatura ambiente reagendo rapidamente alle variazioni di umidità.

Art. 2.2.4 – Monitoraggio rilievo dinamico

Con il termine monitoraggio o rilievo dinamico dovrà essere inteso un sistema di registrazione temporaneo di dati la cui conseguente interpretazione determinerà una casistica comportamentale del fenomeno. In tali procedure di "rilievo" (riproposte in maniera ciclica più o meno regolare) la frequente memorizzazione dei dati richiederà, di metodi di rilevazione da attuarsi in tempi relativamente ridotti e possibilmente a costi contenuti. Controlli ripetuti nel tempo serviranno a limitare i rischi che si manifesteranno negli intervalli di transizione (ovvero nel lasso di tempo in cui i manufatti non saranno "protetti") durante i quali i deterioramenti potrebbero progredire in maniera incontrollata.

Tutti i sistemi di monitoraggio necessiteranno obbligatoriamente di una accurata manutenzione da parte dell'appaltatore, così da poter verificare periodicamente il corretto funzionamento del sistema e dell'eventuale taratura degli strumenti.

Art. 2.2.4.1 Telerilevamento

Al fine di documentare l'evoluzione delle patologie del degrado e lo stato di conservazione degli apparecchi murari o delle strutture in genere nel periodo durante il quale esse rimarranno non protette ovvero durante periodi di stasi dei lavori, sarà cura dell'appaltatore, ove prescritto dagli elaborati di progetto, eseguire alcuni monitoraggi-campione (nel numero e della dimensione indicata dalla D.L.) lungo tutte le strutture, nelle diverse esposizioni e su differenti materiali. Tali rilevamenti-campione saranno eseguiti mediante telerilevamento (indagine non distruttiva, passiva, indiretta) ossia fotografie ripetute ad intervalli di tempo regolari "commentate" in apposite schede pre-progettate e/o aggiornate in corso d'opera (v. specifiche in calce a questo articolo). Il telerilevamento dovrà, necessariamente, essere eseguito in un lasso di tempo pre-programmato secondo le esigenze del progetto e della tipologia di indagine (variabile da poche settimane a diversi mesi). In questa particolare "indagine-rilievo" l'appaltatore dovrà porre particolare cura sia nell'eseguire le riprese fotografiche (ripresa a quadro verticale ossia conservando il parallelismo tra superficie in analisi e piano focale), seguendo le indicazioni dettate dalla D.L., sia nel compilare per ogni singolo fotogramma significativo utilizzato per il monitoraggio i campi presenti nella specifica scheda tipo di rilievo.

Applicazioni e apparecchiature

Al fine di eseguire la procedura di rilievo dinamico (monitoraggio) l'appaltatore potrà utilizzare il telerilevamento avvalendosi secondo le prescrizioni di progetto di fotografie in b/n, a colori o all'infrarosso (I.R.).

La fotografia sia in b/n sia a colori eseguita mediante fotocamere 35 mm reflex (ovvero in formati maggiori opportunamente equipaggiati) o digitali (risoluzione minima 5,0 Megapixel) costituirà non solo un mezzo ausiliario alle operazioni di rilevamento ma anche una vera e propria tecnica di indagine sussidiaria al rilevamento in quanto essa sarà rivolta a verificare ed integrare le informazioni della rappresentazione grafica segnalando aspetti difficilmente documentabili attraverso il disegno (quali ad es. le patologie degenerative o lo stato fessurativo) al contempo si rileverà un utile strumento di monitoraggio e/o di controllo delle trasformazioni subite dal manufatto nel corso dell'intervento di restauro o, più in generale della sua vita.

La fotografia in b/n e a colori potrà essere richiesta, all'appaltatore, oltre, naturalmente come mezzo documentario (foto di servizio periodiche che dovranno documentare il progredire delle operazioni di restauro nel numero e dimensioni che saranno volta per volta indicati dalla D.L. in ogni caso non meno di 2 copie per un minimo di 50 scatti con dimensioni minime 13x18 cm), sia come strumento di interpretazione del manufatto (verifica ed integrazione rilievo), sia come strumento per realizzare

il rilievo dinamico (monitoraggio) a patto, però, che le fotografie scattate offrano la possibilità di essere “misurate”. Al fine che la misurazione di un oggetto fotografato sia possibile dovrà essere cura dell'appaltatore introdurre degli elementi come aste o reticoli quadrati (suddivisi all'interno in quadri di 10 x10 cm), basi di misurazione dirette ecc. capaci di segnalare le dimensioni dell'oggetto rappresentato. La fotografia dovrà essere, inoltre, priva di “effetti”; nella fattispecie: linee cadenti, ombre proprie, ombre portate molto scure e, soprattutto, occorrerà evitare, ricorrendo a vari tipi d'accorgimenti fotografici, distorsioni prospettiche. Le immagini dovranno essere scattate a quadro rigorosamente verticale e parallelo alla superficie stessa, comprendendo l'intero prospetto ovvero transetti verticali e/o orizzontali, (indicati dagli elaborati di progetto o specifiche della D.L.) con ampie zone di sovrapposizione (almeno per 1/3). Allo scopo di facilitare la corretta sovrapposizione delle fotografie sarà cura dell'appaltatore spostarsi parallelamente alla facciata seguendo intervalli costanti in precedenza segnalati a terra (mediante sagole tese).

Se non diversamente specificato dalla D.L., al fine di garantire un'immediata lettura del manufatto sarà cura dell'appaltatore utilizzare pellicole a colori (a grana fine e bassa-media sensibilità 50-100-200 ISO a seconda delle condizioni di luminosità ambientale) grazie alle quali sarà possibile riconoscere, sia la diversità dei materiali presenti, sia eventuali alterazioni cromatiche generate da diversi fattori di degrado. Al fine di migliorare la qualità dell'immagine potranno essere utilizzati filtri correttivi quali grigi neutri (aiutano a diminuire la quantità di luce senza alterarne la qualità, potranno essere utilizzati sia per il b/n sia per il colore), di contrasto per accentuare particolari significativi (nel b/n il filtro arancio amplificherà il contrasto generale, quello blu diminuirà il tono delle murature, quello verde farà emergere le tonalità delle ocre e delle terre bruciate e naturali), di selezione (i filtri ultravioletti circonscriveranno gli effetti della foschia nonché le dominanti bluastre nelle foto a colori), infine, i filtri polarizzatori aumenteranno la saturazione dei colori annullando eventuali riflessi non voluti.

In linea generale dovranno essere evitate, se non direttamente specificato, riprese eseguite con luce solare diretta (così da eludere le ombre che potrebbero rendere non chiara l'immagine), sarà, inoltre, preferibile utilizzare sempre il cavalletto ed eventualmente, dove sarà necessario, un sistema d'illuminazione artificiale continuo di tipo cinematografico (provvisto di mascherine laterali così da permettere di regolare la direzione della luce) anche per riprese diurne (allo scopo di eliminare eccessivi contrasti o schiarire le ombre) in luogo del flash. Questo sistema di illuminazione continua dovrà essere preferito anche in condizioni particolari come quelli di scarsa illuminazione (ambienti ipogei, scantinati, sottotetti ecc.) o riprese seminotturne al fine di esaltare le condizioni di illuminazione artificiale così da valorizzare porzioni del manufatto oppure per esaltarne i risalti e le scabrosità della superficie (ad es., segni di lavorazione, scagliature, distacchi ecc.) ricorrendo a luci radenti ovvero con sorgente luminosa quanto più possibile parallela al piano della superficie da indagare.

Utilizzando due fonti di illuminazione artificiale, opportunamente posizionate, si potranno pertanto, ottenere due diversi tipi di ripresa: una “morbida” (ottenuta con luce perpendicolare ovvero diffusa) e una “radente” (ottenuta posizionando la fonte di luce a lato del punto di ripresa con un'angolazione compresa tra i 5° e i 20° rispetto al piano della superficie). Il primo tipo di fotogrammi consentirà di ottenere viste omogenee, ottime basi per l'eventuale elaborazione di ulteriori rappresentazioni grafiche, mentre il secondo tipo garantirà una lettura più specifica di alcuni fattori macroscopici come appunto la scabrosità della superficie, eventuali incisioni del supporto, micro soluzioni di continuità ecc.

La fotografia all'infrarosso (IR) utilizzerà pellicole fotografiche sensibili ai raggi infrarossi (lunghezza d'onda compresa tra i 0,7 e 1 micrometri), ossia a radiazioni termiche spontanee emesse da qualunque corpo esistente in natura; queste pellicole saranno in grado di trasporre il dato elettromagnetico in dato visivo. Mediante le riprese con le suddette pellicole, l'appaltatore sarà in grado di evidenziare discontinuità costruttive, distacchi d'intonaco, vegetazione annidata negli interstizi dell'apparecchio murario e non ancora apparsa in superficie. la fotografia da infrarosso permetterà, inoltre, di rilevare lesioni passanti, allorché sia presente, tra le due facce della parete, una significativa differenza di temperatura (che potrà essere riportata anche artificialmente). Al fine

di avere un'immagine nitida sarà consigliabile seguire gli scatti dopo aver sottoposto, preventivamente, le parti a riscaldamento uniforme (artificiale o solare).

Specifiche

A termine dell'indagine ovvero a scadenze prestabilite sarà cura dell'appaltatore restituire le immagini nel numero e dimensioni che saranno prescritti dagli elaborati di progetto. In ogni caso, i fotogrammi, dovranno essere muniti sia di un numero di riferimento progressivo del rullino e dello scatto con relativa data, sia di indici subordinati relativi a particolari seriazioni indicate dagli elaborati di progetto; inoltre per ciascuna immagine fotografica sarà indicato, su di un grafico in scala convenientemente ridotta, la localizzazione (determinata anche in altezza) del relativo punto di presa e sarà redatta una scheda del tipo A se si tratterà di foto non metrica, del tipo B se si tratterà di foto metrica (in entrambi i tipi di scheda dovranno essere riportati la distanza tra il punto di presa e l'oggetto, la macchina con cui è stato eseguito il rilievo, il tipo di obiettivo, la sensibilità della pellicola utilizzata e le condizioni ambientali) e del tipo C se si tratterà di foto di monitoraggio. Per ciascuna fotografia scattata con fotocamera reflex dovranno essere presentati il negativo e due copie (compresa quella schedata) su carta semilucida (dimensioni minime 13x18 cm). Resta inteso che tale campagna fotografica dovrà essere eseguita da esperto professionista del ramo con relativa attrezzatura.

Art. 2.2.4.2 Monitoraggio del quadro fessurativo

La presenza di un quadro fessurativo richiede che l'appaltatore disponga, secondo le prescrizioni di progetto e/o le indicazioni della D.L., di un sistema di monitoraggio che consenta di rilevare il comportamento delle fessurazioni nel tempo; lo studio potrà avvenire in modo differente in funzione dell'importanza della fabbrica, delle lesioni, deformazioni od alterazioni presenti. È necessario, prima di tutto, comprendere se il quadro fessurativo al momento del rilevamento sia di tipo attivo o passivo ovvero in evoluzione oppure in stasi; nel caso sia riscontrata la prima ipotesi dovrà, essere individuata la causa che genera tali spostamenti e in che misura essi avvengono. La struttura muraria è, infatti, in grado sia di deformarsi plasticamente senza incorrere nell'immediato collasso, sia di definire un nuovo stato di equilibrio, dissimile dall'originale ma in grado, comunque, di assicurare, se pur ridotta, una stabilità. La verifica di tale contingenza dovrà, necessariamente, essere attuata poiché rappresenta un parametro necessario per definire gli interventi di consolidamento.

Gli strumenti attualmente disponibili capaci di eseguire il monitoraggio di fessurazioni sono diversi e si contraddistinguono per i diversi gradi di precisione che hanno; i più impiegati sono le biffe, i fessurimetri, i deformometri o gli estensimetri. La lettura e i controlli dei punti fissi predisposti inizialmente, potranno avvenire saltuariamente (mensilmente, bisettimanale, settimanale quanto più grave risulterà il fenomeno di dissesto) o di continuo sotto la forma della registrazione automatica. Per un corretto studio dei cinematismi delle lesioni si rileverà, opportuno, misurare anche l'andamento delle temperature così da compensare eventuali effetti connessi alla dilatazione termica dei materiali.

Specifiche

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. A scadenze pre-programmate, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Art. 2.2.4.2.1 - Biffe di malta

Le biffe, a forma di doppia coda di rondine con la sezione minima in corrispondenza della fessurazione, dovranno essere applicate trasversalmente alla lesione, in corrispondenza del ventre di questa. La biffa dovrà essere posizionata sul vivo della muratura, in caso di fessurazione passante, sarà opportuno introdurre della malta inserita quanto più è possibile dentro la fessurazione in modo da impedire possibili cavillature nella parte mediana della spina causate da un ritiro accelerato. La malta da usare per la costruzione di biffe potrà variare in relazione a dove dovrà essere posizionata.

Nel caso in cui la zona sia interna o non esposta agli agenti atmosferici ed a fenomeni d'umidità, sarà preferibile usare una malta a base di gesso; questo tipo di biffa oltre a non manifestare l'inconveniente di fessurazioni da ritiro, possiede una resistenza inferiore a quella dell'intonaco risultando così più appropriata per la segnalazione di fessure in movimento. Per una biffa posizionata all'esterno, sarà, invece, consigliabile utilizzare una malta magra a base idraulica o bastarda (in ogni caso esente da legante cementizio o eminentemente idraulico). Le dimensioni di un a biffa di malta, se non diversamente specificato da indicazioni della D.L., saranno di circa 16-20 cm di lunghezza per uno spessore non superiore ad 1 cm.

In corrispondenza d'ogni biffa dovrà essere segnato sul muro un numero di riferimento e la data di posizionamento, questi dati dovranno essere trascritti in un registro al fine di ricostruire, graficizzandoli, gli eventuali movimenti subiti dalla struttura nel tempo. Le estremità delle diramazioni della lesione (cuspidi) ed il ventre della stessa dovranno essere siglati e datati. Il controllo della biffa andrà eseguito, da parte dell'appaltatore, ad intervalli di tempo preferibilmente costanti e tanto più assidui quanto più grave risulterà il quadro fessurativo. La rottura della biffa potrà segnalare la presenza di dissesti in atto ma non potrà indicarne la loro natura. Al termine delle rilevazioni, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni nella forma prescritta dagli elaborati di progetto.

Art. 2.2.4.2.2 - Vetrini

Spia dal comportamento simile alla biffa in malta ma di materiale diverso; questi elementi atti al monitoraggio delle lesioni si concretizzano in rettangoli di vetro a basso spessore (inferiore a 2 mm) posti a ridosso della fessura e fermati con colle, stucchi o malte posati esternamente ai lembi della lesione stessa. Questo metodo risulta poco attendibile in quanto il vetrino potrà presentare l'inconveniente di rompersi per effetto dell'escursione termica dei materiali oppure rimanere integro in presenza di dissesti strutturali perché scivolato sulla malta di fissaggio.

Art. 2.2.4.2.3 - Fessurimetri millimetrati

Questa strumentazione è costituita da due placchette in materiale plastico (in genere materiale acrilico o PVC) assemblate sovrapposte e apposte a cavallo della lesione mediante sistemi previsti dall'azienda produttrice (tasselli, stucchi epossidici, mastici, resine ecc.). La piastrina superiore sarà incisa con un reticolo mentre quella inferiore sarà calibrata in millimetri. La misura del movimento della fessura, rilevabile anche in frazioni di millimetro, sarà segnalata dallo spostamento del reticolo rispetto alla placca millimetrata sottostante, a partire dal valore zero. Di norma la rilevazione massima consentita da questo strumento sarà di 20-25 mm. Questo tipo di strumento risulterà particolarmente adatto per:

- rilievo su superfici piane di movimenti verticali od orizzontali anche simultanei;
- rilievo lesioni d'angolo soggette a movimenti bi-direzionali anche simultanei;
- rilievo di cedimenti od assestamenti di pavimentazioni rispetto a murature o pilastri;
- misura della differenza di planarità di qualsiasi superficie lesionata.

Ogni strumento dovrà essere munito di propria scheda di registrazione così da segnalare ogni movimento delle lesioni. Al termine delle rilevazioni, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni nella forma prescritta dagli elaborati di progetto.

Art. 2.2.4.2.4 - Deformometri

Un controllo più attento del quadro fessurativo potrà essere effettuato utilizzando un deformometro: strumento removibile di minimo ingombro, in grado di misurare il progredire delle lesioni, su basi fisse, nell'ordine del micron (millesimo di millimetro). L'appaltatore applicherà, fissandole al muro con resina bicomponente, da ambo i lati della fessura due "pasticche" in acciaio inox (prismetti esagonali concavi) di circa 20 mm per 5 mm di spessore, dette "basi", munite di foro al centro. La distanza reciproca dei "casisaldi" sarà stabilita da una dima di fissaggio avente la lunghezza corrispondente alla posizione iniziale del comparatore millesimale (pari a 100, 150 o 200 mm). La verifica verrà eseguita mediante una barra d'acciaio "invar" munita di un comparatore millesimale

e, ai lati, di due punte una fissa e l'altra mobile. La lettura verrà concretizzata sovrapponendo alle piastrine (le sole parti fisse in sede) dei punti di misura assicurati alla barra con il comparatore (deformometro); qualora si verificasse diversità dell'intervallo tra i due punti fissi a cavallo della fessura, lo spostamento sarà determinato dal movimento della punta mobile collegata al comparatore, consentendo così di appurare nonché misurare il movimento avvenuto. Se non diversamente specificato da indicazioni di progetto o specifiche della D.L., sarà sufficiente eseguire le letture una volta al mese salvo nei casi di quadri fessurativi rilevanti, in questo caso le letture dovranno essere eseguite ogni due settimane od ancora più frequentemente. Applicando tre piastrine, ed eseguendo ciclicamente le misure di trilaterazioni, potranno essere valutate le traslazioni relative tra i blocchi separati dalla lesione stessa. Una quarta base permetterebbe, infine, di ottenere anche le rotazioni tra i due maschi murari nonché la localizzazione del centro di rotazione: così facendo sarà possibile rappresentare in modo completo i movimenti relativi. Al termine delle rilevazioni, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni nella forma prescritta dagli elaborati di progetto.

Art. 2.2.4.2.5 - Estensimetri

Il principio di funzionamento sarà analogo a quello del deformometro, essendo il rilevamento dello spostamento misurato per variazione della distanza relativa tra due punti iniziali a cavallo della lesione da monitorare. Qualora sia possibile porre lo strumento in ambienti non frequentati (ossia in ambienti non accessibili se non agli addetti ai lavori) è consigliabile utilizzare estensimetri autoregistranti: apparecchi simili al precedente ma con il vantaggio di avere incorporata una penna che graficizza gli spostamenti disegnandoli su di un rullo mosso da un sistema ad orologeria. Questo sistema documenterà, in ogni momento, l'eventuale spostamento della struttura sotto monitoraggio così da permettere di controllare quei movimenti "alternativi" dovuti alle variazioni termiche o igrometriche d'ambiente. Per risalire al moto, come nel caso dei deformometri, sarà cura dell'appaltatore, installare trasversalmente alla lesione due estensimetri con le rispettive barre normali tra loro. Al termine delle rilevazioni, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni nella forma prescritta dagli elaborati di progetto.

Art. 2.2.4.3 Monitoraggio ambientale (rilevazioni delle condizioni termoigrometriche e microclimatiche)

Il monitoraggio ambientale si verificherà utile al fine di poter apprendere le reali condizioni dello specifico contesto ambientale che interagisce con le aree archeologiche (dove risulterà indubbio che le condizioni ambientali saranno il principale fattore delle cause di degrado), i fabbricati e con gli spazi interni così da poter stabilire, le eventuali concause legate ai fenomeni di alterazione quali l'invecchiamento dei materiali e/o delle strutture del fabbricato. Si tratterà di una serie di indagini puntuali, non distruttive o solo parzialmente distruttive (al fine di estrapolare un campione), da realizzare in situ e/o in laboratorio, che dovranno garantire di raggiungere risultati fondamentalmente di carattere quantitativo oltre che qualitativo.

Di norma il monitoraggio ambientale dovrà essere eseguito per almeno un anno o comunque per il tempo stabilito in accordo con la D.L., se non diversamente specificato l'appaltatore dovrà prevedere di eseguire almeno due campagne di rilievo in un'ottica bi-stagionale (ad es. inverno-primavera o estate-autunno) della durata minima di 30 giorni ciascuna. Le informazioni inerenti il rilevamento microclimatico potranno, eventualmente, essere integrate con dati e medie di periodi più ampi, forniti da enti e istituzioni preposte quali ASL, uffici provinciali e regionali, uffici meteorologici, università ecc. L'esame di dati pregressi consentirà all'appaltatore di individuare le serie storiche, informatizzando i dati potrà, inoltre, ricavare gli andamenti caratteristici così da individuare i periodi dell'anno favorevoli per l'impostazione delle campagne di rilevamento.

Tramite la lettura e la conseguente interpretazione dei dati termoigrometrici sarà possibile acquistare informazioni sull'evoluzione dell'umidità e delle temperature così da valutarne l'eventuale tendenza alla formazione di condensa, quadri fessurativi causati da spostamenti "stimolati" dal calore, alterazioni causate dalle differenti intensità degli attacchi ambientali ecc. I

parametri legati a questo specifico monitoraggio che dovranno, necessariamente, essere acquisiti dall'appaltatore sono:

- temperatura dell'aria interna ed esterna;
- umidità relativa interna ed esterna;
- temperature delle pareti;
- qualità, frequenza ed intensità delle precipitazioni meteoriche;
- velocità e direzioni venti dominanti;
- illuminazione naturale;
- irraggiamento solare;
- presenza di agenti inquinanti (anidride carbonica, anidride solforosa e solfatica, ossido di azoto, ozono ed ossidanti, acido cloridrico, acido fluoridrico ecc.);
- emissioni provenienti da impianti industriali e dalla produzione di energia;
- vibrazioni dovute a presenza di traffico veicolare.

Il sistema di monitoraggio ambientale potrà essere realizzato in riferimento alle disposizioni di progetto, con due differenti metodologie e strumentazioni:

a) stazioni rilevatrici computerizzate possono gestire una grande quantità di dati consentendo un rilevamento diretto in relazione degli obiettivi dell'analisi. Mediante l'uso di idonei software sarà possibile gestire simultaneamente diversi sensori e ricavare i dati secondo condizioni specifiche (ad es., ogni mezz'ora o attivando la registrazione ogni qualvolta si presentino determinate condizioni prestabilite);

b) data loggers ovvero sistemi autonomi miniaturizzati autoalimentati per la memorizzazione (di norma più di 10.000 dati per ogni paramero) ed il controllo dei parametri ambientali che causano i maggiori danni al patrimonio storico-artistico; i più semplici rileveranno soltanto la temperatura ed umidità relativa quelli leggermente più complessi anche i raggi ultravioletti e le radiazioni visibili. Gli ultravioletti saranno misurati come proporzione degli U.V. presenti (mW/lumen) o come totale (mW/m²), la misura della radiazione visibile come Lux o candele. La temperatura potrà, invece, essere misurata in scala °C o °Fe l'umidità come UR% o come punto di rugiada. Offrono la possibilità di impostare la durata del test, l'intervallo della lettura, anche con avvio ritardato, il salvataggio dei dati su disco così da poterli esportare e lavorare su fogli elettronici ovvero rendere i dati in forma tabellare o in grafico di altra forma. Queste apparecchiature offriranno, inoltre, la possibilità di scaricare i dati parziali senza fermare la registrazione. Se non diversamente specificato le rate di acquisizione potranno essere 10 sec (30h)/1 min (7gg) – 10 min (75gg)/60min (454 gg).

c) di ridotte dimensioni in grado di amministrare uno o due sensori capaci di registrare i valori ciclicamente.

Specifiche

Questo tipo di indagine si potrà rilevare molto utile anche in fase preventiva ad una campagna di scavo archeologico come controllo ottimale per tutti quei fenomeni di deterioramento che la vestigia potrà subire durante e dopo il ritrovamento. Pertanto se non diversamente specificato dovrà essere fatto obbligo di provvedere al monitoraggio ambientale prima durante e dopo la campagna di scavo.

A scadenze pre-programmate, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati). Nell'eseguire il suddetto studio-monitoraggio dei parametri ambientali l'appaltatore dovrà attenersi alle raccomandazioni NorMaL vigenti.

Art. 2.2.5 - Indagini meccaniche in situ al fine di determinare le caratteristiche tensionali dei materiali e delle strutture

La conoscenza delle condizioni d'equilibrio e della resistenza ai carichi, nonché la stima delle peculiarità meccaniche e tensionali di una muratura si rileverà operazione fondamentale per procedere alla redazione di un progetto di restauro. Senza queste informazioni non sarà, infatti, possibile stabilire il grado di sicurezza e le potenzialità in caso di nuove condizioni d'utilizzo,

stimare gli eventuali sovraccarichi spinti nelle murature, programmare appropriate procedure esecutive di consolidamento.

ANALISI MINIMAMENTE DISTRUTTIVE

Art. 2.2.5.1 Carotaggio

Operazione manuale o meccanica che prevede l'esecuzione di prelievi di "carote" (campioni anche di piccolo diametro circa 28 mm) di materiale da strutture in pietra, legno, calcestruzzo e terreni da sottoporre a successive analisi di laboratorio (al fine di determinare la resistenza a compressione, a flessione, a trazione e a taglio). Questa operazione potrà, inoltre, essere anticipatrice di indagini con endoscopi. L'estrazione del campione cilindrico dovrà essere eseguita obbligatoriamente mediante carotatrici a sola rotazione di diametro indicato dalla D.L. (in ogni caso non superiore ai 100-150 mm) così come sarà indicato dalla D.L. l'eventuale uso o l'assenza di acqua, così da non provocare eventuali danni alle strutture. Sarà cura dell'appaltatore compilare per ogni carota un'appropriata scheda pre-impostata dove dovranno essere riportati i dati del carotaggio (data, durata, verso, diametro, inclinazione di perforazione, lunghezza totale spessore murario) e l'immagine fotografica della carota distinta nella lunghezza per materiali e relativi leganti, per tipi di muratura nei rispettivi rapporti dimensionali.

Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto

Art. 2.2.5.2 Indagini con martinetto piatto singolo o doppio (flat-jack test)

Le indagini esecutive con i martinetti piatti sono indirizzate alla definizione dello stato di sollecitazione di una porzione di muratura (prova con un solo martinetto) ed alla determinazione di parametri meccanici della stessa (prova con doppio martinetto) ovvero determinazione delle caratteristiche di deformabilità (modulo elastico), di resistenza a compressione e di resistenza al taglio lungo i corsi di malta. Questa prova si porrà, pertanto, come alternativa alle prove di laboratorio condotte su campioni prelevati in situ.

Dal momento che l'indagine avrà carattere puntuale e, di conseguenza, i dati avranno valore in specifiche porzioni di muratura, per ottenere valori rappresentativi di un'intera parete si rileverà utile scegliere un campione d'indagine dove si presumerà che esista uno stato tensionale medio. Da quanto detto è facilmente intuibile che i risultati ottenuti in zone caratterizzate da anomalie dimensionali o di carico (quali ad esempio aperture, appoggi di travi, variazioni di spessori) si rileveranno poco indicativi; una soluzione a questo problema potrà essere quella di eseguire, dove sarà possibile, una misurazione su entrambi i lati della muratura in modo da individuare la tensione media.

Il numero e la localizzazione del campione da indagare dovranno obbligatoriamente essere accuratamente stabiliti dalla D.L.

Apparecchiatura

La strumentazione consisterà in un martinetto piatto che potrà essere schematizzato in una doppia "membrana" di metallo (o altro materiale flessibile) molto sottile saldato lungo i bordi collegato attraverso un tubo ad una pompa idraulica tra questa ed il martinetto sarà montato un manometro ad alta precisione per il controllo della pressione; il martinetto sarà alimentato da un circuito oliodinamico. Le dimensioni e il tipo dei martinetti saranno diversificate e stabilite dalla D.L. in relazione all'elemento strutturale oggetto di studio (apparecchiature di piccole dimensioni saranno utilizzate per strutture puntuali quali colonne, pilastri, archi, volte ecc., dimensioni maggiori saranno, invece, utilizzate per sezioni di muratura continua) nonché al tipo di muratura esistente, saranno, in ogni caso, comprese tra dimensioni pari a 12 x 12 cm, 24 x 12 cm, 40 x 20-25 cm, con uno spessore variabile da 0,8 a 1 cm. Per le strutture murarie sarà, inoltre, necessario che le dimensioni siano stabilite in modo da impegnare la maggior parte dello spessore della muratura o quantomeno uno spessore minimo di 15 cm (ottimale sarà impegnare almeno due teste di mattoni).

Applicazione

Misura dello stato tensionale

La prova realizzata dall'appaltatore prevedrà l'applicazione, lungo la linea selezionata, di un numero n di coppie di riscontro (ad es., pastiche metalliche) sui quali verrà applicato un deformometro lineare o altro dispositivo di misurazione scelto comunque dalla D.L. al fine di rilevare le letture delle distanze d0 tra i singoli punti precedentemente al taglio.

In seguito si eseguirà il taglio (mediante seghe tagliamuro o mediante carotiere, praticando più fori ravvicinati ed eseguendo una successiva finitura a mano secondo le prescrizioni della D.L.) ovvero i tagli in relazione al tipo di prova. I tagli che, se non diversamente specificato, dovranno avvenire in corrispondenza dei giunti di malta, potranno interessare l'intera sezione della muratura o solo una porzione di essa a seconda dei sistemi messi in opera. Dopo il taglio sarà cura dell'appaltatore eseguire una nuova lettura della base a cavallo del taglio rilevando un valore d minore del d0 precedente dato che la fessura provocherà, localmente, un rilascio delle tensioni con il conseguente avvicinamento dei bordi.

Dopo tale misurazione l'appaltatore dovrà inserire, nella fessura, un martinetto piatto che, verrà gradualmente messo in pressione (scalini di 1 Kgf/cm²) con il conseguente rilevamento delle letture mediante deformometro. La prova prevedrà cicli di carico e scarico a livelli crescenti (di norma saranno eseguiti, se non diversamente specificato dalla D.L., almeno due cicli di carico e scarico, misurando le deformazioni sotto carico costante) fino a riportare la struttura nelle condizioni di partenza annullando la convergenza delle basi di misura. Dalla lettura (sul manometro) della pressione, correlata da opportune formule⁷, sarà possibile ottenere il valore della sollecitazione locale della muratura (tensione di esercizio) a meno di una costante dovuta alla taratura dello strumento e di una costante che terrà conto del rapporto tra superficie del martinetto e quella del taglio.

A fine prova dovrà essere cura dell'appaltatore provvedere alla risarcitura della fessura con idonea malta.

Determinazione delle caratteristiche di deformabilità e resistenza (stima del modulo elastico)

La prova prevedrà la messa in opera (seguendo le indicazioni prescritte per la misura dello stato tensionale) di due martinetti piatti, posti parallelamente, così da delimitare un campione di muratura di altezza 50 cm (se non diversamente specificato) e di base pari alle dimensioni dei martinetti. Sarà cura dell'appaltatore posizionare i due martinetti in modo tale che questi possano applicare al campione di muratura, una volta immessa la pressione, uno stato di sollecitazione monoassiale. Gli strumenti di misurazione (deformometri od estensimetri elettrici) pre installati sul campione dovranno permettere di rilevare la misurazione delle deformazioni sia in senso verticale sia in senso orizzontale del campione preso in esame. Il modulo elastico E verrà valutato, per ogni intervallo di sforzo Ds con la formula $E = Ds/De$ dove De sarà la deformazione (corrispondente a Ds) misurata in corrispondenza della base centrale di misura.

Determinazione delle caratteristiche di resistenza a compressione

La prova con i doppi martinetti potrà essere messa in opera anche per l'individuazione delle caratteristiche di resistenza alla compressione. In tal caso le pressioni applicate ai martinetti saranno incrementate fino allo stato prossimo alle condizioni di rottura, sarà, pertanto, necessario che l'appaltatore tenga sotto stretto controllo la muratura in quanto la prova potrebbe determinare localizzati stati fessurativi circoscritti al campione analizzato. Le tensioni di rottura della muratura saranno calcolate con la seguente formula: d_r (tensione di rottura della muratura) = P (pressione fornita ai martinetti al collasso della muratura) x SKm (somma dei coefficienti di taratura dei due martinetti) x Am (area del martinetto)/ SA_t (somma delle aree di taglio).

Determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio lungo i corsi di malta

Dopo aver inserito (come precedentemente descritto) la coppia di martinetti parallelamente sulla muratura sarà cura dell'appaltatore estrarre un mattone, un concio lapideo o altro elemento componente la muratura, immettendo al suo posto un martinetto idraulico, di adeguate dimensioni, al fine di applicare una sollecitazione di taglio all'elemento adiacente. Mediante una serie di trasduttori elettrici sarà possibile individuare gli spostamenti relativi all'elemento sottoposto alla prova rispetto a quelli limitrofi e le deformazioni in direzione normale ai corsi di malta. A prova terminata sarà cura dell'appaltatore riposizionare il mattone.

Specifiche

Tali prove troveranno soddisfacenti applicazioni in murature regolari ben apparecchiate (ad es. cortine in laterizio o apparecchi in pietra concia), mentre, nel caso di murature costituite da elementi eterogenei (quali ad esempio murature miste o a sacco) e in murature connesse irregolarmente l'analisi non troverà valida applicazione in quanto non esistendo una regolare distribuzione degli elementi la lettura risulterà più arbitraria e meno rappresentativa dell'insieme; comunque sarà consigliabile utilizzare martinetti di grande dimensione e, in ogni caso, maggiori delle dimensioni medie degli elementi utilizzati per la realizzazione della muratura. La suddetta prova, se non diversamente prescritto dagli elaborati di progetto, non dovrà essere eseguita su murature affrescate, decorate o, in ogni modo, alla presenza d'intonaco "di pregio", in quanto la realizzazione dell'alloggiamento del martinetto, inevitabilmente, implicherebbe la perdita di una porzione dello strato di finitura.

La prova con i martinetti piatti sarà particolarmente interessante se effettuata pre e post intervento di consolidamento così da registrare l'effettiva resistenza raggiunta dalla muratura.

Qualsiasi sia la natura dello strumento l'appaltatore dovrà rispettare le istruzioni d'uso fornite dal produttore. Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

Art. 2.2.5.3 Prove sclerometriche

Indagine qualitativa, indiretta atta a definire la resistenza a rottura per compressione di materiale lapideo, intonaco o calcestruzzo. L'indagine prevedrà di percuotere con una massa ed una forza note, la superficie oggetto di studio e di misurarne l'indice di rimbalzo. Più il materiale sarà compatto e rigido maggiore risulterà il rimbalzo della massa battente (sclerometro). Se non diversamente specificato per l'esecuzione della prova dovranno essere eseguite da 5 a 10 battute, da cui verrà, in seguito, ricavato un valore medio.

Le battute, qualora dovessero interessare apparecchi intonacati, dovranno essere eseguite, previa rimozione dello stesso nelle zone sottoposte a verifica.

Al termine dell'indagine, sarà cura dell'appaltatore restituire le informazioni ottenute nella forma prescritta dagli elaborati di progetto (dovrà obbligatoriamente, in ogni caso, essere presente la relazione di interpretazione dati).

CAPO 2.3 - PROCEDURE OPERATIVE DI RESTAURO E DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

PARTE I - PROCEDURE OPERATIVE DI RESTAURO

SCAVI

OPERAZIONI DI SCAVI E RINTERRI

Generalità

I riferimenti normativi applicabili a questa specifica categoria di lavori saranno DPR n.547/55 e DPR n.164/56. Gli scavi in genere, per qualsiasi lavoro, a mano o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e la relazione geologica e/o geotecnica di cui al DM 11 marzo 1988 (riguardante le norme tecniche sui terreni ed i criteri di esecuzione delle opere di sostegno e di fondazione) e la relativa Circolare Ministeriale LL.PP. 24 settembre 1988, n. 30483 nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla D.L..

Nell'esecuzione degli scavi in genere, si dovrà provvedere in modo da impedire scoscendimenti, franamenti e ribaltamento di mezzi; per far ciò si renderà necessario provvedere a delimitare mediante barriere fisse e segnalazioni la zona oggetto di intervento, così da vietare il traffico veicolare sui bordi dello scavo che potrebbe far scaturire possibili franamenti delle pareti. L'utilizzo del nastro segnaletico (giallo-nero o bianco-rosso) dovrà avere esclusivamente funzione di delimitazione e non di protezione. Al fine di evitare cadute di personale all'interno dell'area di scavo sarà, inoltre, necessario mettere in opera dei robusti parapetti (altezza minima 100 cm munito di tavola fermapiede minima di 20 cm luce tra tavola superiore e fermapiede massimo 60 cm; nel caso in cui il parapetto sia ad una distanza di almeno 70-80 cm dal bordo dello scavo, la tavola fermapiede potrà essere omessa) disposti lungo i bordi della stessa; negli scavi di sbancamento sarà necessario, quando questo dovesse superare i 200 cm mentre, nelle trincee, sarà appropriato predisporre la protezione appena lo scavo supererà i 50 cm di profondità.

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della D.L.) ad altro impiego nei lavori, dovranno essere trasportate fuori dalla sede del cantiere alle pubbliche discariche, o su altre aree altrettanto idonee e disponibili. Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse dovranno essere depositate in area idonea (previo assenso della D.L.) per essere, in seguito riutilizzate a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno costituire un danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque che scorrono in superficie. Sarà, oltremodo, vietato costituire depositi di materiali nelle vicinanze dei cigli degli scavi; qualora tali depositi siano necessari, per le particolari condizioni di lavoro sarà obbligatorio provvedere alle necessarie puntellature che dovranno presentare un sovralzato minimo oltre la quota del terreno pari a 30 cm.

Scavi di splateamento e sbancamento

Per scavi a sezione aperta o sbancamento andanti s'intenderanno quelli necessari per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere i manufatti, per tagli di terrapieni, per la formazione di cortili, giardini, scantinati, piani di appoggio per platee di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali ecc. e, più in generale, quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie ove si renderà possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie.

Questa categoria di scavi andrà eseguita con gli strumenti e le cautele atte ad evitare l'insorgenza di danni nelle strutture murarie adiacenti.

In questa categoria di scavi, se eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco dovranno avere un'inclinazione ed un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, (si veda tabella in calce all'articolo) da contrastare possibili franamenti. Allorché la parete del fronte d'attacco dovesse superare il 150 cm di altezza sarà interdetto lo scavo manuale per scalzamento alla base al fine di evitare il possibile crollo della parete. Nel caso in cui non sia possibile intervenire con mezzi meccanici si adotterà la procedura di scavo con il sistema a gradoni.

In ogni caso i lavoratori dovranno essere debitamente distanziati tra loro, sia in senso orizzontale, sia verticale, così da non potersi ferire con, l'attrezzatura utilizzata e con il materiale di scavo. Nel caso d'utilizzo di mezzi meccanici dovrà essere interdetta la presenza del personale nella zona interessata dal raggio d'azione, nonché sul ciglio ed alla base della parete d'attacco, in quanto aree a rischio di franamenti.

I profili delle pareti di scavo andranno debitamente controllati al fine di rimuovere gli eventuali massi affioranti ed i blocchi di terreno instabili eliminando, in questo modo, possibile rischio di caduta di materiale dall'alto.

DENOMINAZIONE TERRE	ANGOLO LIMITE DI STABILITÀ		
	ASCIUTTO	UMIDO	BAGNATO
Rocce dure	80÷85°	80÷85°	80÷85°
Rocce tenere o fessurate, tufo	50÷55°	45÷50°	40÷45°
Pietrame	45÷50°	40÷45°	35÷40°
Ghiaia	35÷45°	30÷40°	25÷35°
Sabbia grossa (non argillosa)	30÷35°	30÷35°	25÷30°
Sabbia fine (non argillosa)	25÷30°	30÷40°	20÷30°
Sabbia fine (argillosa)	30÷40°	30÷40°	10÷25°
Terra vegetale	35÷45°	30÷40°	20÷30°
Argilla, marne (terra argillosa)	40÷50°	30÷40°	10÷30°
Terre forti	45÷55°	35÷45°	25÷35°

Scavi di fondazione a sezione obbligata

Per scavi di fondazione, in generale, s'intendono quelli incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo ai muri o pilastri di fondazione propriamente detti; in ogni caso saranno considerati come scavi di fondazione anche quelli per dar luogo alle fogne, condutture, fossi e cunette.

Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per la fondazione dovranno essere spinti fino alla profondità ordinata dalla D.L. all'atto della loro esecuzione. Le profondità, che si troveranno indicate negli elaborati di progetto saranno, pertanto, di semplice stima preliminare e potranno essere liberamente variate nella misura che la D.L. reputerà più conveniente.

I piani di fondazione dovranno, generalmente, essere perfettamente orizzontali ma per quelle opere che cadranno sopra falde inclinate potranno, a richiesta della D.L., essere disposti a gradoni ed anche con determinate contropendenze. Nel caso, non così infrequente, che non sia possibile applicare la giusta inclinazione delle pareti in rapporto alla consistenza del terreno (si veda tabella all'articolo precedente), si dovrà ricorrere tempestivamente all'armatura di sostegno delle pareti o, preventivamente, al consolidamento del terreno (ad es. congelamento del medesimo, tecnica del jet-grouting ecc.), in modo da assicurare adeguatamente contro ogni pericolo gli operai ed impedire ogni smottamento di materia durante l'esecuzione, tanto degli scavi che delle murature. Affinché le armature corrispondano per robustezza alle effettive necessità sarà consigliabile predeterminare la spinta del terreno, tenendo conto delle eventuali ulteriori sollecitazioni dovute, sia al traffico veicolare, sia alla vicinanza di carichi di vario genere (gru, manufatti di vario genere ecc.), nonché delle eventuali infiltrazioni d'acqua (piogge, fiumi ecc.). Nel mettere in opera le armature provvisoriale sarà opportuno tenere in considerazione che la massima pressione d'una parete di scavo, si trasmetterà sulla sbatacchiatura soprattutto nella zona mediana, dove questa dovrà, necessariamente, essere più robusta; inoltre, affinché sia efficace, le tavole andranno forzate contro il terreno avendo ben cura di riempire i vuoti.

Nel caso specifico di scavi di trincee (scavi a sezione obbligata e ristretta) nelle vicinanze di manufatti esistenti (ad es., per opere di drenaggio perimetrali) od in presenza ovvero vicinanza di terreni precedentemente scavati e, pertanto, meno compatti od, infine, in presenza di vibrazioni causate dal traffico di autoveicoli, ovverosia in tutti quei casi dove la consistenza del terreno non fornirà sufficiente garanzia di stabilità e compattezza, anche in funzione della pendenza delle pareti, sarà sempre obbligatorio (a partire da 150 cm di profondità o 120 cm nel caso il lavoratore dovesse operare in posizione chinata) predisporre, man mano che procederà lo scavo, adeguate opere di sbatacchiamento, così da eludere rischi di franamento e pericoli di seppellimento degli addetti alla procedura. Al fine di consentire un lavoro agevole e sicuro lo scavo di trincea dovrà avere un

larghezza minima in ragione alla profondità; orientativamente si potranno seguire, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, i seguenti rapporti profondità-larghezza minima.

PROFONDITÀ	LARGHEZZA MINIMA NETTA
Fino a 150 cm	65 cm
Fino a 200 cm	75 cm
Fino a 300 cm	80 cm
Fino a 400 cm	90 cm
Oltre i 400 cm	100 cm

Per scavi eseguiti sotto il livello di falda dello scavo si dovrà provvedere all'estrazione della stessa; per scavi eseguiti a profondità superiori ai 20 cm dal livello superiore e costante dell'acqua e qualora non fosse possibile creare dei canali di deflusso, saranno considerati scavi subacquei e valutati come tali.

Compiuta la muratura di fondazione, lo scavo dovrà essere diligentemente riempito e costipato, (fermo restando l'autorizzazione della D.L.) con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo (per maggiori specifiche si rimanda all'articolo riguardante i rinterrati).

Scavi di accertamento e ricognizione

Tali operazioni si realizzeranno solo ed esclusivamente dietro esplicita richiesta e sorveglianza della D.L., seguendo le indicazioni e le modalità esecutive da essa espresse e/o dal personale tecnico incaricato. I detriti, i terreni vegetali di recente accumulo verranno sempre rimossi a mano con la massima attenzione previa esecuzione di modesti sondaggi al fine di determinare la quota dei piani originali sottostanti (e delle loro eventuali pavimentazioni) in modo da evitare danni e rotture ai materiali che li compongono. Se non diversamente specificato dalla D.L. le rimozioni dei materiali saranno eseguite a mano, senza l'ausilio di mezzi meccanici. In ogni caso l'uso di mezzi meccanici sarà subordinato alla presenza di eventuali reperti in situ e, quindi, all'indagine preventiva. Qualora le materie provenienti dagli scavi dovessero essere utilizzate in tempi differiti (ad es. per riempimenti) saranno depositate nell'ambito del cantiere, in luogo che non provochi intralci o danni.

Scavi archeologici

I lavori di scavo archeologico dovranno essere eseguiti conformemente alle norme scientifiche tenendo conto anche delle vigenti raccomandazioni dell'UNESCO. Con l'operazione di scavo (operazione irripetibile, irreversibile e solo molto limitatamente prevedibile) si rimuoverà il riempimento ammucchiatosi per strati sopra le vestigia antiche, togliendo questi strati nell'ordine inverso a quello in cui si sono sedimentati. Da qui la "necessità" di scavare con la massima consapevolezza, obiettività e rigore possibile, dato che ciò che sarà distrutto potrà essere "ricostruito" solo per mezzo della documentazione che sarà lasciata.

Lo scavo dovrà essere eseguito solo dopo aver accuratamente delimitato tutta l'area di cantiere, avere ottenuto tutte le autorizzazioni da parte dei competenti organi di tutela dei beni oggetto di scavo (Soprintendenza Archeologica) e solo dietro sorveglianza e guida del personale preposto ovvero del Direttore di Scavo. Dopo aver eventualmente ripulito dalla vegetazione e da eventuali riempimenti superficiali di cui si sia verificato la non utilità ai fini scientifici, anche nel caso in cui emergano dal suolo strutture murarie ben precise, potrà essere opportuno (tranne nei casi di trincee ovvero saggi di limitata estensione o ancora di scavi entro ambienti chiusi di modeste dimensioni quali cripte, tombe a camera ecc.) utilizzare una delimitazione artificiale dell'area da scavare mediante un reticolo di maglie quadrate (quadrettatura del terreno) di dimensioni variabili a seconda dei casi. Nel caso in cui il sito lo permetta e se non diversamente specificato dalla D.L. o dal funzionario addetto alla tutela del bene, sarà preferibile eseguire uno scavo estensivo a scacchiera dei quadrati, piuttosto che piccoli interventi parziali, con i quali si potrà rischiare di perdere parte delle informazioni.

Gli scavi dovranno essere eseguiti, se non diversamente specificato dalla D.L. e/o dagli organi di tutela, rigorosamente a mano, con la massima cura ed attenzione, da personale specializzato (presente negli appositi elenchi degli addetti di opere specialistiche) ed opportunamente attrezzato.

Le tecniche di scavo si dovranno differenziare in base al tipo di terreno, al tipo di ambiente circostante, alla tipologia e alla posizione delle strutture emergenti ovvero sepolte, alla variabilità delle sezioni di scavo, alle caratteristiche dei manufatti e dei reperti così che non si verifichino inconvenienti ovvero danneggiamenti alle vestigia archeologiche o agli operatori allo scavo. Dietro specifica indicazione della D.L. si potranno eseguire operazioni con differente grado di accuratezza nella vagliatura delle terre e nella cernita e selezione dei materiali, nella pulitura, allocazione e cartellinatura di quanto trovato in appositi contenitori e/o cassette. A seconda della dimensione e consistenza dello strato asportato il taglio della parete dovrà essere eseguito con il piccone o con la trowel; se conci lapidei, tegole, o altri materiali ovvero reperti (frammenti di ceramica, di vasellame metallico, utensili di vetro, ma anche ossa, resti vegetali ecc.) dovessero fuoriuscire dalla parete, dovranno obbligatoriamente essere lasciati al loro posto “tagliando” il terreno attorno ad essi al fine di evitare crolli. Le eventuali pareti in argilla non andranno levigate per poterne leggere la struttura, ma lavorate con la punta della trowel.

All'interno dell'area di pertinenza dello scavo dovrà, necessariamente, essere previsto un deposito (facilmente raggiungibile con le carriole) per la terra di risulta raccolta dallo scavo archeologico.

Avvertenze da seguire in ogni scavo

A prescindere dalle problematiche riscontrate in qualsivoglia scavo archeologico le linee guida che dovranno, in ogni caso, essere seguite al fine di evitare la dispersione di elementi utili o l'insufficienza della documentazione saranno:

- identificazione dei singoli elementi della stratigrafia del terreno (unità stratigrafiche US), con conseguente asportazione, di ogni singolo strato, in senso cronologico inverso ovvero rimuovendo per primi i livelli che si sono depositati per ultimi, identificando ogni elemento estraneo, come buche, fossati, terrapieni ecc. i quali andranno scavati a parte;

- relazione cronologica tra le varie US e con le strutture edilizie;

- scrupoloso prelievo di tutti gli eventuali reperti contenuti nello strato e dei campioni per le analisi (utilizzando operazioni quali la setacciatura della terra e la flottazione) utili per la ricostruzione della storia; operazione da eseguire con l'accortezza di non mescolarli con quelli degli altri strati. I singoli elementi (strati, reperti, strutture ecc.) dovranno essere registrati su apposite schede via via che verranno messi in luce; contemporaneamente, sarà necessario, annotare sul giornale di scavo le osservazioni generali, l'insieme delle operazioni seguite, eventuali ipotesi da verificare ecc.;

- accurata documentazione grafica (aggiornamenti giornalieri dello scavo) e fotografica (vedi art. 4.1 del Capo IV) del lavoro compiuto ovvero la documentazione di ogni singolo piano e di tutte le strutture murarie emergenti, così da garantire alla comunità la conoscenza e la verifica dei risultati.

Specifiche: nel compiere lo scavo di strutture murarie (sia nel caso di scavo archeologico programmato sia rinvenimenti occasionali) dovrà essere cura dell'appaltatore porre particolare attenzione ai rischi di danneggiamento delle strutture rinvenute; tra le classi di dissesto più ricorrenti potrà verificarsi:

- perdita di verticalità delle strutture murarie dovute alle differenze di materiale e di legante, all'apparecchio, al rovesciamento di cresta, allo slittamento al piede, alla spinta mediana, al cedimento di base;

- perdita di orizzontalità delle strutture murarie dovute a smembramento di muri con elementi di apparecchio di piccola taglia, cedimento di elementi di grande taglia;

- spostamento degli elementi lapidei per calpestio o lavorazione;

- erosione della terra;

- differenza di materiali lapidei;

- perdita di allineamento o giacitura delle strutture murarie;

- differenze di comportamento dei muri, sollecitazioni esterne;

- presenza di acque.

A carico dell'Appaltatore saranno tutte le assistenze quali la preventiva quadrettatura dell'area di scavo, l'apposizione dei riferimenti topografici, la cartellinatura, il ricovero e la custodia dei materiali in locali attrezzati.

Scavi subacquei e prosciugamenti

Se l'Appaltatore, malgrado l'osservanza delle prescrizioni di cui agli articoli precedenti non potesse, in caso di acque sorgive o filtrazioni, far defluire l'acqua naturalmente dagli scavi in genere e da quelli di fondazione, sarà facoltà della D.L. ordinare, secondo i casi e quando lo riterrà opportuno, l'esecuzione degli scavi subacquei, oppure il prosciugamento.

Sono considerati come scavi subacquei soltanto quelli eseguiti in acqua a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque sorgive nei cavi, sia naturalmente, sia dopo un parziale prosciugamento ottenuto con macchine o con l'apertura di canali di drenaggio.

Il volume di scavo eseguito in acqua, sino ad una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà perciò considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Quando la direzione dei lavori ordinesse il mantenimento degli scavi in asciutto, sia durante l'escavazione, sia durante l'esecuzione delle murature o di altre opere di fondazione, gli esaurimenti relativi verranno eseguiti in economia, e l'Appaltatore, se richiesto, avrà l'obbligo di fornire le macchine e gli operai necessari.

Per i prosciugamenti praticati durante l'esecuzione delle murature, l'Appaltatore dovrà adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare il dilavamento delle malte.

Armature degli scavi – opere di sbatacchiamento

Le tipologie di armature saranno scelte in funzione della consistenza del terreno, alla profondità da raggiungere, ai carichi gravanti ed alla metodologia di scavo. In ogni caso tutti gli elementi che comporranno il presidio (tavole, traversi, puntelli ecc.) dovranno essere di materiale robusto opportunamente dimensionato e selezionato, inoltre l'armatura dovrà sporgere dai bordi dello scavo per almeno 30 cm. Nel caso di scavi di trincee eseguiti a mano si potranno distinguere quattro sistemi:

- a) con tavole verticali;
- b) con tavole orizzontali;
- c) con marciavanti;
- d) con pannelli prefabbricati.

L'armatura con tavole lignee (spessore minimo 30-40 mm) o metalliche poste verticalmente sarà, di norma, limitata a scavi di profondità pari alla lunghezza delle tavole (generalmente non superiori ai 4 m); le tavole saranno forzate contro le pareti con l'ausilio di puntelli d'acciaio regolabili o fissi (luce massima tra puntello e piano di fondazione 100 cm) e si dovrà avere cura di colmare i vuoti tra la sbatacchiatura e la parte di cavo con idoneo materiale.

L'utilizzo di armatura con tavole orizzontali sarà possibile in presenza di terreni che garantiranno una buona consistenza in modo da poter eseguire la procedura di scavo per cantieri di circa 60-80 cm di profondità. Quella a marciavanti sarà resa possibile per terreni poco consistenti o spingenti od in caso di scavi profondi; i "marciavanti" dovranno essere tavole di notevole spessore con estremità appuntita od altrimenti dotata di punta ferrata; in caso di terreno completamente sciolto sarà consigliabile armare anche il fronte di scavo, così da eludere rifluimenti di materiale.

In alternativa a questi sistemi si potranno utilizzare idonei pannelli prefabbricati o, altrimenti, casseri metallici prefabbricati regolabili per mezzo di pistoncini idraulici o ad aria compressa. Entrambi questi sistemi, verranno calati all'interno dello scavo attraverso un apparecchio di sollevamento. Per scavi d'elevate profondità le armature saranno predisposte per essere montate sovrapposte.

Quale che sia il sistema messo in opera l'armatura dovrà, obbligatoriamente, essere rimossa progressivamente e per modeste altezze in funzione all'avanzare delle opere definitive.

Rilevati e rinterri

Per la formazione dei rilevati e per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti delle concavità e le murature, o da addossare alle murature e fino alle quote prescritte dalla D.L., saranno impiegati, in generale e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti sul lavoro, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della D.L., per la formazione dei rilevati.

Quando verranno a mancare in tutto o in parte i materiali sopra descritti, si dovrà provvedere a prelevarli ovunque si crederà opportuno, purché siano riconosciuti idonei da controlli eseguiti dalla D.L.

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, o ghiaiose vagliate con setacci medio-piccoli (prive di residui vegetali e sostanze organiche); resterà vietato in modo assoluto l'impiego di materie argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento d'acqua si rammolliranno o si gonfieranno generando spinte. I materiali (nello spessore di circa 30 cm) dovranno presentare, a compattazione avvenuta, una densità pari al 90% della densità massima di compattazione individuata dalle prove eseguite in laboratorio. Nella formazione di suddetti riempimenti dovrà essere usata ogni attenzione affinché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali d'uguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie ben sminuzzate con la maggior regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito. Ogni strato dovrà essere messo in opera solo dopo l'approvazione dello stato di compattazione dello strato precedente; lo spessore di ogni singolo strato dovrà essere stabilito in base a precise indicazioni progettuali o fornite dalla D.L. (in ogni caso non superiore ai 30 cm). Nel caso di compattazioni eseguite su aree o porzioni di terreno confinanti con murature, apparecchi murari o manufatti in genere, si dovranno utilizzare, entro una distanza pari a 2 m da questi elementi, idonee piastre vibranti o rulli azionati a mano (in questo caso si dovrà prevedere una sovrapposizione delle fasce di compattazione di almeno il 10% della larghezza del rullo stesso al fine di garantire una perfetta uniformità) con le accortezze necessarie a non degradare i manufatti già in opera. Si potrà, dietro richiesta specifica della D.L., mescolare al materiale da compattare del cemento (in ragione di 25-50 Kg per m³ di materiale) al fine di ottenere degli adeguati livelli di stabilizzazione delle aree a ridosso dei manufatti.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza del manufatto (in area idonea prescelta dalla D.L.) per essere riprese, poi, e trasportate con carriole, barelle od altro mezzo, purché a mano, al momento della formazione dei suddetti rinterri. Sarà, inoltre, vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

I rilevati si dovranno presentare, obbligatoriamente, con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene allineati e profilati. La superficie del terreno sulla quale dovranno elevarsi i terrapieni dovrà essere preventivamente scorticata (ovverosia taglio d'eventuali piante, estirpazione delle radici, degli arbusti e completa asportazione del terreno vegetale circostante), ove occorra e, se inclinata, dovrà essere tagliata a gradoni con leggera pendenza verso monte.

ASPORTAZIONI

OPERAZIONI DI ASPORTAZIONI, DEMOLIZIONI E SMONTAGGI

Generalità

Le operazioni di demolizioni e smontaggi dovranno essere conformi a quanto prescritto nel DPR 07 gennaio 1956, n.164 (in modo particolare art. 10, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76). Le demolizioni e/o le asportazioni totali o parziali di murature, intonaci, solai, ecc., nonché l'operazione di soppressione di stati pericolosi in fase critica di crollo, anche in presenza di manufatti di pregevole valore storico-architettonico, dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, al fine sia da non provocare eventuali danneggiamenti alle residue strutture, sia da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro; dovranno, inoltre, essere evitati incomodi, disturbi o danni

collaterali. Particolare attenzione dovrà essere fatta allo scopo di eludere l'eventuale formazione d'eventuali zone d'instabilità strutturale.

Sarà divieto demolire murature superiori ai 5 m d'altezza senza l'uso d'idonei ponti di servizio indipendenti dalla struttura oggetto d'intervento. Per demolizioni da 2 m a 5 m d'altezza sarà obbligo, per gli operatori, indossare idonee cinture di sicurezza complete di bretelle e funi di trattenuta.

Sarà assolutamente interdetto: gettare dall'alto i materiali, i quali dovranno essere, necessariamente, trasportati o meglio guidati a terra, attraverso idonei sistemi di canalizzazione (ad es. tubi modulari telescopici) la cui estremità inferiore non dovrà risultare ad altezza maggiore di 2 m dal livello del piano di raccolta; l'imboccatura superiore del canale, dovrà, inoltre, essere protetta al fine di evitare cadute accidentali di persone o cose. Ogni elemento del canale dovrà imboccare quello successivo e, gli eventuali raccordi, dovranno essere opportunamente rinforzati. Il materiale di demolizione costituito da elementi pesanti od ingombranti (ad es. la carpenteria lignea), dovrà essere calato a terra con idonei mezzi (gru, montacarichi ecc.). Al fine di ridurre il sollevamento della polvere prodotta durante i lavori sarà consigliabile bagnare, sia le murature, sia i materiali di risulta.

Prima dell'inizio della procedura dovrà, obbligatoriamente, essere effettuata la verifica dello stato di conservazione e di stabilità delle strutture oggetto di intervento e dell'eventuale influenza statica su strutture corrispondenti, nonché il controllo preventivo della reale disattivazione delle condutture elettriche, del gas e dell'acqua onde evitare danni causati da esplosioni o folgorazioni. Si dovrà, inoltre, provvedere alle eventuali, necessarie opere di puntellamento ed alla messa in sicurezza temporanea (mediante idonee opere provvisorie) delle parti di manufatto ancora integro o pericolanti per le quali non saranno previste opere di rimozione. Sarà, inoltre, necessario delimitare ed impedire l'accesso alla zona sottostante la demolizione (mediante tavolato ligneo o d'altro idoneo materiale) ed allestire, in corrispondenza ai luoghi di transito o stazionamento, le doverose protezioni e barriere parasassi (mantovane) disposte a protezione contro la caduta di materiali minuti dall'alto. L'accesso allo sbocco dei canali di scarico del materiale di demolizione per le operazioni di carico e trasporto dovrà essere consentito soltanto dopo che sarà sospeso lo scarico dall'alto. Preliminarmente all'asportazione ovvero smontaggio di elementi da ricollocare in situ sarà indicato il loro preventivo rilevamento, classificazione e posizionamento di segnali atti a facilitare la fedele ricollocazione dei manufatti.

Questo tipo di procedura dovrà essere strettamente limitata e circoscritta alle zone ed alle dimensioni prescritte negli elaborati di progetto. Nel caso in cui, anche per l'eventuale mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero asportate altre parti od oltrepassati i confini fissati, si dovrà provvedere al ripristino delle porzioni indebitamente demolite seguendo scrupolosamente le prescrizioni enunciate negli articoli specifici.

Tutti i materiali riutilizzabili (mattoni, piastrelle, tegole, travi, travicelli ecc.) dovranno essere opportunamente calati a terra, "scalcinati", puliti (utilizzando tecniche indicate dalla D.L.), ordinati e custoditi, nei luoghi di deposito che saranno segnati negli elaborati di progetto (in ogni caso dovrà essere un luogo pulito, asciutto, coperto eventualmente con teli di PVC, e ben ventilato sarà, inoltre, consigliabile non far appoggiare i materiali di recupero direttamente al contatto con il terreno interponendovi apposite pedane lignee o cavalletti metallici), usando cautele per non danneggiarli, sia nelle operazioni di pulitura, sia in quelle di trasporto e deposito. Detti materiali, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, resteranno tutti di proprietà della stazione appaltante, la quale potrà ordinare all'appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e/o rimozioni dovranno sempre essere trasportati (dall'appaltatore) fuori dal cantiere, in depositi indicati ovvero alle pubbliche discariche nel rispetto delle norme in materia di smaltimento delle macerie, di tutela dell'ambiente e di eventuale recupero e riciclaggio dei materiali stessi.

Per demolizioni di notevole estensione sarà obbligo predisporre un adeguato programma nel quale verrà riportato l'ordine delle varie operazioni.

Indagini preliminari (accertamento sulle caratteristiche costruttive-strutturali)

Prima di iniziare qualsiasi procedura di demolizione e/o rimozione e più in generale qualsiasi procedura conservativa e non (specialmente su manufatti di particolare pregio storico-architettonico) sarà, opportuno, operare una serie di indagini diagnostiche preventive finalizzate alla sistematica e scientifica acquisizione di dati inerenti la reale natura del materiale e il relativo stato di conservazione. Sarà, pertanto, necessario redigere una sorta di pre-progetto capace di far comprendere il manufatto interessato all'intervento, nella sua totalità e complessità. Tali dati risulteranno utili al fine di poter ricostruire le stratigrafie murarie così da procedere in maniera corretta e attenta. Il progetto d'indagine diagnostica non dovrà, soltanto anticipare l'intervento vero e proprio, ma ne dovrà far parte, guidando i lavori previsti, verificandone la validità, indicando casomai nuove soluzioni. Per maggiori dettagli e specifiche inerenti gli accertamenti diagnostici si rimanda a quanto detto al capo IV del presente capitolato speciale di appalto.

Demolizione di strutture murarie di fondazione

La demolizione parziale o totale d'elementi di fondazione avverrà a mano o con l'ausilio di piccoli mezzi meccanici (ad es. piccoli martelli pneumatici) in funzione del materiale, delle dimensioni, della tipologia e della sicurezza. Quando sarà possibile il manufatto da demolire dovrà essere reso agibile da ogni lato (avendo cura però di non scalzare l'intera struttura) mediante precedente scavo a sezione obbligata del terreno circostante preferibilmente eseguiti a mano o con l'ausilio di piccoli scavatori (per maggiori specifiche si rimanda a quanto indicato agli articoli specifici sugli scavi) e successive opere di sbatacchiature al fine di eludere eventuali frane. Le suddette sbatacchiature dovranno essere controllate periodicamente, specialmente in seguito a piogge o gelate, ed eventualmente incrementandole se necessario.

La procedura si attuerà dall'alto verso il basso (tenendo sempre ben presente il ruolo strutturale dell'elemento interessato e delle eventuali azioni di spinta, di contropinta o di contenimento che esso esercita rispetto ad altre strutture o al terreno) per modesti cantieri in senso longitudinale allorché il manufatto oggetto di intervento costituisca contrasto con il terreno, che non sia contemporaneamente o anteriormente rimosso. Precedentemente alla demolizione si renderà necessario costituire un presidio d'opere provvisorie atte sia alla puntellazione delle eventuali strutture adiacenti o limitrofe, sia alla puntellazione del terreno; inoltre, per altezze superiori a 1,50 m, sarà opportuno costituire dei ponti di servizio indipendenti dall'opera da demolire.

Demolizione di strutture murarie

La demolizione delle murature di qualsiasi genere esse siano, dovrà essere preceduta da opportuni saggi per verificare la tipologia ed il reale stato di conservazione. Gli operatori addetti alla procedura dovranno lavorare su ponti di servizio indipendenti dal manufatto in demolizione: non si potrà intervenire sopra l'elemento da demolire se non per altezze di possibile caduta inferiore ai 2 m. Nel caso di demolizioni di murature soprastanti al perimetro di solai o strutture a sbalzo sarà, indispensabile attuare ogni cautela al fine di non innescare, di conseguenza alla diminuzione del grado d'incastro, eventuali cedimenti od improvvise cadute delle strutture (anche sotto carichi limitati o per solo peso proprio). Particolare attenzione dovrà essere fatta in presenza di tiranti annegati nella muratura oggetto di intervento; una loro involontaria rottura, o quantomeno lesione, potrebbe innescare fenomeni di dissesto non previsti in fase di progetto pertanto, in presenza di tali dispositivi, sarà opportuno operare con la massima cautela liberando perimetralmente la catena e proteggendola da eventuali cadute di materiali che potrebbero compromettere il suo tiraggio.

Strutture portanti e/o collaboranti

Prima esecuzione di tutte le procedure preliminari (saggi, puntellamenti, opere di contraffortatura ecc.) al fine di individuare esattamente tutti gli elementi che saranno direttamente od indirettamente sostenuti dalle strutture portanti o collaboranti oggetto d'intervento (al fine di eludere crolli improvvisi e/o accidentali), la demolizione di setti murari portanti in mattoni pieni, in pietra o misti dovrà procedere dall'alto verso il basso per successivi cantieri orizzontali di estensione limitata

(così da controllare l'avanzare dei lavori e le loro eventuali conseguenze nelle zone limitrofe); di norma i blocchi non dovrebbero superare i quattro mattoni od analoga dimensione, quando si tratta di pietre od altro materiale (circa 10-15 Kg), così da consentire la rimozione e la manovrabilità diretta da parte del singolo operatore. La rimozione sarà preferibilmente eseguita manualmente con l'ausilio di mazzetta e scalpello (ovvero punta o raschino), oppure, se l'apparecchio presenta elevata compattezza, con scalpello meccanico leggero; solo in casi particolari, e sempre sotto prescrizione della D.L., si potrà utilizzare il piccone, mentre dovrà essere bandito l'uso di strumenti a leva.

Tramezzature

La demolizione parziale e/o totale di tramezzature seguirà le modalità descritte per la procedura riguardante le strutture portanti e collaboranti; spesso, infatti, semplici tramezzi in mattoni pieni od anche forati apparentemente destinati a portare esclusivamente se stessi, si possono rilevare dei rompitratta, ovverosia l'inflessione (con la conseguente deformazione) della struttura lignea del solaio sovrastante potrebbe, di fatto, aver trasformato il tramezzo devolvendogli, almeno in parte, un incarico strutturale, spesso impreveduto, ma, in certe circostanze, essenziale alla stabilità del manufatto. Una demolizione arbitraria di un tramezzo di questo tipo potrebbe, pertanto, portare anche al collasso delle strutture orizzontali.

Demolizioni di strutture a telaio in c.a.

Nel caso di demolizione parziale di strutture a telaio in c.a. dovranno essere precedentemente rimosse completamente le eventuali tramezzature e tamponature al fine di evitare la possibilità di crollo spontaneo d'elementi scarsamente collegati; inoltre una volta liberata la struttura portante dalle tamponature sarà più facilmente valutabile la scelta dei punti da cui iniziare la demolizione. Durante la demolizione (che avverrà con l'ausilio di piccoli martelli pneumatici), in special modo di travi, si renderà necessario il controllo ripetuto della direzione delle armature che, se posizionate in maniera errata rispetto alla collocazione teorica, potranno indicare le reali sezioni di minor resistenza.

Smontaggio di strutture orizzontali

La demolizione delle strutture orizzontali dovrà essere eseguita mediante la realizzazione di ponti di lavoro e d'opere di protezione (teli, pannelli rigidi ecc.) per evitare, sia la caduta di materiale, sia quella degli addetti ai lavori; procedendo con ordine si provvederà a rimuovere tutte le eventuali travature, cornici, profilati ecc.

La preparazione delle puntellature, necessarie per sostenere le parti che dovranno restare in opera, dovrà essere eseguita con particolare cura, così come tutti gli accorgimenti finalizzati al non deterioramento dei materiali riutilizzabili come, ad esempio, la chiusura accurata dei fori delle vecchie imposte, non idonee per la nuova struttura; inoltre, si dovrà porre attenzione ad effettuare lo scarico immediato dei materiali di risulta evitando qualsiasi accumulo o caduta di materiali sugli orizzontamenti sottostanti. In presenza di tiranti annegati nelle solette delle strutture orizzontali si seguiranno le disposizioni prescritte all'articolo sulla demolizione di strutture murarie.

Solai piani

Lo smontaggio dei solai piani avverrà seguendo in senso inverso le fasi esecutive del montaggio; demoliti o smontati pertanto i pavimenti (si rimanda all'articolo specifico) si procederà a rimuovere il sottofondo e l'eventuale caldana, avanzando di seguito con lo scempiato che potrà essere costituito da mezzane, tavelloni, tavolato di legno o da voltine in mattoni (forati o pieni) od ancora pignatte o volterrane previa dislocazione di idonei tavolati in legno (spessore minimo 3-4 cm, larghezza minima 40-50 cm) od altro materiale atto al sostegno degli operatori. La carpenteria lignea (travi, travetti e travicelli) dovrà essere sfilata dagli appoggi evitando di fare leva sulle murature mediante opportune disposizioni quali: puntellamenti, sospensioni (mediante utilizzo di idonei apparecchi di sollevamento o montacarichi) od eventuale taglio a filo muro in corrispondenza dell'appoggio, lasciando le teste all'interno della muratura (successivamente si

dovrà provvedere alla loro rimozione). Particolare attenzione dovrà essere fatta nel caso di smontaggio di solai precedentemente consolidati come, ad esempio, travi munite di staffe metalliche di ancoraggio alla muratura perimetrale; in questo caso la trave, essendosi trasformata in catena, contribuisce direttamente alla stabilità dei setti murari; andrà, pertanto, evitato il semplice “sfilamento” delle travi dalle loro sedi al fine di evitare eventuali degradi irreparabili o dissesti imprevisti alle murature (si vedano gli articoli specifici sugli ancoraggi dei solai alle murature e sul collegamento fra solai complanari e contigui).

Nel caso in cui gli elaborati di progetto prevedano uno smontaggio preordinato al recupero del materiale assumerà notevole importanza l'eventuale presenza di connessioni tra degli elementi costitutivi il solaio. La presenza di chiodi o viti tiraffondi richiederanno, infatti, particolari cautele e l'adozione di idonei strumenti al fine di evitare ulteriori degradi alle strutture lignee.

Di norma quando si dovranno demolire solai sovrapposti, si procederà, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dall'alto verso il basso.

Strutture voltate

Lo smontaggio delle strutture voltate si distinguerà in rapporto alla tipologia ed all'apparecchiatura della volta, alla natura del dissesto ed alle condizioni d'ambito. Previa esecuzione di “saggi di scopertura” (al fine di ricavare le informazioni necessarie) e la messa in opera d'idonei puntellamenti (ad es. strutture provvisorie di centinatura) e sbatacchiature atte non solo ad agevolare l'operazione in oggetto ma anche a garantire la stabilità dei manufatti confinanti (in modo particolare dovrà essere posta molta attenzione a controbilanciare l'assenza di spinta esercitata dalla volta da “smontare” o demolire) si procederà alla demolizione della volta: per volte in laterizio in foglio a crociera, a vela od a padiglione la procedura di smontaggio dovrà iniziare, sempre, dalla chiave e seguire un andamento a spirale, così come nel caso di volte a botte con apparecchiatura a spina di pesce diritta o spina reale; mentre per le volte a botte, a botte con teste a padiglione, o a schifo con apparecchiature con filari longitudinali o trasversali si procederà per cantieri frontali avanzando dal centro verso le imposte.

Strutture in aggetto

Lo smontaggio di parti a sbalzo (cornicioni di gronda, balconi, gradini ecc.) seguirà le procedure riguardanti i solai; occorre, tuttavia, precisare che l'eventuale demolizione di porzioni soprastanti il punto di incastro potrebbero diminuire il momento con la conseguente improvvisa caduta (per peso proprio) del manufatto a sbalzo. Per evitare tale fenomeno sarà indicato prevedere opportune opere di presidio degli elementi aggettanti, prima di procedere alla rimozione delle strutture soprastanti. Le unità originarie a sbalzo, o quelle che si dovessero trovare in questa situazione a causa di opere parziali di demolizione, dovranno essere celermente rimosse da posizioni instabili e/o pericolanti in altrettante collocazioni sicure e stabili.

Collegamenti verticali

Lo smontaggio parziale o totale delle strutture di collegamento verticale seguirà le modalità precedentemente descritte agli articoli dei solai piani o delle strutture voltate nel caso di scale in muratura costruite su strutture di sostegno a volta, fermo restando che dovrà sempre essere coperta la stabilità complessiva utilizzando, eventualmente, opere di puntellamento. Una specifica propria delle scale riguarda i gradini a sbalzo i quali, se non adeguatamente puntellati, non potranno essere utilizzati come piano di lavoro, quando sia in atto la demolizione dei muri sovrastanti l'incastro (si veda la demolizione di strutture murarie). Le scale, come del resto gli altri orizzontamenti, non dovranno essere, in ogni caso, caricate con materiali di risulta.

Manti e strutture di copertura

Lo smontaggio della copertura procederà, quando sarà possibile, dall'intradosso: contrariamente gli addetti dovranno lavorare su appositi tavolati di ripartizione posti sull'orditura principale, mai su quella secondaria. Allorché l'altezza di possibili cadute sul piano sottostante superi i 2 m si dovrà,

necessariamente, predisporre un sotto piano di lavoro; qualora non sia possibile mettere in opera detto soppalco sarà obbligo munirsi d'apposite cinture di sicurezza. Lo smontaggio e la scomposizione della carpenteria principale (arcarecci, terzere, puntoni, capriate ecc.) qualunque sia il materiale legno, ferro o c.a., seguirà la procedura inversa a quella della messa in opera, ovverosia prima si smonteranno a mano le canne fumarie ed i comignoli, poi il manto di copertura (le tegole saranno asportate a sezione, simmetricamente da una parte e, dall'altra procedendo dal colmo verso le gronde avendo cura di non rompere o danneggiare i singoli pezzi), il sottofondo e lo scempiato di mezzane od il tavolato ligneo, in seguito si passerà a sfilare l'orditura minuta e/o media (travicelli, correnti, morali, palombelli, mezzanelle ecc.) e, per ultimo, quella principale che dovrà essere imbracata e calata a terra mediante idonei dispositivi (gru, paranchi, montacarichi ecc.). Particolare attenzione si dovrà avere in presenza di eventuali connessioni (chiodature, cavicchi, gattelli lignei, piastrine metalliche di ancoraggio ecc.) presenti tra le varie orditure o tra gli elementi della medesima orditura od ancora tra l'orditura principale e la muratura d'imposta. Il loro smontaggio richiederà, infatti, particolari cautele e l'adozione d'idonei strumenti al fine di evitare ulteriori degni alle strutture lignee od alle murature (ad es. per sfilare i chiodi dalle assi di un tavolato si potrà tranciare le loro teste e segare i loro gambi o, in alternativa, esercitare una trazione sull'elemento da rimuovere, in corrispondenza della giunzione, sfruttando il principio della leva ed utilizzando a tale scopo strumenti quali tenaglie, scalpelli ecc. avendo cura di non danneggiare, né la tavola dell'assito da rimuovere, né il travicello cui sarà ancorata).

Lo smontaggio di carpenteria lignea complessa (ad es. le capriate) oppure quello inerente gli elementi di finitura intradossale dovrà essere, necessariamente, preceduto da un preciso rilievo degli elementi costitutivi e delle reciproche connessioni oltre, naturalmente, dalla loro numerazione e catalogazione.

Nel caso di smontaggio di cornicioni di gronda a sbalzo, siano questi ancorati all'ultimo solaio o, più frequentemente, trattenuti dal peso del coperto sarà opportuno attenersi a quanto prescritto all'articolo specifico riguardante le strutture in oggetto.

Asportazione di intonaci

La procedura di rimozione dovrà, necessariamente, sempre essere preceduta da un'operazione di "saggiatura" preventiva eseguita mediante percussione sistematica con le nocche della mano sulla muratura al fine di individuare con precisione le zone compatte e per delimitare (ad es. con un segno tratteggiato a gesso) il perimetro di quelle in fase di distacco (zone gonfiate e formanti "sacche").

L'asportazione parziale o totale degli intonaci dovrà essere eseguita asportando accuratamente dalla superficie degradata, per strati successivi, tutto lo spessore dell'intonaco fino ad arrivare al vivo della muratura senza però intaccare il supporto murario che, alla fine dell'intervento, si dovrà presentare integro senza visibili scanalature e/o rotture degli elementi componenti l'apparecchio murario. L'azione dovrà essere sempre controllata e limitata alla rimozione dell'intonaco senza intaccare la muratura di supporto ed eventuali aree vicine d'intonaco da conservare. La demolizione dovrà procedere dall'alto verso il basso rimuovendo porzioni limitate e di peso modesto ed eliminando manualmente lembi d'intonaco rigonfiati di notevole spessore. La procedura sarà, preferibilmente, eseguita con mezzi manuali (mediante mazzetta, punta e scalpello oppure martelline); allorché la durezza dello strato di intonaco o l'estensione delle superfici da rimuovere lo esigessero potranno essere utilizzati anche mezzi meccanici di modeste dimensioni (vibroincisori o piccoli martelli pneumatici) fermo restando di fare particolare attenzione, in fase esecutiva, a non intaccare il supporto murario od altre superfici non interessate alla procedura.

Durante l'operazione d'asportazione si dovrà avere cura di evitare danneggiamenti a serramenti, pensiline, parapetti e a tutti i componenti edilizi (stucchi, modanature, profili da conservare ecc.) nelle vicinanze o sottostanti la zona d'intervento. Nel caso in cui si dovesse intervenire su di un particolare decorativo da ripristinare, (ad es. finte bozze di bugnato o cornici marcapiano ecc.) sarà obbligo, prima della rimozione, eseguire un attento rilievo ed un eventuale successivo calco (in gesso o in resina) al fine di poterlo riprodurre in maniera corretta.

Il materiale di scarto, (soprattutto in presenza di intonaci a calce), se non diversamente specificato dalla D.L., dovrà essere recuperato, mediante la disposizione di idoneo tavolato rivestito da teli di nylon, e custodito in cumoli accuratamente coperti (per proteggerli dagli agenti atmosferici) al fine di riutilizzarlo per la messa in opera di eventuali rappezzi.

L'operazione di spicconatura terminerà con pulizia di fondo a mezzo di scopinetti e/o spazzole di saggina, con lo scopo di allontanare dalla muratura tracce di sporco e residui pulverulenti.

Rimozione e smontaggio di pavimenti

La rimozione dei pavimenti dovrà essere eseguita, preferibilmente, con mezzi manuali (mazzetta e scalpello) o, in presenza di battuti (di cemento o di graniglia) o pastelloni alla veneziana particolarmente tenaci, con l'ausilio di martelli da taglio o, in alternativa e solo sotto esplicita richiesta della D.L. modesti mezzi meccanici. In ogni caso l'operazione dovrà essere limitata al solo pavimento ed alla malta di allettamento. Il restante sottofondo dovrà essere pulito e spianato accuratamente eliminando qualsiasi irregolarità. Bisognerà, inoltre, prestare molta attenzione agli impianti posti sotto il pavimento dei quali si dovrà, necessariamente, curarne il ripristino nel caso di rottura causata durante le demolizioni.

Nell'eventualità in cui gli elaborati di progetto prevedano uno smontaggio preordinato al recupero del materiale assumerà notevole importanza la cura dello smontaggio: in questo caso sarà, per ovvie ragioni, bandito l'uso di mezzi meccanici (ad es. martelli pneumatici) e la procedura avrà inizio laddove si presenterà una soluzione di continuità (ad es. rottura dell'elemento o mancanza di fuga) procedendo di conseguenza. A seconda del tipo e della consistenza della giunzione tra gli elementi si sceglieranno gli strumenti e le tecniche più idonee, fermo restando la cura di non danneggiare gli elementi stessi e quelli limitrofi:

- unione mediante infissione a forza: (ad es. pavimentazioni in cubetti di porfido, in ciottoli di fiume ecc.) si potranno rimuovere gli elementi con l'uso di leve;
- unioni chiodate (ad es. tavolati, parquet ecc.) si potranno sfilare i chiodi mediante tenaglie o pinze, tranciare le teste ed i gambi dei chiodi o, in alternativa si potrà esercitare una trazione sull'elemento da rimuovere, in corrispondenza della giunzione, sfruttando il principio della leva ed utilizzando a tale scopo strumenti quali tenaglie, scalpelli ecc.;
- unioni mediante collanti o malte (ad es. mattonati, lastre lapidee ecc.) si procederà mediante punte e scalpelli utilizzandoli come leve ponendo attenzione di non spezzare l'elemento da asportare;
- unioni continue (ad es. battuti di graniglia, pastelloni veneziani ecc.) si potrà intervenire solo attraverso il taglio meccanico (con l'ausilio di seghe circolari e flessibili) di porzioni, previa la loro individuazione e numerazione in fase di rilievo. Il taglio (eventualmente guidato da appositi segnali guida o da carrelli) dovrà evitare di pregiudicare i contorni al fine, sia di rendere possibile il successivo accostamento dei pezzi in fase di rimontaggio, sia di non avere eccessive fughe e linee irregolari di giuntura.

L'operazione di smontaggio dovrà essere preceduta da un accurato rilievo dello stato di fatto del pavimento con conseguente numerazione dei pezzi e segnatura delle facce combacianti, nel caso in cui la disposizione degli elementi dovesse seguire uno specifico disegno oppure laddove si abbia a che fare con pezzi speciali per forma e dimensioni inseriti in un disegno esente da schemi fissi e ripetitivi. Sarà consigliabile nonché vantaggioso tenere conto nella numerazione e marcatura dei singoli elementi l'ordine con cui gli stessi verranno disancorati e rimossi dal supporto, così da organizzare una corretta sequenza operativa necessaria al rimontaggio.

Rimozione e smontaggio di rivestimenti lapidei

La procedura di smontaggio di pannelli lapidei dovrà necessariamente adottare, ogni volta, la metodologia, la tecnica e gli strumenti più consoni per separare i componenti di ancoraggio che potranno variare dalle unioni con chiodature, perni e zanche in ferro a mastici e malte adesive. Qualsiasi procedura sarà adottata l'operazione di smontaggio, dovrà, essere preceduta da un accurato rilievo dello stato di fatto delle lastre di rivestimento con conseguente numerazione dei

pezzi e segnatura delle facce combacianti tenendo conto dell'ordine secondo cui gli elementi saranno disancorati dal supporto, così da facilitare l'organizzazione di una corretta sequenza operativa indispensabile per, l'eventuale, rimontaggio. In questa fase sarà, inoltre, necessario sia valutare le dimensioni e il peso dei singoli manufatti da rimuovere (ovvero delle parti risultanti lo smontaggio), sia verificare se lo smontaggio potrà interessare il singolo elemento o più elementi contemporaneamente (ad es. nel caso in cui la singola lastra sia collegata o composta con altri pezzi). In linea generale si dovrà evitare, il più possibile, di ricorrere all'uso di tagli, se questi non potranno essere evitati si dovrà cercare di effettuarli (mediante l'ausilio di frullini elettrici manuali muniti di idoneo disco in ragione della consistenza del litotipo da tagliare) in punti appropriati come, ad esempio, sulla stuccatura del giunto tra lastra e torello o nella giuntura d'angolo di due pannelli, facendo attenzione di non danneggiare i bordi così da rendere possibile il loro successivo raccostamento.

Preventivamente alla rimozione, sarà necessario predisporre idonea attrezzatura di sollevamento e calo a terra in ragione del peso e della manovrabilità delle lastre (ad es. montacarichi). Allo stesso tempo, potrà risultare utile realizzare dei presidi di sostegno ed un'opportuna operazione di preconsolidamento degli elementi (si veda gli articoli specifici) affinché il loro smontaggio possa avvenire in piena sicurezza e tutela degli operatori e dei pannelli stessi.

La prima operazione di smontaggio vero e proprio sarà quella di rimuovere gli elementi (perni, zanche ecc.) o i materiali (malte, mastici ecc.) che garantiscono la connessione dei pannelli alla struttura muraria. Nel caso di elementi metallici questa operazione potrà avvenire: se sono di modeste dimensioni (ad es. chiodature), esercitando sugli elementi una controllata trazione sfruttando il principio della leva mentre, se si tratta di elementi di una certa consistenza (ad es. zanche in ferro), ricorrendo al taglio che consente una facile asportazione successiva; in ogni caso, questa operazione, dovrà essere realizzata facendo cura di non danneggiare il pannello lapideo. Prima di distaccare del tutto il pannello dal supporto, la lastra dovrà essere messa in sicurezza imbracandola con idonei nastri telati collegati all'organo di posa a terra.

Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, la procedura avrà inizio partendo da un elemento privo di decorazioni già sconnesso o degradato cosicché, in caso di perdita, non verrà a mancare una parte rilevante del rivestimento, altrimenti si potrà iniziare da un pannello (anch'esso privo di decorazioni o appartenente ad eventuali disegni di rivestimento) posto in posizione defilata, sovente, infatti, la prima operazione di smontaggio potrà comportare la rottura o la perdita del pannello.

OPERAZIONI DI ASPORTAZIONI OPERE MUSIVE E DIPINTI MURARI

Distacco di opere musive a “sezioni”

La procedura di stacco del mosaico prevede la rimozione dello strato di tessere con uno o più strati di malta di sottofondo. Prima di procedere con l'intervento è opportuno realizzare: la documentazione fotografica generale e dettagliata, la pulitura della superficie mosaicata (seguendo quanto riportato nelle specifiche procedure) così da asportare eventuali impurità presenti sulle tessere e nelle giunture e il rilievo “critico” grafico dell'intero mosaico utilizzando carta trasparente posta direttamente a contatto con la superficie. Il rilievo dovrà riportare: il tracciato compositivo, eventuali lacune, avvallamenti, e quant'altro risulti significativo per documentare lo stato conservativo della superficie nonché i punti di taglio (identificati nel pieno rispetto della composizione figurale), nel caso in cui si operi una separazione con “chiassolatura” (divisione programmata). La separazione potrà avvenire anche a “puzzle” operando lo stacco tenendo conto delle discontinuità già presenti sulla superficie. Diversamente, lo stacco con chiassolatura dovrà prevedere la divisione dell'area in parti uguali (dimensionalmente definite dalla D.L.) numerate e la rimozione di alcuni filari di tassellato lungo le linee di taglio; le parti rimosse dovranno essere incollate nella loro esatta posizione sul rilievo che riporta lo schema del reticolo in scala 1:1. Potrà essere utile realizzare anche uno schema dello stacco in scala ridotta sul quale riportare la quota del piano di calpestio e tutte le annotazioni necessarie al fine di garantire la buona riuscita dell'operazione.

Ogni area identificata dovrà essere analizzata accuratamente in modo da rilevare possibili discontinuità superficiali poiché la superficie per lo stacco dovrà presentarsi il più possibile solidale: per questo si dovrà provvedere a colmare le lacune, causate dalla mancanza di tessere, con una malta magra (removibile dopo aver effettuato l'operazione di stacco) e le tessere allentate o decoese con fasce di garza di cotone applicate con resina acrilica in soluzione. Dovranno, inoltre, essere realizzati dei cordoli di malta lungo tutta la superficie e lungo i bordi delle eventuali, lacune rilevate. L'intervento procederà con l'applicazione, sull'intera superficie, di due velature (realizzabili utilizzando tessuti come la teletta, tela di lino, tela di juta ecc.): la prima velatura si realizzerà con una tela a trama rada (ad esempio tela di garza) mentre per la seconda dovrà essere utilizzato un tessuto a trama più fitta e resistente (ad esempio tela di juta). Le tele dovranno essere bagnate e lavate prima dell'incollaggio; sulla superficie tassellata dovrà essere applicata della colla (resina acrilica in emulsione o adesivo vinilico entrambi adatti anche in presenza di forte umidità o con basse temperature) mediante l'utilizzo di pennelli di setola così da stendere le velature (soprattutto la prima) in modo da farle ben aderire anche tra gli interstizi delle tessere (per questo la prima velatura dovrà comporsi di varie parti piccole e sovrapposte leggermente le une alle altre). Nel caso in cui il mosaico debba essere rimontato mantenendo le variazioni altimetriche che caratterizzano la superficie, dovranno essere predisposti dei calchi di gesso o in vetroresina realizzati sopra le velature. Il collante una volta asciugato dovrà risultare poco flessibile in modo da produrre la contrazione necessaria per la separazione degli strati. Quando la colla risulterà ben asciutta (in questo caso il disegno risulterà visibile in trasparenza dal velatino) dovrà essere riportata sul velatino la griglia precedentemente definita differenziando, con colori diversi, le linee orizzontali da quelle verticali e numerando le singole parti. La contrazione provocata dalla colla implicherà la separazione degli strati del mosaico lungo i tagli prestabiliti: la velatura dovrà essere tagliata con l'ausilio di un bisturi lungo le linee di taglio; il distacco dal sottofondo delle tessere verrà effettuato inserendo (nell'interfaccia tra il nucleus e il rudus) e battendo con un martello a piccoli colpi, una lancia in acciaio, sagomata a scalpello piatto, procedendo, progressivamente, dalle linee di taglio verso il centro dell'area. Sul pavimento staccato verrà applicato un pannello di multistrato allo scopo di poter ripiegare e inchiodare i bordi della tela di canapa così da renderli solidali alla superficie; sotto il tassellato (tra il nucleus e il rudus) dovranno essere fatti scivolare dei supporti lignei in modo da poter sorreggere il mosaico al momento del sollevamento.

Strappo di opere musive

La procedura operativa per lo strappo prevedrà la messa in opera di tutti i passaggi descritti nella procedura di distacco di opere musive a sezioni; l'unica diversificazione risiederà nell'inserimento dei ferri (detti spade o lance) che in questo caso dovranno essere posti tra le tessere e il primo strato di allettamento (sovranucleus). L'operazione di strappo dei mosaici dovrà, necessariamente, implicare l'asportazione del solo strato di tessere lasciando in opera tutti quelli sottostanti. In questo caso assumerà particolare importanza l'operazione di bendaggio che dovrà essere eseguita con attenzione e scrupolosità. Tale intervento risulterà indicato solo nei casi in cui gli strati sottostanti il tassellato risultino particolarmente decoesi e non offrano la possibilità di essere consolidati.

Strappo degli affreschi

La procedura di strappo degli affreschi prevede la rimozione della sola pellicola pittorica sacrificando, in questo modo, la caratterizzazione conferitagli dalle irregolarità presenti sulla superficie intonacata nonché le tracce relative alla tecnica di esecuzione. L'intervento prevedrà la pulitura accurata della superficie così da poter asportare tutte le sostanze estranee che potrebbero ostacolare la perfetta adesione dei bendaggi. L'operazione di pulitura dovrà essere realizzata ricorrendo alla tecnica e utilizzando i materiali prescelti dalla D.L. in riferimento alle caratteristiche dell'opera, alla sua estensione, al tipo di sporco da rimuovere e, di eventuali, patinature legate ad interventi di restauro precedenti. Risulterà opportuno, per questo, procedere con delle prove preliminari realizzate su campioni così da poter meglio calibrare l'operazione di pulitura.

L'ispezione della superficie pittorica dovrà comprendere anche la messa in sicurezza di eventuali lacune; per questo, dovrà essere eseguita la stuccatura della mancanza, incollando perimetralmente strisce di tessuto di cotone e il consolidamento delle porzioni decoese. L'intervento di strappo procederà con l'applicazione sulla superficie pittorica di bendaggi (facing); le bende dovranno essere di cotone a trama larga lavate, asciugate, sfilacciate ai bordi, stirate e arrotolate su un bastone o in alternativa tagliate in piccoli riquadri (di circa 40 x 40 cm). Si procederà applicando sul dipinto un primo strato di colla in quantità pari alla grandezza della garza, procedendo dal basso verso l'alto da sinistra a destra, utilizzando un adesivo non troppo fluido allo scopo di garantire una contrazione più forte al momento dello strappo.

La scelta della colla (appurato che si tratti di materiale reversibile e non dannoso per la superficie) dovrà essere fatta in relazione alla resistenza all'acqua del dipinto e al suo stato di conservazione nonché alle condizioni ambientali del situ; se non diversamente indicato dalla D.L. potrà essere utilizzata, per una pellicola pittorica sensibile all'acqua e friabile una resina (vinilica o acrilica) sciolta in solvente; per una pellicola pittorica ed un intonaco resistenti all'acqua una colla animale (acqua, aceto, fungicida, melassa in quantità minima, colla d'ossa, fiele di bue). Dopo aver steso il primo strato di garza (ben teso a mano sul dipinto) dovranno essere applicati altri strati (almeno due) incollati con una colla meno densa e sovrapposti di almeno 1 cm, ed infine, per ultimo, dovrà essere applicato uno strato di tela canapa evitando sovrapposizioni nelle giunture. Le tele dovranno uscire dai bordi del dipinto di almeno 5 cm su tre lati mentre di 30 cm il lato superiore. La velatura potrà essere ancorata ad una traversa lignea infissa al muro della parte sommitale del dipinto in modo da garantire una maggior sicurezza durante l'operazione di distacco una volta che la superficie sarà completamente distaccata. Lo strappo avrà inizio quando la colla risulterà asciutta ma non ancora secca (i tempi di asciugatura varieranno a seconda dell'umidità relativa e alla temperatura dell'ambiente); a questo punto dovrà essere praticata un'incisione (mediante l'uso di bisturi) lungo il perimetro dell'area interessata dall'intervento in modo da poter tirare lo strato di tela partendo da uno degli angoli inferiori. La tela, man mano che si staccherà, dovrà essere arrotolata intorno a un cilindro di legno.

A distacco avvenuto la tela dovrà essere srotolata su di una superficie piana e analizzata sul retro così da poter procedere a stuccare le eventuali lacune rintracciate (la stuccatura potrà essere effettuata se non diversamente specificato dalla D.L. con impasto di calce e pietra macinata). Sulla superficie dovrà essere applicato un velatino (incollato o con caseato di calcio adatto per ambienti asciutti o con resina acrilica in emulsione caricata con carbonato di calcio) così da rendere reversibile il supporto che verrà applicato. "Fissata" la superficie distaccata al nuovo supporto si procederà al distacco del bendaggio utilizzando impacchi di carta giapponese imbibita dello stesso solvente utilizzato per sciogliere la colla stesa sui bendaggi. Le tele dovranno essere asportate quando risulteranno completamente distaccate dalla superficie non sollevandole ma facendole scivolare parallelamente al piano. La superficie liberata dai bendaggi dovrà essere nuovamente pulita con tamponature di cotone imbevuto nella soluzione di solvente già utilizzata.

Stacco degli affreschi

La procedura di stacco degli affreschi prevede l'asportazione dello strato pittorico insieme allo strato di finitura dell'intonaco lasciando in opera l'arriccio e il rinzaffo; in questo modo sarà possibile conservare le tracce della tecnica di esecuzione. L'intervento di stacco prevede sostanzialmente le stesse fasi procedurali esplicate per lo strappo differenziandosi in alcuni punti tra i quali: la tela di canapa dovrà essere applicata solo quando la colla dei bendaggi sottostanti risulterà ben asciutta. L'asportazione della superficie pittorica dal supporto dovrà essere compiuta, dal basso verso l'alto secondo fasce orizzontali, ricorrendo all'uso di sciabole in ferro fatte scivolare sul retro del dipinto lungo la linea tra arriccio e l'ultimo strato di intonaco, indirizzando la punta dello strumento sempre verso il muro in modo da non danneggiare il dipinto. Sulla superficie staccata e appesa alla traversa lignea dovrà essere applicato un supporto ligneo in modo da consentire l'asportazione del dipinto.

Discialbo manuale

Operazione di asportazione manuale, di strati di pitture o tinte soprammesse alla superficie decorata o dipinta, eseguita previa indagine stratigrafica al fine di delimitare con esattezza la zona di intervento. Se non diversamente specificato l'operazione di discialbo dovrà essere eseguita mediante mezzi meccanici (bisturi, piccole spatole, lame, raschietti, vibroincisori ecc.), impacchi chimici (pasta di cellulosa e carbonato di ammonio) o con idonei solventi (ad es. acetone, cloruro di metilene, miscela 3A, miscela 4A, essenza di trementina alcool etilico ecc.) capaci di asportare gli strati di pitture o tinte soprammesse alla superficie decorata senza recare alcun danno. L'operazione in oggetto dovrà, necessariamente, essere limitata alle sole superfici previste dal progetto ovvero indicate dalla D.L.. Al termine della procedura di discialbo tutte le eventuali porzioni di dipinto murale rinvenuto, a prescindere dallo stato di conservazione, dovranno, obbligatoriamente, essere conservate.

Specifiche: la scelta delle varie tipologie di discialbo dovrà essere attentamente valutata sia per mezzo di prove-campione, sia di indagini preliminari. Queste ultime si renderanno necessarie al fine di accertare: del dipinto celato dallo scialbo la tecnica di esecuzione (ad affresco, a mezzo fresco, a secco) e lo stato di conservazione ovvero la presenza di eventuali patologie di degrado (quali ad es. risalite capillari, efflorescenze saline, distacchi del dipinto dal supporto ecc.) mentre, dello strato da asportare potranno essere appurate le caratteristiche tecnologiche (scialbatura a tempera o calce su affresco, scialbatura a tempera o calce su decorazioni a secco, pellicola polimerica su superficie decorata molto compatta e poco permeabile, pellicola polimerica su affresco, pellicola polimerica su dipinto a secco) e la relativa adesione al supporto dipinto.

Avvertenze: in linea generale dovrà sempre essere osservata la regola secondo la quale il prodotto (ovvero la tecnica) da impiegare dovrà essere il più solvente e il più blando. Per la definizione e la scelta dei solventi più adatti si rimanda a quanto specificato nel capo III (art. 14 "Solventi") del presente capitolato e nel presente capo V all'articolo 6.2 inerente l'"approccio alla pulitura mediante solventi". Per quanto concerne invece il discialbo manuale "meccanico" si rimanda all'articolo 5 inerente la "pulitura meccanica" del presente capo V.

Scialbature a tempera o a calce su superfici decorate ad affresco

La procedura prevedrà il discialbo mediante bisturi, lame e spatole di modeste dimensioni aiutandosi eventualmente con idonea lente di ingrandimento. L'operatore dovrà aver cura di rimuovere esclusivamente lo strato soprammesso senza asportare alcuna parte del dipinto sottostante. Nel caso in cui lo strato da rimuovere presentasse un legante debolmente organico e, allo stesso tempo il supporto del dipinto si rilevasse poco permeabile, potrà essere consentito inumidire la superficie mediante impacchi di polpa di cellulosa con fibre da 200-1000 mm (o con altro supportante ritenuto idoneo dalla D.L.) e carbonato di ammonio (in soluzione satura ovvero in idonea diluizione) o acqua distillata così da allentare l'adesione dello strato da rimuovere dal supporto pittorico. Passato il tempo necessario si potrà rimuovere la scialbatura mediante bisturi o altro mezzo meccanico ritenuto idoneo dalla D.L. La procedura dovrà terminare con la pulitura, per mezzo di tampone inumidito con acqua deionizzata, delle superfici scoperte.

Scialbature a tempera o a calce su superfici decorate o dipinte a secco

La procedura prevedrà il discialbo mediante bisturi, lame e spatole di modeste dimensioni aiutandosi eventualmente con idonea lente di ingrandimento. L'operatore data la "fragilità" degli strati su cui dovrà operare, dovrà aver particolare cura di rimuovere esclusivamente lo strato soprammesso senza asportare alcuna parte del dipinto sottostante.

Scialbatura polimerica su superfici decorate molto compatte

Nel caso di superfici decorate molto compatte e poco permeabili (come da es. stucchi, finti marmi ecc.) con scialbatura costituita da pellicole polimeriche sarà preferibile l'utilizzo di appropriato solvent-gel che, in fasi di prove preliminari avrà dato il risultato migliore. Previa adeguata pulitura a secco della superficie si procederà all'applicazione, mediante pennelli, del solvent-gel sulla

superficie nella quantità necessaria valutata attraverso le prove preliminari (di norma sarà sufficiente 0,6 l/m²). Trascorso il tempo stabilito sarà possibile rimuovere il solvent-gel dalla superficie insieme alla pellicola polimerica da rimuovere per mezzo di spatole o modesti raschietti. Sarà cura dell'operatore porre particolare attenzione nel rimuovere il gel al fine di non asportare ovvero graffiare e danneggiare porzioni del supporto decorato. In presenza di superfici particolarmente degradate e/o modellate sarà fatto obbligo porre particolare attenzione nel compiere l'operazione di discialbo.

La procedura dovrà terminare con una doppia operazione di pulitura della superficie scoperta: la prima per mezzo di tampone inumidito con il solvente utilizzato per il discialbo (così da rimuovere ogni eventuale avanzo di lavorazione), la seconda con acqua distillata così da garantire la completa pulitura del supporto.

Nel caso risultasse necessario e sempre dietro specifica indicazione della D.L. la suddetta operazione potrà essere ripetuta in modo da riuscire ad eliminare tutte le tracce di pellicola polimerica.

Specifiche sui materiali: si rimanda a quanto prescritto al capo III del presente capitolato speciale di appalto (art. 14 "Solventi", art.15.8 "Addensanti e Supportanti")

"Scialbatura" polimerica su superfici decorate ad affresco

La procedura sarà simile a quella decritta all'articolo precedente salvo per la preparazione del supporto che potrà essere trattato con impacco di polpa di cellulosa (1000 mm) o di altro supportante ritenuto idoneo dalla D.L. e carbonato di ammonio in soluzione satura ovvero in idonea diluizione) al fine di inumidire lo strato di intonaco e limitare la penetrazione dei successivi solventi. La rimozione della pellicola polimerica avverrà per mezzo di solvent-gel individuati nelle preliminari campionature o per mezzo di solventi veicolati da addensanti quali metilcellulosa (per solventi polari) da utilizzarsi in concentrazione dal 2 al 4% p/v o etilcellulosa (per solventi apolari) da utilizzarsi in concentrazione dal 6 al 10% p/v. L'operazione potrà essere rifinita per mezzo di discialbo manuale meccanico mediante bisturi e piccole lame.

La procedura dovrà terminare con una doppia operazione di pulitura della superficie scoperta: la prima per mezzo di tampone inumidito con il solvente utilizzato per il discialbo (così da rimuovere ogni eventuale avanzo di lavorazione), la seconda con acqua distillata così da garantire la completa pulitura del supporto.

Specifiche sui materiali: si rimanda a quanto prescritto al capo III del presente capitolato speciale di appalto (art. 14 "Solventi", art. 15.8 "Addensanti e Supportanti")

Scialbatura polimerica su superfici decorate a secco

L'operazione di discialbo si rileverà molto delicata visto la "fragilità" degli strati su cui dovrà operare, e verrà indicata dalle prove preliminari di pulitura eseguite precedentemente l'intervento suddetto. Nel caso in cui la "scialbatura polimerica" si dovesse presentare con un basso contenuto di polimero, si procederà come per la procedura indicata per gli affreschi avendo cura di scegliere un solvente che non danneggi i pigmenti utilizzati per la decorazione a secco.

Raschiatura parziale di tinte

La procedura ha lo scopo di rimuovere parziali strati di coloriture staccate o in fase di distacco (coloriture organiche) evitando di intaccare gli strati superficiali del sottofondo nonché, eventuali coloriture ancora ben aderenti al supporto (soprattutto quando si tratta di coloriture inorganiche). Prima di procedere con l'intervento di raschiatura dovranno essere eseguite delle prove preliminari circoscritte a più punti della superficie da asportare in modo da poter verificare l'effettiva adesione della tinta al supporto; per questo risulterà opportuno realizzare campioni, di 10 cm di lato, suddivisi, a loro volta in porzioni, di grandezza variabile (da 2 mm a 1 cm di lato), tramite l'ausilio di righe metalliche. Nel caso in cui le parti che si distaccano conseguentemente all'operazione di quadrettatura risultino inferiori al 20% della superficie campione potrà essere realizzata una raschiatura parziale contrariamente, in riferimento a quanto prescritto dalla D.L., la raschiatura

potrà essere anche totale. L'operazione di raschiatura dovrà essere realizzata ricorrendo a mezzi meccanici (spatole, raschietti, bisturi ecc.) facilmente controllabili e non traumatici per il supporto. In presenza di rinvenimenti di strati sottostanti di pitture organiche la procedura potrà essere ripetuta così da poter valutare l'eventuale possibilità di rimuoverli.

Raschiatura totale di tinte

L'operazione di raschiatura totale della tinta dovrà, necessariamente, essere preceduta sia dalle indagini preliminari esplicitate nella procedura inerente la raschiatura parziale di tinte sia da ulteriori accertamenti diagnostici e stratigrafici: per questo l'Appaltatore dovrà provvedere a fornire la strumentazione idonea per consentire tali verifiche in riferimento a quanto riportato negli specifici articoli. L'intervento, poiché potrà essere compiuto oltre che meccanicamente (seguendo le indicazioni riportate nella procedura di raschiatura parziale) anche chimicamente o a fiamma, potrà essere effettuato solo dopo aver comprovato l'effettiva tenuta a stress chimici e termici del supporto. La selezione della metodologia di rimozione (chimica o a fiamma) potrà essere fatta solo dopo aver eseguito delle prove campione sulla superficie in modo da poter essere in grado di comparare il risultato raggiunto dalle diverse risoluzioni valutandone, al contempo, i relativi vantaggi e svantaggi.

Raschiatura chimica

La raschiatura con sistemi chimici prevedrà la stesura superficiale di prodotti decapanti ricorrendo all'uso di pennelli; i prodotti dovranno essere prescelti seguendo le specifiche indicazioni della D.L., e applicati previa protezione di tutto ciò che potrebbe danneggiarsi durante l'applicazione del prodotto. Il decapante verrà applicato e tenuto in opera in riferimento a quanto desunto dalle prove preliminari eseguite sui campioni. A reazione avvenuta il prodotto dovrà essere rimosso dalla superficie, mediante strumentazione meccanica (raschietti). La superficie dovrà essere, infine, lavata (seguendo le indicazioni riportate negli specifici articoli) così da asportare qualsiasi traccia residua di decapante evitandone l'essiccazione sul supporto.

Raschiatura a fiamma

La raschiatura a fiamma potrà essere realizzata mediante l'utilizzo di bombole di gpl e di sistemi di erogazione della fiamma (conformi alla normativa antincendio e di sicurezza). La superficie di intervento dovrà essere riscaldata fino a che la tinta da asportare non risulti annerita o rigonfia (prestando particolare attenzione a non procurare bruciature o annerimenti al supporto); a questo punto, ricorrendo all'utilizzo di spatole o raschietti, si procederà alla raschiatura. La superficie dovrà essere, infine, lavata (seguendo le indicazioni riportate negli specifici articoli) così da asportare qualsiasi traccia residua.

PRECONSOLIDAMENTO

Premessa metodologica

Nel susseguirsi delle procedure operative il preconsolidamento deve essere considerato come l'operazione antecedente la pulitura. Si basa, in pratica, sul ristabilimento preventivo delle proprietà di compattezza di quelle porzioni di materiale disgregato o polverizzato, già visibili in fase di progetto o individuate dopo la prima asportazione di depositi superficiali, che potrebbero essere danneggiate durante i successivi cicli di pulitura. Un'operazione di preconsolidamento potrebbe essere necessaria in presenza di depositi calcarei o patine nerastre tenacemente aderenti ad un concio di pietra molto fragile (frantumato, scagliato, attaccato dalle solfatazioni); in questo caso, prima della pulitura, devono essere eseguiti interventi preliminari di tutela tramite, ad esempio, la messa in opera di "ponti" di collegamento al fine di rendere tali frammenti nuovamente solidali. L'intervento di preconsolidamento ha, normalmente, lo scopo di fornire stabilità provvisoria a supporti particolarmente decorsi sui quali sono necessari interventi successivi di pulitura (anche abbastanza aggressivi) incompatibili con l'attuale stato conservativo, estremamente precario della superficie. Il preconsolidamento deve operare, essenzialmente, come presidio dei frammenti di

materiale e allo stesso tempo non deve intervenire sui depositi o patine da asportare. Non di rado per eseguire quest'operazione si utilizzano tecniche e metodi propri del consolidamento anche se nel primo caso la "terapia" è sovente concentrata su zone puntuali di superficie mentre nel consolidamento è lecito procedere anche su zone più ampie di materiale degradato.

OPERAZIONI DI PRECONSOLIDAMENTO DEI MATERIALI LAPIDEI

Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

Generalità

Le operazioni di preconsolidamento richiederanno maestria di messa in opera e, talvolta, potranno essere ripetute con tempi piuttosto lunghi così da permettere ai collanti utilizzati di fare presa (prima di iniziare i cicli di pulitura) pena la perdita di frammenti e scaglie originali. Questa procedura avrà una funzione esclusivamente preventiva e conservativa; a questo proposito, saranno da preferire adesivi deboli e chimicamente reversibili, ovvero quei prodotti che potranno essere sciolti nuovamente ed asportati facilmente o paste molto magre (rapporto legante inerte molto basso).

Dovrà essere vietato effettuare qualsiasi procedura di preconsolidamento e/o utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato, su tale etichetta dovrà essere riportata la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni ovverosia miscele di due liquidi rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratta di soluzioni cioè scioglimento di un solido in un liquido rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

Ponti di malta magra e/o resina

Questo tipo di operazione, che sovente precederà la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci di pietra, avrà il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture dei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura. Al fine di sorreggere scaglie lapidee leggere, non più ampie di una mano, si potrà impiegare come collante una malta magra (l'impasto dovrà contenere poca calce, così da essere più facilmente rimosso dopo la pulitura) rapporto calce inerte 1:4 o 1:5 con granulometria molto fine (carbonato di calcio o polvere di pomice) in piccole porzioni. Queste deboli stucature potranno essere stese con spatole a doppia foglia piatta o con cazzuolini e dovranno essere posizionate, se non diversamente specificato, come ponti di collegamento tra i frammenti in fase di distacco e la massa principale; potrà, inoltre, risultare vantaggioso scegliere una malta che presenti, dopo la presa, un colore in forte contrasto con l'apparecchio limitrofo così da essere ben identificabile come stuccatura provvisoria.

In alternativa si potrà utilizzare il medesimo impasto (sia a base di malta sia a base di resine sintetiche) pensato per le stucature definitive (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici riguardanti le stucature e i consolidamenti) ma, in questo caso, l'impasto dovrà essere steso in modo molto puntuale al fine di mettere in opera solo i "ponti di collegamento" che verranno in seguito completati da operazioni successive alla pulitura.

Velinature con garza di cotone o carta giapponese

Questo tipo di intervento, potrà essere utilizzato in presenza di pellicole pittoriche in fase di distacco o elementi lapidei particolarmente esfoliati, erosi o disgregati al fine di preservarli da, se pur lievi, abrasioni causate dall'eventuale passaggio di un pennello per un trattamento preconsolidante o consolidante o da l'azione abrasiva di una pulitura ad acqua. Le scaglie saranno assicurate mediante bendaggi provvisionali di sostegno: si procederà in modo progressivo mettendo

in opera “fazzoletti” di garza di cotone (comuni compresse di garze sterili), di tela grezza (da scegliere in base alla pesantezza e alle dimensioni del frammento in oggetto) o fogli di carta giapponese di pochi centimetri di lato (da 6 a 12) fermati con resina acrilica in soluzione o in dispersione (per quanto riguarda la soluzione un buon esempio sarà costituito da una resina solida a base di Etil-metacrilato/metil-acrilato al 20% p/v, in solvente volatile come Acetone, così da favorire una rapida presa o sempre al 20% in un diluente nitro; mentre per la dispersione si potrà utilizzare una emulsione acrilica al 5% v/v), oppure con una soluzione acquosa al 3% di alcool polivinilico.

Questa sorta di “filtro”, realizzato con fogli di carta giapponese, potrà essere messo in opera anche in presenza di impacchi pulenti (a base di polpa di cellulosa o di argille assorbenti) allorché si operi su strutture particolarmente porose o decoese.

Avvertenze: dovrà sempre essere obbligo accertare che la quantità di sostanza attiva (ovvero residuo secco) del prodotto consolidante polimerico sia utilizzata nella minima percentuale possibile, naturalmente in relazione alle specifiche necessità dell’operazione di preconsolidamento.

Specifiche sui materiali: si rimanda al capo III del presente capitolo

Nebulizzazione miscela di silicato di etile

La procedura (simile a quella descritta all’articolo sul consolidamento) potrà essere utilizzata sia per la riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti sia in presenza di fenomeni di polverizzazione e decoesione della superficie lapidea e, si porrà come obiettivo quello di fissare temporaneamente il materiale. L’operazione consisterà nella nebulizzazione o, preferibilmente, nell’applicazione con pennello a setola naturale morbida di miscela d’esteri dell’acido silicico (silicato di etile) in percentuale variabile in ragione del supporto. In linea di massima potranno essere prese come percentuali di riferimento quelle normalmente utilizzate per il consolidamento per impregnazione abbassandole leggermente (in linea generale si potrà utilizzare una quantità paria a circa 400-500 g/m² per il consolidamento d’apparecchi in cotto, e 200-300 g/m² per superfici intonacate con malta di calce). Su superfici particolarmente decoese o in presenza di scaglie di pellicola pittorica sarà consigliabile interporre tra il pennello e il materiale fazzoletti di carta giapponese così da creare un filtro a protezione dell’azione abrasiva, se pur in minima parte, del pennello.

Applicazione di sospensioni di idrossido di calcio

La procedura sarà rivolta, in modo particolare, agli intonaci di calce o alle pitture murali, allorché si manifesteranno fenomeni di polverizzazione del colore o esfoliazione di strati pittorici così da garantire sia la riadesione del pigmento sia della pellicola al supporto. Il preconsolidamento si baserà sull’applicazione di sospensioni, direttamente sulle superfici, di soluzioni stabili d’idrossido di calcio in solventi inorganici (alcoli alifatici), le particelle veicolate dal solvente penetreranno all’interno delle porosità superficiali così da produrre un nuovo processo di presa all’interno della matrice. Il solvente sarà da preferire all’acqua in quanto quest’ultima renderà la sospensione nettamente più instabile provocando una velatura biancastra sulle superfici trattate, inoltre il solvente avrà il vantaggio di far decantare l’idrossido di calcio in tempi più lunghi (circa 16-18 ore contro gli appena 30-40 minuti delle soluzioni acquose). In ogni caso se si vorrà utilizzare l’acqua sarà consigliabile formulare soluzioni utilizzando acqua distillata. Le sospensioni potranno essere preparate con concentrazioni molto variabili in ragione del supporto da consolidare, sarà comunque, consigliabile iniziare da sospensioni abbastanza diluite per poi spingersi a soluzioni più concentrate fino ad arrivare ad una crema di una certa consistenza.

Il trattamento eseguito, con l’ausilio di pennello a setola morbida, in una due o più riprese, (intervallate generalmente da qualche giorno ed aumentando la concentrazione della soluzione), fino ad assorbimento totale del supporto rientrerà in quelli di consolidamento corticale in quanto le particelle, pur di ridotte dimensioni, non riusciranno a penetrare nel materiale in profondità (ca. 2 mm). La procedura sarà da evitare su superfici con presenza di depositi polverulenti o di grassi, in quanto potenzialmente solubili e pertanto diffondibili all’interno della matrice porosa. Su pitture

murali o, più in generale, su supporti particolarmente decoesi sarà necessario interporre fazzoletti di carta giapponese che verranno rimossi dopo circa un'ora dall'applicazione.

Specifiche: le possibili velature bianche (che potranno emergere anche solo dopo poche ore dal trattamento) potranno essere eliminate (a meno che non sia previsto un successivo trattamento protettivo con prodotti a base di calce tipo scialbature o velature alla calce) con spugnature o tamponature di acqua distillata o con impacchi, di qualche ora (circa 6-10 h) di polpa di cellulosa inumidita sempre da acqua distillata (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici sulle puliture).

Micro-iniezioni di miscele a bassa pressione

Questo tipo di operazione sarà indirizzato verso la riadesione di modeste parti di intonaco o scaglie di laterizio sollevate. Queste micro-iniezioni potranno essere effettuate in prossimità di piccole fessure, lacune o fori già presenti sulle superfici intonacate, in assenza di queste si potranno creare dei microfori con l'ausilio di idonei punteruoli o micro-trapani manuali. Previa pulitura della fessurazione con una miscela di acqua demineralizzata ed alcool (5:1 in volume), con lo scopo di creare dei canali nella parte retrostante e, al contempo, di verificare l'eventuale esistenza di lesioni o fori da dove la miscela consolidante potrebbe fuoriuscire, si procederà all'iniezione, con l'ausilio di normali siringhe di plastica (da 10 cc o 20 cc), procedendo attraverso i fori o le soluzioni di continuità poste nella parte più bassa per poi avanzare, verso quelle più in alto.

Per gli intonaci, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, si potranno utilizzare iniezioni di una miscela composta da calce aerea diluita con percentuale del 5-10% di resina acrilica eventualmente caricata con carbonato di calcio o metacaolino micronizzato ed additivata con gluconato di sodio, o, nei casi di distacchi più consistenti (ad es. scaglie di laterizio), con polvere di cocchio pesto vagliata e lavata o sabbia silicea ventilata; in caso d'estrema urgenza o di murature umide, si potrà utilizzare calce idraulica naturale NHL 2 esente da sali solubili additivata con cariche pozzolaniche ventilate; in questo modo si potrà ottenere un solido ancoraggio nel giro di 20-30 minuti. All'operazione di preconsolidamento, ad esempio di una porzione consistente d'intonaco spanciato che minaccia di distaccarsi totalmente dal supporto, sarà utile affiancare quella di presidio provvisorio temporaneo facilmente realizzabile con la messa in opera, alla distanza di circa 2-3 cm di un tavolato continuo in legno protetto nella faccia verso il manufatto da un foglio di Alluminio o un film plastico in Polietilene (tipo Domopak), infine, lo spazio tra presidio e interfaccia dell'intonaco (precedentemente protetto con foglio di alluminio) sarà riempito da materiale morbido tipo gommapiuma (o in alternativa da schiuma di resina poliuretana).

PULITURE

Premessa metodologica

La pulitura di una superficie si deve prefiggere lo scopo di rimuovere la presenza di sostanze estranee patogene, causa di degrado, limitandosi alla loro asportazione. Il lato estetico non deve incidere sul risultato finale, l'intento della pulitura non deve essere quello di rendere "gradevole" l'aspetto della superficie ma, bensì, quello di sanare uno stato di fatto alterato. Si ritengono, perciò, inutili, nonché dannose, puliture insistenti che potrebbero intaccare la pellicola naturale del materiale formatasi nel corso degli anni, puliture mosse, generalmente, dalla volontà di restituire al materiale il suo aspetto originario. Tenendo conto che anche la risoluzione meno aggressiva causa sempre una seppur minima azione lesiva sul materiale, è opportuno che le operazioni siano ben calibrate e graduali, procedendo per fasi progressive su più campioni, in questo modo l'operatore può verificare l'idoneità della tecnica prescelta e, allo stesso tempo, definire quando l'intervento deve essere interrotto.

I metodi di pulitura sono diversi in relazione al tipo di materiale sul quale s'interviene e alla sostanza che s'intende asportare, per questo motivo, la scelta deve essere fatta basandosi su delle indagini preventive in modo da poter avere un quadro informativo puntuale sia sulla natura dei degradi ed il loro relativo livello d'insistenza, sia sulla consistenza fisico-materica del supporto; in molti casi, infatti, il processo chimico che innesca il degrado è strettamente correlabile alla natura

del materiale. Rimuovere le sostanze estranee da un manufatto che presenta un degrado molto avanzato può comportare un aggravarsi dello stato di fatto per cui, prima dei lavori di pulitura, è opportuno intervenire con un preconsolidamento puntuale delle parti precarie così da evitare di danneggiare frammenti decoesi, esfoliati o indeboliti e, allo stesso tempo, di attaccare una superficie instabile con acqua e/o prodotti chimici che potrebbero peggiorare la situazione.

OPERAZIONI DI PULITURA MATERIALI LAPIDEI

Con il termine “materiale lapideo” dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

Generalità ed esecuzione di prove di pulitura

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- analisi dei prodotti di reazione, così da poter identificare la loro effettiva consistenza, la natura e la reattività chimica;
- preconsolidamento (preferibilmente reversibile), se si riscontra la necessità, del materiale prima di iniziare la pulitura;
- esecuzione delle prove di pulitura su campioni di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione al fine di determinare il sistema di pulitura (tecnica e prodotti) più idoneo prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, deve prefiggersi è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente in particolare modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale. La facilità o difficoltà dell'asportazione e, di conseguenza, il ricorso a metodologie più o meno aggressive, dipende strettamente dalla natura del deposito stesso:

- depositi incoerenti (particellato atmosferico terroso o carbonioso) che non risultano coesi con il materiale o derivati da reazione chimica, depositati per gravità, o perché veicolati dalle acque meteoriche, o di risalita (efflorescenze saline);
- depositi incoerenti (particelle atmosferiche penetrate in profondità, sali veicolati dall'acqua di dilavamento ecc.) che tendono a solidarizzarsi alla superficie del materiale tramite un legame meccanico non intaccando, però, la natura chimica del materiale;
- strato superficiale derivato dalla combinazione chimica delle sostanze esterne (volatili o solide) con il materiale di finitura; i prodotti di reazione che ne derivano sono, ad esempio, le croste (prodotti gessosi) e la ruggine (ossidi di ferro).

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale che, a differenza delle croste, non intaccano la natura chimica del materiale, potrà essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici facili da applicare come ad esempio: stracci, spazzole di saggina, scope, aspiratori ecc. integrati, dove il caso specifico lo richiede, da bisturi piccole spatole e lavaggi con acqua; invece nel caso in cui si debbono asportare depositi solidarizzati con il materiale, sarà conveniente ricorrere a dei cicli di pulitura più consistenti come, ad esempio tecniche di pulitura a base d'acqua, pulitura con impacchi acquosi o con sostanze chimiche, pulitura meccanica, pulitura mediante l'uso di apparecchi aeroabrasivi, sabbiatura controllata ecc.

Ogni qualvolta si utilizzeranno sistemi di pulitura che implicheranno l'uso di considerevoli quantitativi d'acqua (spray di acqua a bassa pressione, idropulitura, acqua nebulizzata, acqua atomizzata ecc.) dovrà essere pianificato in sede di cantiere, prima di procedere con l'intervento, il sistema di raccolta e di convogliamento del liquido e dovrà essere prevista la protezione (mediante l'utilizzo di teli impermeabili) delle parti che, non essendo interessate dall'operazione di pulitura (serramenti, vetri ecc.), potrebbero essere danneggiate durante la procedura.

Ogni procedura di pulitura, in special modo se caratterizzata dall'utilizzo di prodotti specifici anche se prescritti negli elaborati di progetto, dovrà essere preventivamente testata tramite l'esecuzione di campionature eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su ogni etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni ovverosia miscele di due liquidi rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratterà di soluzioni cioè scioglimento di un solido in un liquido rapporto peso/volume) utilizzate, le modalità ed i tempi di applicazione.

Sistemi di pulitura per gli elementi lapidei

I materiali lapidei rientrano nella categoria dei materiali a pasta porosa e come tali risentono particolarmente dell'azione disgregatrice operata dalle condizioni al contorno. La superficie, generalmente lavorata, a contatto con gli agenti atmosferici è sottoposta ad una serie di lente trasformazioni chimiche-fisiche che portano, nel corso degli anni, alla formazione di una patina superficiale, non dannosa, una sorta di protezione naturale che si limita ad alterare solo l'aspetto cromatico del materiale. Attualmente, le sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera ostacolano la formazione della patina attaccando direttamente i materiali lapidei favorendone la disgregazione e l'insorgenza di croste nere. L'intervento di pulitura su questo tipo di materiali deve, principalmente, essere indirizzato ad eliminare la presenza di efflorescenze, croste nere, macchie ecc. che provocano il lento deterioramento della materia e, laddove è presente, conservare la patina naturale.

Le croste nere che ricoprono gli elementi lapidei, costituiscono un tipo di degrado che più di altri può alterare lo stato di fatto del materiale; oltre a mascherare le policromie, annullando l'originale gioco di luce e di ombre caratteristici degli apparati decorativi, costituiscono una fonte pericolosa di sali solubili e la loro persistenza fa sì che la superficie sia sempre a contatto con le sostanze inquinanti. La presenza di croste nere può inoltre accentuare l'effetto di variazioni termiche, accelerare il fenomeno di esfoliazione degli strati superficiali della pietra provocando il distacco di frammenti.

Pulitura mediante spray di acqua a bassa pressione

Tecnica particolarmente adatta quando si tratterà di rimuovere polveri e depositi solubili in acqua o non troppo coesi al substrato; indicata soprattutto per asportare depositi superficiali sottili legati con gesso o calcite secondaria, su materiali lapidei di natura calcarea e poco porosi. Sconsigliata in presenza di croste nere di spessore considerevole (1-3 mm) e contenenti percentuali di gesso elevate (tra il 20% e il 30%) poiché i tempi di applicazione troppo lunghi potrebbero recare danni al materiale. La superficie da trattare sarà invasa da getti d'acqua a bassa pressione (2-3 atm) proiettati con l'ausilio di ugelli (simili a quelli comunemente usati negli impianti di irrigazione o in orticoltura) indirettamente dall'alto verso il basso, in modo tale da giungere sul materiale in caduta. L'acqua da impiegare in questi casi dipenderà dalla natura del materiale (anche se nella pratica si ricorre spesso all'acqua di rubinetto): in presenza di calcari teneri si useranno acque più dure, dove si riscontreranno problemi di solubilità di carbonato di calcio si impiegheranno acque a grana molto fine mentre, per graniti e le rocce silicate si potrà utilizzare acqua demineralizzata ovvero deionizzata (la produzione d'acqua deionizzata in cantiere avverrà tramite l'utilizzo di appropriata apparecchiatura con gruppo a resine scambio ioniche di adeguata capacità). Questa operazione di pulitura, oltre all'azione chimica, svolgerà anche una moderata azione meccanica e dilavante, (dovuta al moderato ruscellamento), grazie alla quale gran parte dei sali solubilizzati potranno essere rimossi. Importante è tenere presente che la quantità d'acqua da impiegare dovrà essere tale da non inumidire troppo la muratura (l'intervento non deve superare i 15-20 minuti consecutivi); inoltre, è consigliabile evitare i cicli di pulitura a base d'acqua nei mesi freddi così da evitare gli inconvenienti connessi sia all'azione del gelo sia alla lenta evaporazione, per questo la temperatura esterna non dovrebbe mai sotto i 14°C.

La pulitura dovrà procedere per porzioni limitate di muratura; nel caso questa tecnica sia utilizzata per la pulitura di materiali lapidei porosi si dovrà, necessariamente, ridurre al minimo

indispensabile la quantità d'acqua in modo da riuscire ad evitare la movimentazione dei sali presenti all'interno del materiale. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate all'articolo sulle generalità.

Pulitura mediante macchina idropulitrice a pressione controllata

L'idropulitura risulterà particolarmente adatta per effettuare lavaggi su delle superfici non di particolare pregio e soprattutto non eccessivamente degradate o porose poiché la pressione del getto (4-6 atmosfere), in questo caso, potrebbe risultare troppo aggressiva e lesiva per il materiale ed implicare, sia l'eventuale distacco di parti deteriorate sia l'asportazione anche di porzioni sane di superficie. La procedura prevedrà l'esecuzione del lavaggio con getto di acqua, calda o fredda in riferimento alle indicazioni della D.L., emesso tramite l'ausilio di un ugello erogatore distante dalla superficie in una misura mai inferiore a 5 cm o superiore a 20 cm; si procederà con la pulitura dall'alto verso il basso per delimitate campiture, così da riuscire ad asportare velocemente lo sporco ed evitare la sua eventuale penetrazione (per percolamento) nelle parti inferiori, dopodiché si terminerà con un risciacquo dell'intera superficie. Al termine delle operazioni di lavaggio è opportuno accertarsi che l'intervento non abbia provocato dei danni al materiale (erosioni, abrasioni ecc.) e che non siano presenti polveri trasportate verso il basso dal ruscellamento delle acque di lavaggio. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

Pulitura mediante spray d'acqua nebulizzata

Un'alternativa alla pulitura con spray d'acqua deionizzata è la nebulizzazione del liquido tramite ugelli a cono vuoto (dotati di pinze posizionati a 30-40 cm dalla superficie) caratterizzati da un orifizio molto piccolo, (diametro tra i 0,41 e i 0,76 mm), che permette di invadere la superficie da trattare (obliquamente e quasi senza pressione) con una fitta nebbia di goccioline, del diametro di circa 1/10 mm. Sostanzialmente le precauzioni da prendere saranno le stesse del metodo precedentemente illustrato, questo sistema sarà valido soprattutto per rimuovere incrostazioni costituite da composti parzialmente idrosolubili; l'acqua impiegata potrà essere deionizzata ed additivata con tensioattivi neutri allo scopo di diminuire l'angolo di contatto e, rispetto allo spray d'acqua, presenterà il vantaggio di accentuare l'azione diluente della pulitura chimica proprio grazie all'azione nebulizzante delle goccioline. La nebulizzazione risulterà particolarmente adatta quando si tratterà di pulire pietre carbonatiche non troppo incrostate (meno adatta per pietre quarzo-silicatiche) e per interventi su calcari non troppo porosi, dove le sostanze da rimuovere non siano particolarmente tenaci, contrariamente, in presenza di depositi difficili da rimuovere, si completerà il ciclo di pulitura con impacchi o spazzole di saggina. La pulitura dei materiali porosi con acqua nebulizzata dovrà ridurre i tempi d'irrorazione della superficie (così da evitare l'assorbimento d'acqua in profondità) ripetendo, se necessario, l'intervento più volte. L'applicazione continua della nebulizzazione sulla superficie non dovrà, comunque, mai superare i 15 minuti consecutivi in modo da evitare che le murature s'impregnino eccessivamente (in condizioni "normali" il consumo d'acqua potrà essere valutato in 4l/ora per ugello). Tra i vari cicli di pulitura dovranno intercorrere ampie pause così da consentire al materiale il completo prosciugamento. I tempi d'applicazione saranno comunque in funzione della consistenza dei depositi e della natura del materiale; su calcari teneri l'intervento potrà durare meno rispetto a quello operato su quelli compatti. La pulitura mediante acqua nebulizzata si effettuerà in cantiere ricorrendo a specifica apparecchiatura e dovrà essere applicata, esclusivamente durante la stagione calda, mai con valori minimi della temperatura esterna inferiori a 17°C. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate all'articolo sulle generalità.

Pulitura mediante acqua atomizzata

Molto simile alla tecnica della nebulizzazione è la pulitura mediante acqua atomizzata con la differenza che, in questo caso, lo spruzzo d'acqua è costituito da goccioline ancora più piccole. Mediante l'uso d'apposite camere di atomizzazione, infatti, si ridurrà l'acqua in un aerosol

costituito da un numero elevato di finissime goccioline che fuoriusciranno da ugelli connessi ai lati delle camere mediante condutture flessibili; in questo modo aumenterà l'azione solvente dell'acqua nei confronti dei sali solubili e dei leganti delle croste nere, mentre diminuirà l'azione meccanica che si limiterà ad un debole ruscellamento sulle superfici sottostanti. Si ricorrerà a questa tecnica ogni qualvolta si dovrà eseguire la pulitura su porzioni particolarmente delicate come: apparati decorativi, fregi, modanature ecc., e/o su superfici particolarmente degradate (decoese). La pulitura mediante l'atomizzazione sarà in grado di asportare dalle superfici lapidee (anche porose), di natura carbonatica, parte dei sali solubili, i depositi polverulenti e/o carboniosi. I tempi di applicazione sono più lunghi di quelli previsti per la nebulizzazione. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura, si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate all'articolo sulle generalità.

Pulitura meccanica (spazzole, bisturi, spatole ecc.)

La pulitura meccanica di superfici lapidee, comprende tutta una serie di strumenti specifici il cui impiego è in stretta relazione al grado di persistenza delle sostanze patogene che si dovranno asportare. Prima di procedere ad illustrare la gamma di utensili disponibili e le relative tecniche, è opportuno precisare che, la riuscita delle operazioni di pulitura meccanica, sarà strettamente connessa all'abilità ed alla sensibilità dell'operatore che dovrà prestare particolare attenzione a non arrecare danni irreversibili al materiale (incisioni o segni). La pulitura meccanica consentirà la rimozione di scialbature, depositi ed incrostazioni più o meno aderenti alla superficie; a tal fine si potrà ricorrere a strumenti di vario tipo partendo dai più semplici come: spazzole di saggina o di nylon, bisturi, lame, raschietti, piccole spatole metalliche, sino ad arrivare ad utilizzare apparecchiature meccanizzate più complesse di tipo dentistico che, alimentati da un motore elettrico o pneumatico, consentiranno la rotazione di un utensile come ad esempio: microspazzolini in fibre vegetali o nylon (per asportare depositi più o meno aderenti), microfrese (atte all'asportazione di incrostazioni dure e di modeste dimensioni), micromole in gomma abrasiva (ovviano l'inconveniente di lasciare tracce da abrasione grazie al supporto relativamente morbido), microscalpelli su cui si monteranno punte in vidia di circa 5 mm di diametro (adatti per la rimozione di depositi calcarei), vibroincisori, apparecchi che montano punte a scalpello o piatte con diametro di circa 2-3 mm (eliminano incrostazioni molto dure e coese come scialbi, stucature cementizie ecc.). La carta abrasiva fine (400-600 Mesh) o la pomice potranno essere impiegate in presenza di superfici piane o poco irregolari anche se, la bassa velocità di avanzamento che caratterizza questo sistema, implicherà tempi di lavoro troppo lunghi e, per questo, potrà essere applicato solo su porzioni limitate di materiale. In presenza di stucature cementizie, o in casi analoghi, si potrà procedere alla loro asportazione ricorrendo all'uso di un mazzuolo e di uno scalpello (unghietto) anche se, considerato l'impatto che potrà avere tale operazione sul materiale, si consiglia di effettuare l'operazione in maniera graduale in modo da poter avere sempre sotto controllo l'intervento.

Avvertenze: questo tipo di pulitura potrà produrre variazioni morfologiche superficiali in funzione alla destrezza dell'operatore ed alle condizioni conservative della superficie mentre saranno assenti variazioni del colore delle superficie trattate da tale procedura.

Pulitura mediante impacchi

Le argille assorbenti, come la sepiolite e l'attapulgitte, sono dei silicati idrati di magnesio, mentre la polpa di cellulosa è una fibra organica ottenuta da cellulose naturali (disponibile in fibre di lunghezza variabile da 40 a 1000 m); mescolate insieme all'acqua, questo tipo di sostanze, sono in grado di formare una sorta di fango capace di esercitare, una volta a contatto con le superfici lapidee e opportunamente irrorato con acqua (o con sostanze chimiche), un'azione, di tipo fisico, di assorbimento di liquidi in rapporto al proprio peso. La pulitura mediante impacchi risulterà vantaggiosa oltre che per l'asportazione dei sali solubili per la rimozione, dalle superfici lapidee, di strati omogenei di composti idrosolubili o poco solubili (come croste nere poco spesse, intorno a 1 mm), macchie originate da sostanze di natura organica, strati biologici (batteri, licheni e algali)

inoltre, saranno capaci di ridurre le macchie di ossidi di rame o di ferro. Il vantaggio del loro utilizzo risiederà nella possibilità di evitare di applicare direttamente sulla superficie sostanze pulenti (in special modo quelle di natura chimica) che, in alcuni casi, potrebbero risultare troppo aggressive per il substrato. La tipologia d'impacco dipenderà dal grado di persistenza e dalla solvenza dello sporco da rimuovere, anche se si dovrà tenere presente che gli impacchi non risulteranno particolarmente adatti per asportare croste spesse e, in caso di materiali porosi e/o poco coesi sarà opportuno, al fine di non rendere traumatica l'operazione d'asportazione, interporre sulla superficie carta giapponese o klinex. Potrà essere conveniente, prima di applicare l'impacco operare lo "sgrassamento" e la rimozione d'eventuali incrostature superficiali ricorrendo a dei solventi come acetone, cloruro di metilene ecc. e, dove risulterà possibile, effettuare un lavaggio con acqua (deionizzata o distillata) in modo da asportare i depositi meno coerenti ed ammorbidire gli strati carboniosi più consistenti. In presenza di efflorescenze si dovrà provvedere alla loro asportazione meccanica tramite lavaggio con acqua deionizzata e spazzolino morbido prima di procedere con l'operazione. In linea generale si dovrà preferire basse concentrazioni con conseguenti tempi di applicazione più lunghi rispetto ad impacchi con soluzioni elevate con tempi di applicazione brevi.

Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di acqua (estrazione sali solubili)

L'impacco acquoso consisterà nell'applicazione, direttamente sulla superficie, (preventivamente umidificata con acqua distillata o deionizzata) di argille assorbenti (sepiolite o attapulгите con granulometrie comprese tra i 100 e i 200 Mesh) o polpa di carta (fibra lunga 600-1000 m) previa messa in opera, dove si renderà necessario, di klinex o fogli di carta giapponese indispensabili per interventi su superfici porose e/o decoese. La preparazione dell'impacco avverrà manualmente imbevendo con acqua deionizzata o distillata il materiale assorbente fino a che questo non assumerà una consistenza pastosa tale da consentire la sua applicazione, con l'ausilio di spatole, pennelli, o, più semplicemente con le stesse mani in spessori variabili a seconda delle specifiche dettate dalla D.L. (2-3 cm per le argille, 1 cm per la polpa di carta). La permanenza dell'impacco sulla superficie sarà strettamente relazionata al caso specifico ma soprattutto farà riferimento alle indicazioni, dettate dalla D.L., basate su prove preventive effettuate su campioni (circa 10x10 cm). Il tempo di contatto (da pochi minuti a diverse ore) dipenderà alla concentrazione delle soluzioni impiegate (da 5% a 130%, alle soluzioni sature) dal tipo e dalla consistenza del degrado che dovrà essere rimosso. La plasticità dell'impacco potrà essere migliorata aggiungendo all'acqua e all'argilla quantità variabili di attapulгите micronizzata. Gli impacchi dovranno essere eseguiti con temperature non inferiori a 10°C; se applicati durante un periodo caldo, o in presenza di vento, al fine di rallentare l'evaporazione del solvente, potranno essere protetti esternamente con strati di cotone o teli di garza imbevuti di acqua demineralizzata, coperti da fogli di polietilene muniti di un'apertura dalla quale verrà garantito l'inumidimento della superficie sottostante. La rimozione della poltiglia potrà essere eseguita quando questa, una volta asciutta, formerà una crosta squamosa ed incoerente tale da distaccarsi dal supporto poiché non più aderente alla superficie. I frammenti di pasta cadranno da soli o potranno essere rimossi con facilità aiutandosi con pennello o spatola. Il supporto dovrà essere lavato con acqua demineralizzata, nebulizzata a bassa pressione in modo da riuscire ad asportare tutto il materiale assorbente aiutandosi, se necessario, anche con spazzole e pennelli di setola di nylon morbidi. Sia l'attapulгите che la sepiolite saranno in grado di assorbire una grande quantità di liquidi in rapporto al loro peso (un kg di attapulгите è in grado di assorbire 1,5 kg d'acqua senza rigonfiare); l'attapulгите riuscirà ad assorbire, oltre l'acqua, anche gli oli. Le argille assorbenti, rispetto alla polpa di cellulosa, presenteranno l'inconveniente di sottrarre troppo rapidamente l'acqua dalle superfici trattate. In presenza di pietre molto porose potrà essere indicato ricorrere alla polpa di cellulosa (più facile da rimuovere rispetto alle argille).

Approccio alla Pulitura mediante solventi

La scelta del solvente adatto alla rimozione di una certa sostanza richiederebbe, di norma, l'esatta conoscenza della natura chimica del materiale da disciogliere; nel caso in cui si disponga di tale conoscenza preliminare all'intervento, sarà sufficiente utilizzare il Triangolo delle Solubilità dei

solventi così da arrivare immediatamente ad una possibile, quanto idonea, soluzione. Nel caso in cui l'operatore che si accingerà ad eseguire la pulitura non abbia la piena conoscenza della natura del materiale da rimuovere, sarà necessario eseguire delle prove campione su la superficie da rimuovere. I suddetti test, eseguiti dietro specifica autorizzazione della D.L., dovranno verificare, con delle miscele solventi standard a parametri di solubilità noti (potrà, per semplicità, essere considerato solo uno dei tre parametri ad es. la f_d ovvero la forza di dispersione), il valore necessario per solubilizzare il materiale ovvero la vernice in oggetto: in accordo col valore trovato, verrà scelto il solvente adeguato per la pulitura. In pratica si dovranno eseguire delle modeste tassellature di prova partendo sempre dalla miscela (ovvero dal solvente) con valore più basso per poi passare alla successiva fino a quando se ne troverà una che solubilizzerà il soluto in questione. Stabilito, in questo modo il parametro spia si potrà compiere la scelta del solvente (o più spesso della miscela di solventi ad es. 1 parte di white spirit e 3 parti di trielina per asportare depositi grassi di oli e cere) avente il valore ricercato. La selezione, pertanto sarà indirizzata dalla tabella dei parametri di solubilità nelle immediate vicinanze del valore del parametro scelto determinato dalla prova-campione. In linea generale, la scelta dovrà ricadere su un solvente il meno tossico possibile, nel caso tale solvente non dovesse esistere, il valore spia dovrà essere riprodotto mediante miscela di solventi (per semplicità operativa converrà operare verso miscele binarie).

La scelta dei solventi, sia quando sarà nota la natura del soluto, sia quando si dovrà ricavare mediante prove campione, rappresenta di norma un compromesso tra esigenze diverse quali il potere solvente, la stabilità, la non corrosività, la tossicità e l'infiammabilità. Considerando i parametri di solubilità (ovvero f_s forze di dispersione tipo apolari, f_p forze di tipo polari e f_h forze di legame a Idrogeno) dei solventi organici sarà, pertanto, consigliabile sostituire un solvente organico con un altro solvente o una miscela di solventi la cui terna di parametri di solubilità sia analoga a quella del solvente da sostituire, specialmente se questo ultimo si rileva molto tossico. L'utilizzo di solventi gelificanti nelle operazioni di pulitura di superfici policrome sarà da preferire dal momento che consentirà di ottenere un'azione più controllata e selettiva sullo strato da rimuovere, oltre ad una minore volatilità dei solventi stessi, e maggiore sicurezza per l'operatore.

Specifiche sui materiali: per utilizzare, manipolare e/o conservare i suddetti prodotti si dovrà, obbligatoriamente, fare e riferimento a quanto indicato sulle relative etichette e schede di sicurezza. I prodotti dovranno, inoltre, essere ad esclusivo uso di personale professionalmente qualificato. In ogni caso dovranno sempre essere utilizzati i dpi (dispositivi di sicurezza individuali) adeguati a protezione della pelle, degli occhi, del viso e delle vie respiratorie.

Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di sostanze chimiche

In presenza di sostanze patogene particolarmente persistenti (croste poco solubili) gli impacchi potranno essere additivati con dosi limitate di sostanze chimiche, in questo caso l'operazione dovrà essere portata a compimento da personale esperto che prima di estendere il procedimento a tutte le zone che necessiteranno dell'intervento, eseguirà delle limitate tassellature di prova utili a definire, con esattezza, i tempi di applicazione e valutare i relativi effetti. Le sostanze chimiche, a base di solvente o di sospensioni ad azione solvente, con le quali si potranno additivare gli impacchi dovranno avere una limitata tossicità, bassa infiammabilità, adeguata velocità di evaporazione e una composizione pura. Un solvente troppo volatile non riuscirà a soluzionare in tempo il deposito così come un solvente con alto punto d'evaporazione ristagnerà sulla superficie. Si potrà ricorrere a prodotti basici o a sostanze detergenti quali saponi liquidi neutri non schiumosi diluiti nell'acqua di lavaggio. Le sostanze a reazione alcalina più o meno forte (come l'ammoniaca, i bicarbonati di sodio e di ammonio) saranno utilizzate soprattutto per saponificare ed eliminare le sostanze grasse delle croste a legante organico e, in soluzione concentrata, saranno in grado di attaccare incrostazioni scure spesse e scarsamente idrosolubili. I detergenti saranno in grado di diminuire la tensione superficiale dell'acqua incrementandone, in questo modo, l'azione pulente; l'utilizzo dei detergenti consentirà di stemperare le sostanze organiche (oli e grassi), di tenere in sospensione le particelle di depositi inorganici non solubilizzati o disgregati, di compiere un'azione battericida presentando il vantaggio di poter essere asportati insieme allo sporco senza lasciare alcun residuo.

Per asportare croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) uno dei formulati che, se non diversamente indicato dalla D.L., potrà essere utilizzato si comporrà di:

1000 cc di acqua deionizzata

50 g di carbossimetilcellulosa (serve per dare consistenza tissotropica all'impasto)

30 g di bicarbonato di sodio (NaHCO_3)

50-100 g di EDTA (sale bisodico).

Il tempo di contatto potrà variare secondo i casi specifici nel caso in cui la D.L. riterrà opportuno prolungarlo nel tempo (sulla base di prove preventive su tasselli di materiale campione), si dovrà provvedere alla copertura dell'area interessata con fogli di polietilene in modo da impedire l'evaporazione dell'acqua presente nel composto. Una volta rimosso il composto, si dovrà procedere alla pulitura con acqua deionizzata aiutata, se si riterrà necessario, con una leggera spazzolatura. L'EDTA bisodico è particolarmente efficace nella rimozione di patine di gesso, generate da solfatazioni e carbonato di calcio legati alla presenza di scialbi o ricarbonatazioni superficiali, L'EDTA tetrasodico risulterà invece efficace nella rimozione di patine composte da ossalato di calcio.

In alternativa si potrà utilizzare un impacco leggermente diverso denominato AB 57 composto nel seguente modo:

1000 cc di acqua deionizzata

60 g di carbossimetilcellulosa

50 g di bicarbonato di sodio (NaHCO_3)

30 g di bicarbonato di ammonio (NH_4HCO_3)

25 g di EDTA (sale bisodico)

10 g di Nedesogen (sale di ammonio quaternario) al 10%

Rispettando la composizione si avrà una soluzione il cui pH sarà di circa 7,5 (sarà, in ogni caso, sufficiente che il pH non superi il valore di 8 al fine di evitare pericolosi fenomeni di corrosione dei calcarei e l'eventuale formazione di sotto prodotti dannosi); la quantità di EDTA potrà variare fino ad un massimo di 100-125 g alla miscelazione potranno essere aggiunte ammoniaca o tritanolamina (liquido limpido, viscoso, molto igroscopico) allo scopo di migliorare la dissoluzione di componenti "grassi" presenti nella crosta. Anche in questo caso ad operazione avvenuta si renderà indispensabile un lavaggio con acqua deionizzata accompagnato, se si riterrà necessario, da una blanda azione meccanica di spazzolatura.

Per la rimozione di ruggine dalle superfici lapidee il reagente utilizzato sarà diverso a seconda se si riterrà di operare la pulitura su rocce calcaree o su rocce silicee; le macchie di ferro, su queste ultime, si potranno rimuovere mediante acido fosforico e fosfati, fluoruri o citrati mentre, sulle rocce calcaree, si potrà ricorrere a una soluzione satura di fosfato di ammonio (con pH portato a 6 per aggiunta di acido fosforico) facendo attenzione a limitare al minimo il tempo di contatto. È buona norma, prima di applicare gli impacchi sgrassare la superficie da pulire e, al fine di limitare la diffusione del ferro all'interno del materiale, applicare i primi impacchi su di un'area doppiamente estesa rispetto a quella dell'intervento e, quelli successivi, limitandosi alla parte interessata dalla patologia.

Avvertenze: questo tipo di pulitura comporterà inevitabilmente un blando effetto di corrosione delle superfici calcaree soprattutto in avanzato stato di degrado, ciò è dovuto principalmente alla presenza di agenti complessati del calcio all'interno del formulato AB57. La pulitura con impacco chimico aumenterà, inoltre leggermente l'assorbimento capillare di acqua in relazione all'effetto di corrosione corticale esaminato in precedenza. In alcuni casi, inoltre, la pulitura chimica potrà presentare una leggera sbiancatura delle superfici trattate.

Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Carbonato e Bicarbonato d'Ammonio

Il Carbonato e il Bicarbonato di Ammonio (veicolati nella maggior parte dei casi con impacchi di polpa di cellulosa) sono sali solubili in acqua, ai quali si potrà ricorrere in percentuali che varieranno da 5% a 100%, secondo i casi; potranno essere utilizzati sia da soli che in composti e, non di rado, a questa tipologia di impacchi si potranno aggiungere resine a scambio ionico con

effetto solfante applicate in seguito a miscelazione con acqua demineralizzata in rapporto variabile, in base alla consistenza finale che si vorrà ottenere per effettuare il trattamento (i tempi di applicazione sono, anche in questo caso, da relazionarsi ad opportuni test preventivi).

Il Carbonato e il Bicarbonato di Ammonio decompongono spontaneamente originando prodotti volatili (di norma questi sali risulteranno attivi per un lasso di tempo di circa 4-5 ore), la liberazione di ammoniaca conferirà al trattamento proprietà detergenti, mentre l'alcalinità (maggiore per il Carbonato che per il Bicarbonato) consentirà una graduale gelificazione di materiale di accumulo e vecchie patine proteiche e lipidiche, consentendone la rimozione dalla superficie. Questi sali eserciteranno, inoltre, un'azione desolfatante, riuscendo a trasformare il gesso, eventualmente presente sul supporto, in Solfato di Ammonio più solubile e facilmente asportabile con lavaggio acquoso. Se il materiale da asportare presenterà un'elevata percentuale di gesso, la concentrazione in acqua del carbonato o bicarbonato dovrà essere di tipo saturo (circa il 15-20% di sale in acqua deionizzata) mentre, per gli altri casi, basterà raggiungere il pH necessario (9 per il carbonato, 8 per il bicarbonato) con soluzioni meno sature (5-7% in acqua deionizzata). L'uso del Bicarbonato d'Ammonio (o di sodio) sarà sconsigliato nel caso di interventi su materiali particolarmente degradati, specie per i marmi (nei quali si può avere una facile corrosione intergranulare e decoesione dei grani di calcite superficiale) e i calcari sensibilmente porosi dove potrà incontrare difficoltà nel rimuovere i residui dell'impacco o per rimuovere patine e croste su superfici policrome dipinte a secco. In presenza di efflorescenze visibili sarà utile un'anticipata rimozione meccanica delle stesse, allo scopo di evitare la loro solubilizzazione e conseguente compenetrazione in seguito alla messa in opera dell'impacco.

Esempi di impasti: un impasto base per la rimozione di patine tenaci, fissativi o pitturazioni eseguite con colori più o meno resistenti sarà composto da: pasta di carta a fibra media-grossa (granulometria 200-600 m, metà della quantità di polpa di carta potrà essere sostituita con Sepiolite), carbonato di ammonio al 20-25% (soluzione satura e acqua deionizzata o demineralizzata in rapporto 1:2), in alternativa si potrà utilizzare carbonato di ammonio in opportuna diluizione. La validità dell'impacco dovrà, in ogni caso, essere testata preventivamente su tasselli-campione, indicativamente il tempo di contatto potrà variare tra i 10 e i 45 minuti. La concentrazione della sostanza attiva non dovrà essere molto alta così da garantire all'impacco un'azione prolungata nel tempo e in profondità. Per pitturazioni eseguite con colori poco resistenti o delicati potrà essere utilizzata polpa di cellulosa con fibre corte (0-40 m) o carbossimetilcellulosa (così da formare un impasto semitrasparente morbido e pennellabile) abbassando i tempi di applicazione (che potranno oscillare dai 5 ai 20 minuti) così da evitare che l'impacco agisca troppo in profondità ed eserciti solo azione pulente in superficie. In presenza di pigmenti deboli potrà essere necessario sostituire il carbonato con il bicarbonato di ammonio con l'eventuale riduzione delle concentrazioni e dei tempi di contatto (potranno essere sufficienti anche solo pochi minuti).

Orientativamente impacchi realizzati con pasta di cellulosa a macinazione medio-grossa (200-1000 m) verranno impiegati con tempi di contatto relativamente lunghi (10-60 minuti) e con sostanza attiva (carbonato o bicarbonato di ammonio) in basse concentrazioni così da dar modo all'impacco di agire più a lungo e più in profondità. Impacchi invece realizzati con grana fine o finissima (00-200 m) verranno impiegati con tempi di contatto più rapidi (5-20 minuti) e con sostanza attiva in bassa diluizione oppure in soluzione satura, così da evitare all'impacco di agire troppo in profondità garantendo una pulitura più delicata.

Specifiche sui materiali: si rimanda al capo III del presente capitolato

Avvertenze: l'applicazione degli impacchi chimici dovrà essere fatta dal basso verso l'alto in modo da ovviare pericolosi ed incontrollabili fenomeni di ruscamento e al fine di ogni applicazione si procederà all'asportazione di ogni traccia di sostanza chimica ricorrendo sia ad un accurato risciacquo manuale con acqua demineralizzata sia, se indicato dalla scheda tecnica del prodotto, all'ausilio di apposite sostanze neutralizzatrici. I vantaggi degli impacchi, indipendentemente dalla tipologia, risiedono nella loro non dannosità, nel basso costo (le argille sono riutilizzabili previo lavaggio in acqua) e nella facilità di messa in opera, non solo ma se si userà una miscela di polpa di carta più argille assorbenti (in rapporto 1:1) si potranno sfruttare le caratteristiche migliori di

entrambe (l'impacco che ne deriverà dovrà presentarsi morbido e malleabile tale da permettere l'applicazione sulle zone interessate senza cadute di materiale o percolazione di liquido in eccesso sulle zone limitrofe), per contro gli svantaggi sono la lentezza dell'operazione e la loro relativa non controllabilità.

Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Resine a scambio ionico

Il pulitore a scambio cationico (descialbante) funziona come agente di pulitura nei confronti di scialbature e incrostazioni calcaree "sequestrando" ioni Calcio al supporto cui viene applicato in modo lento e delicato, garantendo, pertanto, un buon controllo del grado di pulitura. Il pulitore risulterà facilmente disperdibile in acqua demineralizzata o distillata con la quale, allorché venga miscelato per 1/7-1/8 del suo peso (ovvero con altro rapporto a secondo della consistenza finale descritta negli elaborati di progetto), fornisce un impasto facilmente applicabile a spatola su superfici con qualsiasi orientamento; con quantitativi d'acqua leggermente superiori si otterranno impasti più scorrevoli applicabili a pennello.

Le resine a scambio anionico (desolfatante) risulteranno invece attive nei confronti di gesso e solfati, derivati dall'aggressione da inquinamento atmosferico, su materiali lapidei di origine sia naturale sia artificiale quali: marmi, pietre, malte, intonaci, affreschi o pitture murali. Al fine di ottenere un impasto facilmente applicabile a spatola su superfici di qualsiasi orientamento sarà necessario disperdere, orientativamente, 1 parte in peso di resina in 1 parte in peso di acqua deionizzata o distillata. Quantitativi maggiori di acqua (1,2-1,5 parti in peso), consentiranno applicazioni a pennello o con erogatori a spruzzo. In particolari situazioni applicative e sempre dietro specifica indicazione della D.L. potranno essere ammesse anche soluzioni di carbonato di ammonio sino al 10% p/p, sempre preparate con acqua deionizzata o distillata; tali impasti dovranno essere messi in opera subito dopo la loro preparazione. Se si utilizzeranno impasti con soluzioni di carbonato di ammonio, sarà necessario accertare ed di conseguenza proteggere l'eventuale presenza di parti infisse o di pigmenti a base di rame.

In entrambi i casi al fine di migliorare il trattamento, sarà, consigliabile operare, sulla superficie da trattare, un preventivo trattamento di umidificazione con acqua demineralizzata ovvero distillata, fermo restando che le superfici da trattare dovranno essere liberate da eventuali depositi di polvere o detriti di qualsiasi genere. L'azione del prodotto si esplica sino a che l'impasto rimarrà sufficientemente bagnato, per cui, se necessario, dovrà essere cura dell'appaltatore proteggere gli impacchi dagli essiccamenti troppo rapidi con fogli di polietilene od altri film plastici. Dovranno, in ogni caso essere evitate temperature inferiori ai 10°C e superiori ai 30°C. Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto dovranno essere utilizzati impasti miscelati entro la stessa giornata lavorativa.

Sia le quantità di acqua, ottimali per la consistenza voluta dell'impasto, che la durata ed il numero delle applicazioni dovranno, necessariamente, essere ricercati di volta in volta, a seconda dei problemi di pulitura da affrontare, effettuando prove preliminari di trattamento su zone ridotte e tipologicamente significative delle superfici. I suddetti campioni dovranno essere eseguiti dall'appaltatore sotto stretto controllo della D.L.

Trascorso il tempo di trattamento ritenuto utile, l'impasto, o meglio il suo residuo dall'evaporazione, potrà essere rimosso per azione meccanica blanda, ad esempio con spazzolatura, combinata o meno ad una aspirazione. Nel caso in cui l'impacco fosse stato preservato con una pellicola, questa dovrà essere staccata per prima e la rimozione dei residui iniziata dopo un opportuno tempo di asciugamento. La pulitura della superficie potrà essere completata, se prescritto dalla D.L., mediante una spugnatura con acqua deionizzata. Se necessario, il trattamento potrà essere ripetuto, in linea di principio indefinitamente, sino all'ottenimento del risultato più soddisfacente.

Avvertenze: le resine a scambio ionico tipo cationico hanno caratteristiche acide, pertanto dovranno essere evitati con cura il contatto con la pelle, con le mucose, con gli occhi ed assolutamente non andrà ingerito tale prodotto. L'impasto, quando diventa secco e polverulento, diventa ancor più pericoloso poiché potrebbe essere facilmente inalato ed entrare negli occhi.

Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Enzimi

La pulitura con l'utilizzo di enzimi rappresenta la migliore alternativa all'utilizzo di acidi e basi per l'asportazione idrolitica di sostanze filmogene invecchiate quali ridipinture o patinature proteiche, grasse o polisaccaridiche su superfici policrome. Il loro utilizzo rappresenta una scelta di sicurezza sia per l'operatore (poiché adopererà sostanze prive di esalazioni tossiche o irritanti) sia per l'opera (gli acidi e le basi si rilevano sovente non sufficientemente selettivi nei confronti dello specifico substrato da asportare). Una delle caratteristiche principali degli enzimi risiede appunto nell'elevata specificità per il substrato (fondamentale nel restauro di superfici policrome) ovvero un enzima che agisce, in un data reazione, su un determinato fondo, non sarà in grado di catalizzare nessuna altra reazione chimica vale a dire non potrà modificare una sostanza diversa dal substrato, di conseguenza, l'operazione di pulitura, non potrà intaccare le parti del dipinto non interessate dalla pulitura. La seconda caratteristica esclusiva degli enzimi, è l'alta attività catalitica, ossia limitate molecole enzimatiche sono in grado di operare su quantità di substrato molto maggiori di quelle trasformabili da qualunque altra sostanza, senza perdere l'efficacia.

La procedura operativa prevedrà la messa in opera a tampone o a pennello e previo riscaldamento in bagno d'acqua a 30-40°C di un principio enzimatico (Lipasi, Proteasi o Amilasi scelto in base alla sostanza da rimuovere) supportato da un gel acquoso a pH noto e costante (ad es. idrossi metilpropil cellulosa). Trascorsi alcuni minuti si procederà alla rimozione a secco, la superficie dovrà essere lavata con una prima soluzione acquosa di tensioattivo (ad es. bile bovina al 0,2%, e un tensioattivo non ionico al 1-2% o saliva artificiale allo 0,25%), a questo primo lavaggio ne dovrà seguire un secondo con tampone acquoso e, passate 4-5 ore dal trattamento un terzo lavaggio finale con idrocarburi leggeri (ad es. essenza di petrolio dearomatizzato o white spirit).

Pulitura mediante apparecchi aeroabrasivi (sistema Jos e Rotec)

La pulitura mediante apparecchi aeroabrasivi potrà essere impiegata al fine di rimuovere dalle superfici lapidee particellato atmosferico, incrostazioni calcaree, croste nere, graffiti, alghe, muschi e licheni. Un metodo di pulitura aeroabrasiva è il sistema Jos che, sfruttando una spirale di tipo elicoidale a bassissima pressione (0,1-1 bar) consentirà di operare interventi di pulitura, sia a secco (utilizzando aria e inerti di varia granulometria) che ad umido (impiegando aria, inerti e bassi quantitativi di acqua che variano da 5-60 l/h in base al tipo di ugello utilizzato e allo sporco da rimuovere). Questo sistema potrà essere utilizzato per la pulitura di ogni tipo di pietra naturale, granito, arenarie, marmo e travertino. La scelta degli inerti verrà fatta in base al tipo ed alla consistenza della sostanza patogena da asportare in ogni caso si tratterà sempre di sostanze neutre non tossiche con granulometria di pochi micron (da 5 a 300 micron) e con durezza che potrà variare da 1-4 Mohs utilizzati, talvolta, con spigoli arrotondati, così che si potranno ovviare fenomeni di microfratture, forti abrasioni o modificazioni delle alterazioni del materiale lapideo. Tra gli inerti più adatti al caso troveremo: il carbonato di calcio, bianco di Spagna, gusci di noce, noccioli, polvere di vetro, granturco macinato, pula di riso. Si procederà con la proiezione a vortice elicoidale degli inerti che colpiranno la superficie seguendo più angoli d'incidenza secondo direzioni subtangenziali. La distanza che dovrà intercorrere tra l'elemento di immissione (ugello) e il materiale varierà normalmente tra i 35 cm e i 45 cm. Il sistema Jos eviterà l'insorgenza di un'azione abrasiva sul materiale, poiché la pressione dell'aria compressa diminuirà approssimativamente in proporzione al quadrato della distanza dall'ugello, mentre la rotazione rimarrà inalterata.

Per superfici molto porose, o molto deteriorate, sarà indicato il sistema Jos a secco applicato ad una distanza dal supporto di circa 40-45 cm con una pressione di impatto non superiore agli 1,5 bar; se dovranno essere pulite superfici di marmo, granito e travertino si utilizzerà carbonato di calcio come inerte (in grani da 300 mm di diametro emessi da una distanza di circa 30-40 cm con pressione dell'impianto pari a 2 bar in modo che, l'impatto sulla pietra, sia pari a 0,4-0,5 bar).

Il sistema Jos a umido sarà impiegato per la pulitura di superfici non eccessivamente porose, così da evitare l'insorgenza di fenomeni di degrado legati all'infiltrazione in profondità d'acqua. Si utilizzerà acqua lievemente dura per la pulitura di calcarei teneri, acqua dolce sarà utilizzata per la

pulitura di pietre silicee mentre, per rocce silicatiche e graniti, s'impiegherà acqua deionizzata. In ogni caso il consumo di acqua sarà in relazione al tipo e alle dimensioni dell'ugello utilizzato (per ogni 2 m² di superficie pulita: ugello piccolo 1 l, ugello standard 6 l); occorrerà sempre procedere con estrema cautela e previa analisi delle caratteristiche intrinseche della pietra da trattare in modo da evitare interventi troppo aggressivi che potrebbero implicare sia l'erosione del materiale sia, un'eccessiva, quanto dannosa, impregnazione di acqua.

In alternativa al sistema Jos si potrà ricorrere al sistema Rotec caratterizzato da un mini vortice rotante. Particolarmente adatto per puliture di manufatti delicati (sculture, rilievi, ceramiche ecc.) potrà essere utilizzato a secco, a nebulizzazione (l'ugello erogherà 0,5 l/h di acqua) o a umido (l'ugello erogherà da 1 a 3 l/h di acqua). L'inerte e l'ugello sono, anche in questo caso come per il sistema Jos, regolabili (la pressione d'impatto sul materiale non supera i 0,2-0,4 bar).

Pulitura mediante microsabbatura di precisione

La microsabbatura di precisione prevedrà la rimozione di depositi spessi coerenti ed aderenti alla superficie ricorrendo a polveri abrasive sospese in un getto d'aria compressa diretto sulla superficie per mezzo di una lancia metallica. Sarà opportuno evitare l'utilizzo di macchinari che non consentiranno una bassa pressione d'esercizio (pressione del getto variabile a seconda dei casi da 0,3 a 6 bar), in special modo su superfici particolarmente degradate. I materiali lapidei sui quali si potrà applicare questo sistema di pulitura dovranno, infatti, presentare uno stato conservativo relativamente buono, dovranno essere sufficientemente compatti, così da poter resistere all'azione abrasiva. La microsabbatura potrà essere applicata su materiali di natura carbonatica e silicatica e, con le dovute precauzioni, in tutte quelle circostanze per le quali non sarà consentito ricorrere a tecniche che comportino l'impiego di acqua (ad esempio in presenza di murature particolarmente umide), per quanto concerne le pietre calcaree tenere sarà opportuno procedere con estrema cautela poiché l'intervento potrebbe alterare la natura del materiale, mentre si sconsiglierebbe la sabbatura su pietre molto porose visto che, l'inerte impiegato, potrebbe ristagnare all'interno del materiale.

Al fine di garantire la riuscita dell'intervento, sarà opportuno effettuare analisi e prove su materiale campione in modo da calibrare bene i termini dell'operazione così da poter ovviare irreversibili inconvenienti come l'insorgenza di scalfitture, abrasioni sulla superficie o distacchi localizzati di materiale. Le prove sul campione di materiale dovranno consentire di bilanciare tutti i fattori che incideranno sull'operazione come: la tipologia e la quantità del materiale abrasivo da impiegare, la pressione del getto, il tipo di ugello, la distanza che dovrà intercorrere tra ugello e superficie, rapporto aria-abrasivo ed i tempi di applicazione. La microsabbatura dovrà evitare il coinvolgimento delle parti di materiale sane presenti sotto le incrostazioni. L'inerte scelto dovrà essere una polvere chimicamente neutra (polveri vegetali o abrasivi minerali) di dimensioni ridotte e preferibilmente di forma arrotondata come ad esempio: frammenti minutissimi di noccioli di frutta (albicocca), sabbie di fiume setacciate, ossidi di alluminio, polveri finissime di silicati naturali ecc. La granulometria potrà variare tra i valori minimi di 10-25 µm e i valori massimi di 40-60 µm in relazione alla natura stessa della polvere abrasiva, alla consistenza del materiale e al tipo di sporco da asportare. Al fine di riuscire a non danneggiare la superficie durante le operazioni di sabbatura sarà opportuno variare la granulometria e tipologia dell'inerte (dimensione, forma e peso specifico) per fasi successive, soprattutto dopo l'asportazione dei depositi più consistenti prima di procedere alla finitura della superficie. La pressione del getto non dovrà mai superare i 3-4 bar considerato che con tale forza di impatto sarà possibile asportare depositi di spessore variabile tra 1-2 mm. L'operazione di microsabbatura dovrà comunque arrestarsi se durante l'intervento si riscontreranno: parti localizzate di materiali dove i depositi risulteranno particolarmente coesi tra loro, residui di trattamenti antichi e pellicole di ossalato. In ognuno di questi casi la pulitura si limiterà ad alleggerire i depositi e non ad asportarli, visto che una prolungata insistenza potrebbe provocare il distacco del materiale. L'erogazione del getto dovrà avvenire in modo tale che l'operatore sia in grado, per tutta la durata dell'intervento, di orientare l'ugello (di dimensione compresa tra 0,2 e 1,8 mm) manualmente circoscrivendo così l'operazione alle sole aree interessate; l'operatore dovrà, inoltre, accertarsi che l'erogazione del flusso sia sempre costante e che l'ugello

non si sia usurato. Se la microsabbatura sarà eseguita in presenza di elevati tenori di umidità ambientale occorrerà tenere sotto stretto controllo l'apparecchiatura visto che i granuli di abrasivo potrebbero compattarsi ostruendo, in questo modo, l'ugello; per ovviare tale inconveniente potrebbe risultare utile dotare l'apparecchiatura di un apposito deumidificatore.

Avvertenze: questo tipo di pulitura comporta variazioni morfologiche superficiali in funzione della destrezza dell'operatore, alla scelta della polvere abrasiva in rapporto alla pressione di uscita ed alle condizioni conservative del manufatto. La superficie pulita con microsabbatura si presenterà maggiormente assorbente e "sbiancata".

Pulitura a secco con spugne wishab

Questo tipo di pulitura, potrà essere eseguita su superfici perfettamente asciutte e non friabili, sarà utilizzata per asportare depositi superficiali relativamente coerenti ed aderenti alla superficie d'apparecchi in pietra, soffitti lignei, affreschi, pitture murali, carte da parati ecc. mediante l'utilizzo di particolari spugne costituite da due parti: una massa di consistenza più o meno morbida e spugnosa (secondo del tipo prescelto), di colore giallo, supportata da una base rigida di colore blu. L'utilizzo di queste spugne consentirà di asportare, oltre ai normali depositi di polvere, il nero di fumo causato da candele d'altari e da incensi mentre non saranno particolarmente adatte per rimuovere un tipo di sporco persistente (ad es. croste nere) e sostanze penetrate troppo in profondità. La massa spugnosa è esente da ogni tipo di sostanza dannosa, presenta un pH neutro e contiene saktis (sorta di linosina), lattice sintetico, olio minerale, prodotti chimici vulcanizzati e gelificanti legati chimicamente. L'intervento di pulitura risulterà estremamente semplice: esercitando una leggera pressione (tale da produrre granuli di impurità) si strofinerà la superficie da trattare (con passate omogenee a pressione costante) con la spugna seguendo sempre la stessa direzione dall'alto verso il basso, partendo dalle aree più chiare passando, successivamente, a quelle più scure; in questo modo lo sporco e la polvere si legheranno alle particelle di spugna che si sbriciolerà con il procedere dell'operazione senza lasciare rigature, aloni o sbavature di sporco (grazie alla continua formazione di granuli si avrà anche l'auto pulitura della spugna). In presenza di sporco superficiale particolarmente ostinato l'intervento potrà essere ripetuto; a pulitura ultimata si procederà con la spazzolatura, mediante scopinetti in saggina o pennelli e spazzole di nylon a setola morbida, in modo da eliminare i residui del materiale spugnoso.

Avvertenze: in caso di pulitura di superfici dipinte, al fine di evitare l'asportazione del pigmento polveroso e disgregato oppure di quelli più deboli (azzurri, verdi, tinte scure) sarà consigliabile operare, prima della procedura di pulitura, un sistematico intervento di preconsolidamento.

Pulitura Laser

L'apparecchiatura selettiva Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) ad alta precisione è utile per asportare depositi carbogessosi da marmi e da materiali di colore chiaro, oltre che depositi e patine superficiali da legno, bronzo, terrecotte ed intonaci. Nel meccanismo di rimozione, da parte del laser, delle sostanze estranee dalle superfici intervengono più meccanismi in funzione d'altrettante condizioni operative scelte. In buona sostanza si tratta di automatismi che prevedono un assorbimento selettivo dell'energia dell'impulso laser da parte dei degradi superficiali di colore scuro, con una successiva evaporazione di materia e con la rottura dei legami chimici: questo si tradurrà in una distruzione delle molecole che formano i depositi ed in una conseguente loro rimozione. Il piano interessato viene colpito dal raggio per spessori di pochi micron; il substrato sottostante non viene intaccato in quanto, normalmente, esprime un coefficiente di assorbimento più basso (la superficie chiara, riportata alla luce riflette il raggio laser interrompendo il funzionamento dell'apparecchio e in tal modo non si surriscalda). Il laser offre l'opportunità di rispettare integralmente la patina di materiali grazie alla sua assoluta selettività; può, infatti, asportare anche solo pochi micron. Altro fattore a favore di questa tecnica è l'assoluta mancanza di aditivi chimici, che potrebbero, in qualche modo, aggredire la pietra, e la possibilità di intervenire (senza effettuare preconsolidamento) anche su elementi particolarmente decoesi o preventivamente trattati con resine sintetiche, o altre sostanze consolidanti e protettive.

I parametri che dovranno, necessariamente, essere calibrati (dall'operatore in accordo con la D.L.) prima dell'inizio della procedura di pulitura sono:

- lunghezza d'onda;
- regolazione dell'emissione di energia in rapporto alla lunghezza d'onda scelta;
- modulazione della frequenza di emissione dell'impulso graduabile in termini di colpi al secondo;
- focalizzazione del raggio sulla superficie del manufatto da pulire.

Una volta calibrati i parametri dell'apparecchiatura laser, la maggior o minor focalizzazione sul supporto, permetterà l'aumento o la diminuzione della densità di energia sulla superficie e di conseguenza sarà regolato l'effetto ablativo. Il sistema di regolazione permetterà, pertanto il controllo della pulitura laser e la calibrazione della forza del metodo in funzione dei depositi da eliminare e dello stato di conservazione della superficie che dovrà essere pulita. La scelta di una durata molto breve dell'impulso (inferiore a 8 ns) permetterà di evitare le "bruciature" superficiali e limiterà notevolmente l'ingiallimento delle superficie, questo ultimo fenomeno potrà essere, in ogni caso risolto mediante blando lavaggio con spugna o tampone imbevuto di acqua distillata.

In funzione dei risultati preliminari forniti dai test-campione di pulitura, l'operatore, in accordo con la D.L. sceglierà il livello di densità di energia ottimale con il quale si condurrà in quella specifica area l'operazione di pulitura. In questo modo sarà possibile operare progressivamente e controllare precisamente la rimozione dei depositi fino alla superficie del manufatto.

In fase operativa, dovranno essere attentamente verificati, i tempi di esposizione, la lunghezza d'onda e l'energia di impulso del laser utilizzato; risulta pertanto importante effettuare un'appropriata selezione delle condizioni di lavoro in riferimento al substrato, al tipo di materiale lapideo ed al tipo di deposito coinvolti nei singoli casi di pulitura. Dovranno, quindi, essere eseguite analisi conoscitive preliminari oltre che del supporto anche del deposito, oltre ad una serie di saggi di pulitura identificando eventuali porzioni pigmentate.

Nell'usare questa tecnica è consigliabile bagnare preventivamente la superficie oggetto di intervento sia per esaltare le parti scure e di conseguenza amplificare l'assorbimento della radiazione facilitando l'asportazione dello sporco, sia per attenuare la grande quantità di residui carboniosi e fumi (dannosi per l'operatore) che si producono in una operazione di questo tipo.

Dispositivi di sicurezza: i sistemi minimi di sicurezza per operare con strumenti laser saranno:

- la zona di lavoro del laser dovrà essere segnalata da apposito segno grafico;
- l'operatore e le persone eventualmente presenti all'interno dell'area di lavoro laser dovranno indossare occhiali speciali di protezione muniti di lenti ad alta densità ottica, capaci di schermare la radiazione infrarossa di 1064 nm di lunghezza d'onda;
- al di fuori dei periodi di utilizzo lo strumento laser dovrà essere tenuto spento e l'accesso alle apparecchiature dovrà essere controllato.

Macroflora

Appartengono alla macroflora tutti quegli organismi microscopicamente visibili (alghe, muschi, licheni, vegetazione superiore ecc.) il cui sviluppo, sulle superfici lapidee, è favorito dalla presenza di dissesti dell'apparecchio come lesioni, cavità, interstizi ecc. all'interno dei quali si può accumulare dell'humus (formato da depositi composti da particolato atmosferico e da organismi morti); sul quale, i depositi di spore trasportate dal vento agevolano la riproduzione di alghe muschi e licheni; le alghe provocano sulla superficie un'azione meccanica corrosiva agevolando l'impianto d'ulteriori micro e macrorganismi; i licheni creano fenomeni di copertura, fratturazione, decoesione e corrosione; i muschi coprono la superficie e, penetrati in profondità, svolgono un'azione meccanica di disaggregazione. La presenza d'alghe, muschi e licheni, implica la presenza di un elevato tasso d'umidità e ne incrementa ulteriormente la persistenza agevolando l'accumulo e il ristagno delle acque. Per quanto concerne la vegetazione superiore l'azione distruttiva operata dalle radici radicatesi all'interno delle discontinuità può comportare dei danni meccanici che portano, in molti casi, alla caduta del materiale.

Generalità

Prima di procedere con le operazioni diserbanti, in special modo quelli indirizzati alle piante infestanti, è opportuno:

- identificare il tipo di vegetazione (erbacea o arbustiva) e la specie di pianta così da poter capire quanto profonde e resistenti potranno essere le loro radici,
- prevedere i danni che le operazioni meccaniche di asportazione delle radici e dei semi penetrati in profondità potrebbero recare alla struttura muraria,
- definire la reale possibilità d'intervento sulle diverse specie presenti e soprattutto accertare se esistono le circostanze per cui poter operare su tutta la superficie invasa.

Nel caso si decida di ricorrere all'utilizzo di biocidi, la scelta dovrà essere fatta in riferimento al compito specifico che dovranno assolvere, in base a questo si distingueranno:

- prodotti indicati ad estirpare piante a foglia larga da quelli per piante a foglia stretta,
- prodotti da assorbimento fogliare da quelli ad assorbimento radicale,
- prodotti circoscritti contro la vegetazione erbacea da quelli arbusticidi,
- prodotti come erbicidi “di contatto” (agiscono sugli apparati vegetativi delle specie già sviluppate) dagli erbicidi “residuali” (penetrano anche nel terreno garantendo un'azione prolungata nel tempo).

I biocidi impegnati dovranno, inoltre, indipendentemente dal tipo selezionato, presentare le seguenti caratteristiche:

- essere incolore o trasparenti con principi attivi poco solubili in acqua,
- presentare un basso grado di tossicità,
- essere degradabili nel tempo,
- non provocare azione fisica o chimica nei riguardi delle strutture murarie,
- dopo l'applicazione non persistere sulla superficie trattata lasciando residui di inerti stabili per questo si dovranno evitare sostanze oleose o colorate.

Indipendentemente dal tipo di prodotto chimico selezionato l'applicazione potrà avvenire per:

- irrorazione, previa diluizione (normalmente 0,1/1%) del biocidi in acqua e la conseguente applicazione sulla vegetazione. Si può applicare sia su piante erbacee sia su arboree; l'irrorazione avverrà utilizzando annaffiatori dotati di pompe manuali (da evitare pompe a pressione) o più specifici nebulizzatori;
- iniezioni, di soluzioni acquose di biocidi (diluizione 1:10), direttamente nei canali conduttori della pianta; tecnica che si attua previo taglio della pianta all'altezza del colletto radicale, particolarmente adatta per piante lignificate di una certa consistenza. L'iniezione eviterà la dispersione della soluzione al di fuori dell'area del trattamento evitando in questo modo possibili fenomeni d'interferenza con il materiale lapideo;
- impacchi applicati al colletto della radice appena tagliato particolarmente indicati contro le piante lignificate realizzati con argille impregnate di biocida.

L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relativi all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.

Diserbo da piante superiori

Lo scopo della pulitura sarà di asportare, dai materiali lapidei, vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea. L'asportazione dovrà essere preferibilmente eseguita nel periodo invernale e potrà essere fatta sia meccanicamente, mediante il taglio a raso con l'ausilio di mezzi a bassa emissione di vibrazioni (seghe elettriche, seghe manuali, forbici, asce, accette ecc.), sia ricorrendo all'uso di disinfestanti liquidi selezionati seguendo le indicazioni riportate nell'articolo sulle generalità. Le due operazioni potranno coesistere nei casi in cui l'asportazione meccanica non risulterà risolutiva. Si potrà ricorrere all'uso dei biocidi quando l'asportazione diretta delle piante (vive e con radici profonde) risulterà eccessivamente lesiva per il substrato e in situazioni d'abbandono prolungato dove le piante crescono, solitamente, rigogliose.

L'uso dei biocidi non dovrà essere fatto nei periodi di pioggia, di forte vento o eccessivo surriscaldamento delle superfici allo scopo di evitare la dispersione o l'asportazione stessa del prodotto. Tra i biocidi indicati ad estirpare organismi macrovegetali ci sono anche i composti neutri della triazina, a bassa solubilità in acqua, e i derivati dell'urea che presentando una scarsissima mobilità nel terreno, consentiranno di ridurre i pericoli d'inquinamento delle aree limitrofe circoscrivendo l'intervento alle sole zone interessate; la clorotriazina (per assorbimento radicale) risulterà efficace per applicazioni al suolo, su piante a foglia larga e a foglia stretta, la metossitriazina potrà essere utilizzata anche sulle murature.

La verifica dell'efficacia dei biocidi, indispensabile per procedere all'estirpazione della radice, avverrà dopo 30-60 giorni dalla loro applicazione. L'applicazione del prodotto sulla vegetazione potrà essere realizzata seguendo le metodologie (irrorazione, iniezione ed impacco) che la D.L. riterrà più consona al caso specifico. L'operazione terminerà con un accurato lavaggio delle superfici con acqua pulita a pressione moderata, così da garantire l'eliminazione di ogni traccia residua di biocida.

Disinfestazione da alghe muschi e licheni

Alghe, muschi e licheni crescono su substrati argillosi depositatesi sulle pietre e su queste si manifestano tramite delle escrescenze più o meno aderenti e spesse; la loro asportazione potrà essere, sia meccanica (che difficilmente risulterà completamente risolutiva) mediante l'ausilio di spazzole rigide, bisturi, spatole ecc. facendo attenzione a non intaccare la superficie, sia con biocidi. Se i licheni risulteranno molto spessi e tenaci la rimozione meccanica sarà preceduta dall'applicazione sulla superficie di una soluzione di ammoniaca diluita in acqua al 5% al fine di ammorbidire la patologia e facilitarne l'asportazione. L'uso dei biocidi potrà essere in alternativa o in correlazione alla rimozione meccanica utilizzandoli, sia nello specifico della patologia da rimuovere sia a vasto raggio d'azione; l'applicazione potrà essere fatta a spruzzo, a pennello o ad impacco in relazione alle caratteristiche del prodotto prescelto. Un'efficace risoluzione per l'asportazione di alghe, muschi e licheni prevedrà l'utilizzo di biocidi ad azione immediata quali: acqua ossigenata 120 volumi (l'operazione dovrà essere ripetuta a distanza di 24 ore fino alla totale "bruciatura" degli organismi vegetali), formaldeide in soluzione acquosa 0,1-1% ed ossido di etilene (ETO) al 10% in miscela gassosa di aria ed anidride carbonica; trascorso un tempo variabile tra i 5-15 giorni dall'ultimo trattamento biocida si procederà all'asportazione delle patine biologiche e depositi humiferi (i quali si manifesteranno fragili, ingialliti, secchi e/o polverulenti) mediante spazzolatura con spazzole di saggina. Inoltre, nello specifico, possiamo ricorrere a biocidi come alghicidi e lichenicidi; gli alghicidi comprendono prodotti tra i quali derivati del fenolo, sali di ammonio quaternario, composti organo metallici ecc. utilizzati sotto forma di soluzione o dispersioni acquose (in concentrazione tra 1% e il 10%); i lichenicidi comprendono i sali di ammonio quaternario e gli enzimi proteolitici, questi biocidi sono solubili in acqua e applicati in soluzioni acquose debolmente concentrate (1-3%). Dopo l'applicazione del biocida, si dovrà eseguire un ripetuto lavaggio della superficie con acqua pulita e, con l'eventuale utilizzo d'idropulitrice (regolando la pressione in relazione alla consistenza del supporto) così da garantire la rimozione completa del prodotto. L'uso del biocida dovrà implicare tutte le precauzioni illustrate sia nell'articolo sulle generalità sia in quello inerente il diserbo da piante superiori.

Microflora

La microflora è costituita da batteri e funghi; il loro sviluppo è favorito da condizioni al contorno caratterizzate da elevata umidità relativa e/o dalla presenza ristagnante d'acqua all'interno del materiale lapideo condizioni aggravate, in molti casi, anche da una limitata circolazione d'aria. Questi microrganismi possono indurre sulla superficie un degrado di natura meccanica e/o chimica. I funghi possono, infatti, rivelarsi nocivi penetrando, con le appendici filiformi, all'interno delle fessure presenti nel manufatto sollecitandone meccanicamente la struttura, incrementando la decoesione del materiale. La loro presenza sulle superfici lapidee si manifesta tramite macchie, efflorescenze di sali solubili e patine di ossalati, patologie che, inevitabilmente, ne alterano l'aspetto

estetico. È opportuno ricordare che, l'asportazione della microflora non potrà essere considerata definitiva se, preventivamente, non sono state eliminate le cause al contorno che ne favoriscono la crescita.

Generalità

Le sostanze biocide utilizzate per la rimozione della microflora dovranno rispondere a delle specifiche esigenze tra le quali:

- non dovranno risultare tossiche per l'uomo e per gli animali,
- dovranno essere biodegradabili nel tempo,
- non dovranno provocare azione fisica o chimica nei riguardi delle strutture murarie,
- dopo l'applicazione non dovranno persistere sulla superficie trattata lasciando residui di inerti stabili, per questo, si dovranno evitare sostanze oleose o colorate.

L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relativi all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.

Rimozione della microflora

La rimozione della patina biologica potrà essere fatta tramite pulitura manuale (bisturi, spazzole ecc.), meccanica (di microsabbatura) o mediante l'uso di biocidi. L'efficacia dei sistemi d'asportazione manuale potrà risultare limitata poiché non risulteranno sempre in grado di rimuovere completamente la patologia così come la sabbatura potrà risultare lesiva per il substrato del materiale. Le sostanze biocide utilizzate dovranno essere applicate seguendo le indicazioni dettate nello specifico dal prodotto utilizzato e si dovranno relazionare alla natura del materiale lapideo allo scopo di evitare il danneggiamento del substrato e alterarne lo stato conservativo, in molti casi, precario. Le sostanze biocide in relazione al tipo d'organismi che saranno in grado di rimuovere, si distingueranno in battericidi e fungicidi; la loro applicazione potrà essere fatta a pennello, a spruzzo o tramite impacchi. In presenza di materiali molto porosi sarà preferibile applicare il biocida mediante impacchi o a pennello che favoriscono la maggior penetrazione del prodotto e ne prolungano l'azione (per il timolo e la formaldeide si può ricorrere anche alla vaporizzazione, poiché si tratta di sostanze attive sotto forma di vapore); il trattamento a spruzzo (applicato con le dovute precauzioni e protezioni da parte dell'operatore) sarà particolarmente indicato in presenza di materiali fragili e decoesi. Gli interventi saranno ripetuti per un numero di volte sufficiente a debellare la crescita della patologia. Dopo l'applicazione della sostanza biocida si procederà all'asportazione manuale della patina; l'operazione verrà ultimata da una serie di lavaggi ripetuti con acqua deionizzata, in modo da eliminare ogni possibile residuo di sostanza sul materiale. In presenza di patine spesse ed aderenti, prima dell'applicazione del biocida, si eseguirà una parziale rimozione meccanica (mediante l'uso di pennelli dotati di setole rigide) della biomassa.

OPERAZIONE DI PULITURA MATERIALI LIGNEI

Generalità

Prima di eseguire le operazioni di pulitura sulle superfici lignee, sarà opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale. Le operazioni preliminari comprendono le seguenti fasi esecutive:

- identificazione dell'essenza lignea;
- identificazione dei depositi incoerenti da dover rimuovere e campagna di saggi al fine di verificare eventuali tracce di cromie originali;
- eventuale preconsolidamento, se si riscontra la necessità, del materiale prima di iniziare la pulitura;
- applicazione del sistema di pulitura prescelto su campionature di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Tutte le operazioni di pulitura dovranno, essere sempre eseguite rispettando l'andamento delle venature e non in senso ortogonale o trasversale ad esse.

Pulitura meccanica manuale

La procedura sarà impiegata qualora sia richiesto un lavoro accurato e basato sulla sensibilità operativa di maestranze specializzate, oppure per quelle superfici (ad es. tinte a calce o tempere) difficilmente trattabili con tecniche tradizionali (sverniciatura tramite decapante neutro). Prima di iniziare l'operazione di pulitura sarà necessario esaminare la superficie lignea con lo scopo di determinare l'eventuale presenza di olio, grasso o altri contaminanti solubili; in tal caso un ciclo di pulitura con solventi opportuni precederà ed eventualmente seguirà quella manuale. Gli strumenti occorrenti per la pulizia manuale saranno costituiti da spazzole metalliche, raschietti, spatole, scalpelli, lana di acciaio e carta abrasiva di varie grane, oppure utensili speciali (tipo sgorbie) sagomati in modo da poter penetrare negli interstizi da pulire, tutti questi strumenti verranno impiegati, alternativamente, in base alle condizioni delle varie superfici. Le spazzole metalliche potranno essere di qualsiasi forma e dimensione mentre le loro setole dovranno essere di filo d'acciaio armonico. Le scaglie di vernice in fase di distacco saranno eliminate attraverso un'adeguata combinazione delle operazioni di raschiatura e spazzolatura.

A lavoro completato, la superficie dovrà essere spazzolata, spolverata e soffiata con getto d'aria compressa al fine di rimuovere tutti i residui e le parti di materiale distaccato, quindi trattata con leggera carteggiatura con carta abrasiva a secco (grana/cm² 200-250).

Levigatura e lamatura manuale

La levigatura consisterà nell'asportazione manuale meccanica di un sottile strato di materiale (0,2-1 mm) qualora questo si presentasse seriamente compromesso, mentre con l'operazione di lamatura si opererà una levigatura totale dello strato di vernice o pellicola presente riportando "al vivo" la superficie lignea. Di norma pavimenti o altri rivestimenti lignei potranno sopportare al massimo, nell'arco della loro esistenza, 8-10 lamature integrali ogni 20-25 anni (per i prefiniti i passaggi integrali scendono a tre). Previa esecuzione di tasselli di prova su modeste porzioni dell'elemento oggetto di intervento, la procedura prevedrà un'operazione di sgrossatura eseguita con l'ausilio di carta abrasiva di grana semi-grossa (40-80 grani al cm²) atta a rimuovere i depositi incrostati e le eventuali macchie o patine presenti nonché livellerà la superficie in prossimità di movimenti degli elementi lignei. Eseguiti questi primi passaggi si passerà a quelli operati con grana sempre più fine (80-120 grana media grossa, 150-200 grana media; oltre i 320 grana fine) così da eliminare gli eventuali segni lasciati dalla sgrossatura iniziale. La carta dovrà essere avvolta su appositi tamponi o in alternativa su pezzi di legno (per i passaggi con grana fine sarà consigliabile utilizzare legno tenero come ad es. legno di balza) o sughero di dimensioni tali da poter essere correttamente e comodamente impugnati. Questa procedura potrà essere eseguita a umido o a secco. Quella ad umido si utilizzerà, generalmente, su vernici grasse o su lacche sintetiche, presenterà il vantaggio di non produrre polveri ma al termine della procedura sarà necessario attendere l'asciugatura della superficie, inoltre la carta tenderà ad impastarsi con la vernice: questo "fenomeno" potrà essere ovviato immergendo ripetutamente la carta in acqua pulita o passandovi del sapone di Marsiglia neutro. La levigatura a secco risulterà un'operazione altrettanto veloce ma presenterà l'inconveniente della polvere, che dovrà, successivamente, essere asportata con l'ausilio di spazzole o scopini di saggina o, con idonei aspirapolvere. Al termine della procedura sarà consigliabile eseguire un passaggio con straccio, o spugna, leggermente umidi al fine di rimuovere ogni residuo di polvere.

Sverniciatura con decapante neutro

Lo scopo dell'intervento sarà la rimozione, dalla superficie lignea, di vecchie vernici o pellicole protettive degradate (per le quali non sarà possibile operare un'eventuale ripresa) tramite l'applicazione di un prodotto decapante generalmente costituito da miscele solventi addizionate con ritardanti dell'evaporazione presenti sia sottoforma di gel sia come liquidi. Prima di procedere con

questo tipo d'operazione sarà opportuno assicurarsi del reale stato conservativo del materiale ovvero, accertarsi che non siano presenti parti fragili facilmente danneggiabili o asportabili, inoltre si dovrà provvedere alla rimozione di tutte le parti metalliche, come serrature, borchie e cerniere, al fine di evitarne il danneggiamento da parte del solvente. In riferimento alle prove eseguite preventivamente su tasselli di materiale campione capaci di definire i tempi e i modi d'applicazione, si procederà con la stesura a pennello, a spazzola o con spatole del prodotto (in ragione di 100 g/m² ca.) sulla superficie in uno strato sottile e uniforme allo scopo di riuscire ad ammorbidire la pellicola di rivestimento. Passato il tempo d'attesa (che potrà variare da 1 a 20 ore in relazione ai singoli casi poiché dipenderà dallo spessore degli strati di pittura presenti, dalla temperatura ambientale e dal tipo di pellicola da rimuovere), quando la vernice sarà morbida e sollevata dal supporto si rimuoverà ricorrendo all'uso di spatole e/o raschietti facendo cura, di non danneggiare il supporto asportandone parti corticali in fase di decoesione. Nei punti difficili come intagli, modanature minute o fessurazioni la pittura potrà essere rimossa aiutandosi con spazzolini o punteruoli. L'intervento potrà e sarà ripetuto se specificamente indicato dalla D.L.. terminate le operazioni di raschiatura, al fine di ovviare l'asciugatura dei residui di prodotto rimasti sul materiale, sarà effettuato l'immediato lavaggio manuale della parte trattata con spugne di mare e soluzioni detergenti (ad es. soluzione blanda di soda calcinata ovvero soluzione ammoniacale diluita al 2% in acqua) evitando di risciacquare la superficie con l'acqua poiché lesiva per il materiale (rigonfiamento delle fibre). Al termine della pulitura si controllerà lo stato del supporto ligneo accertando l'eventuale rimanenza di residui di sverniciatura.

In alternativa potranno essere utilizzati sverniciatori in pasta la cui procedura operativa sarà molto simile a quella adottata per quelli in gel: facendo uso di una spatola si applicherà la pasta stesa in strati più o meno sottili (1,5-3 mm) in ragione al numero di strati di vernice o dello sporco presente, nel caso in cui le condizioni atmosferiche od ambientali dovessero far asciugare troppo velocemente l'impasto sarà conveniente mantenere umida la superficie mediante l'aiuto di panni bagnati o fogli di polietilene così da ritardare l'evaporazione del solvente e di conseguenza consentire la corretta reazione. Avvenuta la reazione sarà necessario asportare il prodotto con spatola o pennello a setola dura, dopodiché si potranno eliminare gli ultimi residui con spugna inumidita. L'uso di sverniciatori in pasta richiederà dei tempi di lavorazione più dilatati ma, al contempo, permetterà di asportare contemporaneamente più strati di pellicola pittorica.

Pulitura ad aria calda o a fiamma

La procedura di sverniciatura con l'utilizzo di aria calda avrà lo scopo di rimuovere dalla superficie vecchi strati di vernici o colori, residui di scialbature, croste organiche od inorganiche, pellicole protettive ecc.; la differenza di comportamento al calore tra il legno e le pellicole di vernice faranno sì che queste si stacchino (dando vita a vesciche di rigonfiamento) dal supporto sia grazie alla dilatazione termica subita dal legno e dalle sostanze che costituiscono il rivestimento sia dalla rapida evaporazione dell'umidità eventualmente presente sotto le superfici da rimuovere. L'operazione, proprio per la sua stessa natura (abbastanza "violenta") dovrà essere eseguita con molta attenzione al fine di non provocare la combustione del legno.

L'intervento prevedrà l'asportazione del rivestimento mediante il riscaldamento con idonea pistola termica (produttore aria calda) da far scorrere sulla superficie da pulire in posizione ortogonale ad una velocità ed ad una distanza variabile in ragione dello stato di conservazione del legno, del tipo di deposito da asportare e dalla facilità o meno con cui i residui di rivestimento si distaccano dalla superficie del manufatto oggetto di trattamento (ad es. per vecchie verniciature a smalto la distanza media sarà di circa 8-10 cm). Al momento che il rivestimento accennerà a sbollare e a distaccarsi dal supporto si procederà con la raschiatura mediante l'utilizzo di raschietti o spatole a manico lungo; la rimozione di vecchie vernici dovrà essere radicale. La procedura terminerà, previa spazzolatura della superficie al fine di eliminare tutti i residui non completamente staccati, con una leggera carteggiatura della superficie mediante carta abrasiva semi grossa a secco (grana/cm² 80-100-120) montata su tappi di sughero.

In alternativa alla pistola con aria calda si potrà utilizzare una fonte di calore più elevata ricorrendo ad una lancia termica collegata ad una bombola di combustibile (acetilene o gas propano). La procedura operativa sarà simile a quella con la pistola ad aria calda ad eccezione che con la fiamma oltre alla velocità di passaggio sulla superficie varierà anche l'angolazione (di norma intorno ai 45°); l'asportazione del rivestimento prevedrà il riscaldamento con la fiamma facendo attenzione a non causare localizzate bruciature dovute alla troppa insistenza della fonte di calore. Su manufatti d'interesse storico-artistico sarà consigliabile non utilizzare tale tecnica.

AGGIUNTE, INTEGRAZIONI

Premessa metodologica

Le operazioni d'integrazioni comprendono tutta una serie d'interventi che hanno come fine ultimo quello di ripristinare le mancanze, più o meno consistenti, rintracciabili in un manufatto riconducibili a svariati motivi tra i quali: naturale invecchiamento dei materiali, mancata manutenzione, sollecitazioni meccaniche, decoesioni superficiali, interventi restaurativi antecedenti ecc. Indipendentemente dalle scelte metodologiche adottate, scaturite dai diversi indirizzi culturali, nel progetto di conservazione, le mancanze richiedono necessariamente un'azione procedurale a prescindere che l'obiettivo finale prefisso sia il mantenimento dello stato di fatto o il ripristino finalizzato a restituire l'efficienza tecnica; ripristino che potrà essere denunciato oppure, come accade sovente, poiché mirato alla restituzione della configurazione "originale" nella sua totalità ed interezza, celato. Attribuire alla mancanza un valore storico-stratigrafico, se da un lato può rappresentare un atteggiamento estremamente rispettoso nei riguardi dell'entità materica ed estetica del manufatto dall'altro, limita le operazioni tecniche indirizzate alla conservazione ovvero, al recupero di quei requisiti di integrità strutturale che, venuti a mancare, possono incrementare l'innescarsi dei fenomeni degradanti.

Le operazioni di ripristino dovranno, per questo, essere pianificate puntualmente cercando, dove sarà possibile, di ponderare sia l'aspetto tecnico che quello conservativo in modo da tenere in debito conto dei limiti imposti dalla valenza storica intrinseca nel manufatto e, allo stesso tempo riuscire a restituire l'efficienza strutturale venuta meno. Il ripristino di parti mancanti, se da un lato contribuisce a dare durevolezza al manufatto, proteggendolo ed aiutandolo a conservarsi nel tempo, dall'altro comporta, inevitabilmente, alterazioni e perdite dei segni stratigrafici nascondendoli o cancellandoli con aggiunte che, come spesso avviene, rendono estremamente difficile il recupero di ciò che di originale è rimasto. Questo dato di fatto, dovrebbe essere per il tecnico motivo di ponderate riflessioni al fine di riuscire a pianificare un intervento circoscritto a risolvere le varie problematiche rilevate durante la fase conoscitiva del manufatto, scaturito da riferimenti culturali che lo hanno indirizzato nelle scelte metodologiche cosciente che, delle diverse opzioni disponibili, per risolvere un determinato problema, nessuna sarà in grado di ovviare alle problematiche sino ad ora esposte; di ogni soluzione dovranno essere valutati i relativi vantaggi e svantaggi relazionandoli strettamente alle singole esigenze. In un progetto di restauro inevitabilmente l'interazione con il manufatto, e in special modo se si tratta di operare delle integrazioni, avrà come conseguenza un'alterazione dello stato di fatto originale; gli interventi, anche quelli meno invasivi, apporteranno delle modifiche più o meno rilevanti all'integrità della struttura che potranno essere accettate, e in parte giustificate, dalla priorità perseguita di restituire al manufatto la sua efficienza strutturale cosicché possa protrarre nel tempo il lento consumarsi. Le integrazioni che si mimetizzano con l'esistente, mirate non solo a dare integrità strutturale ma, soprattutto, a ripristinare un'unità figurativa in riferimento a come presupposto in origine, se da molti considerato un modo di intervenire che poco tiene conto della dignità storica del manufatto, da altri è ritenuto lecito, poiché il progetto è il risultato di ponderate riflessioni supportate da ricerche e documentazioni puntuali e dettagliate, per cui il risultato finale non deriva dal gesto creativo del tecnico ma dal suo bagaglio di conoscenze storiche.

Gli accorgimenti utilizzati, in molti casi, al fine di distinguere la preesistenza dall'aggiunta (ad. es. diversificare la lavorazione superficiale della parte nuova rispetto all'originale, riprodurre le parti mancanti ricorrendo a materiali compatibili ma diversi, ripristinare le superfici in leggero

sottosquadro o soprasquadro, segnalare il nuovo mediante marchi ecc.) se attuati dovranno essere realizzati con estrema cura e sensibilità da parte del tecnico in modo che il risultato finale, pur essendo coerente e rispettoso dello stato di fatto, non sia tale da tradursi in una visione paradossale dove la varietà di integrazioni visivamente rintracciabili fanno perdere la valenza figurativa d'insieme intrinseca nel manufatto. Il dilemma di quale sia la risoluzione può consono difficilmente potrà avere una risoluzione chiara, capace di definire un modo di procedere adattabile a tutte le diverse situazioni, in special modo quando l'intervento non si limita alla manutenzione ma, per impellenti necessità scaturite dal bisogno di salvare ciò che si può rischiare di perdere, diviene di restauro.

OPERAZIONI DI STUCCATURE, INTEGRAZIONI DEI MATERIALI LAPIDEI (AGGIUNTE)

Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

Generalità

Prima di mettere in pratica i protocolli di stuccatura, integrazione ed aggiunte sui materiali lapidei (con questo termine saranno intesi, oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti) sarà opportuno seguire delle operazioni preliminari indirizzate alla conoscenza del materiale oggetto di intervento (pietra arenaria, calcarea, travertini, tufi ecc.). L'adesione tra la superficie originale e quella d'apporto sarà in funzione della scrupolosa preparazione del supporto, operazione alla quale si dovrà porre molta attenzione dal momento che si rileverà fondamentale per assicurare l'efficacia e la durabilità dell'intervento di "stuccatura-integrazione". Le modalità con cui si eseguiranno questo tipo di operazioni saranno correlate alle caratteristiche morfologiche del materiale da integrare (pietra, laterizio, intonaco ecc.) e alla percentuale delle lesioni, oltre che dalla loro profondità ed estensione.

Verifiche preliminari

Prima di eseguire qualsiasi operazione sarà necessario procedere alla verifica del quadro fessurativo così da identificare eventuali lesioni "dinamiche" (che potranno essere dovute a svariati motivi tra i quali assestamenti strutturali non ancora terminati, dilatazioni termiche interne al materiale o fra materiali diversi ecc.); in tal caso non si potrà procedere semplicemente alla stuccatura della fessurazione ma si dovranno identificare e risolvere le cause a monte che hanno procurato tale dissesto. L'intervento di stuccatura ed integrazione sarà lecito solo su fessurazioni oramai stabilizzate (lesione statica).

Asportazione di parti non compatibili

Si procederà, seguendo le indicazioni della D.L., all'ablazione puntuale tramite scopini (di saggina), spatole, cazzuolini, mazzetta e scalpello di piccole dimensioni, martelline, vibroincisori ecc., di tutte le parti non compatibili con il supporto (legno, ferro, malte erose o gravemente degradate ecc.), ovvero stuccature od integrazioni realizzate con malte troppo crude (cementizie) in grado di creare col tempo stress meccanici. L'operazione dovrà avvenire con la massima cura evitando accuratamente di non intaccare il manufatto originale.

Pulitura della superficie

Ciclo di pulitura con acqua deionizzata e successiva spazzolatura (o con altra tecnica indicata negli elaborati di progetto) della superficie da trattare allo scopo di rimuovere sporco, polveri, oli, scorie e qualsiasi altra sostanza estranea al materiale lapideo. Tutte le operazioni di pulitura dovranno tendere a lasciare l'interno della lesione o del giunto privo di detriti o patine, ma con la superficie scabra, così da favorire un idoneo contatto con malta da ripristino. Nel caso in cui la superficie, oggetto di intervento, si dovesse presentare con efflorescenze saline od altre patologie derivate dalla presenza di sali si renderà indispensabile procedere alla desalinazione della muratura utilizzando metodi e tecniche dettate dalle indicazioni della D.L. (ad es. impacchi di polpa di cellulosa imbevuti in acqua demineralizzata). Lo stesso criterio sarà utilizzato se l'apparecchio murario risultasse affetto da umidità di risalita capillare od ancora dovesse presentare muschi, licheni o vegetazione

superiore infestante: prima di qualsiasi intervento d'integrazione si dovrà procedere alla bonifica della muratura.

Per specifiche sulle tecniche di pulitura, desalinazione, bonifica o deumidificazione si rimanda a quanto esposto agli articoli specifici.

Specifiche sulle stuccature: saranno da evitare le stuccature a base di cementi tradizionali, perché questi potranno cedere ioni alcalini e solfati che potrebbero portare alla formazione di sali solubili dannosi per il materiale lapideo. Inoltre, gli impasti a base di cemento sono, spesso, meno porosi di molti materiali lapidei, cosicché, se si verificasse un movimento d'acqua all'interno di una struttura, la sua evaporazione e la conseguente cristallizzazione dei sali presenti potrebbe avvenire a carico delle parti più porose e non delle stuccature. Infine, le differenze di dilatazione termica fra pietra e cemento potrebbero provocare fessurazioni o danni di tipo meccanico (estratto dalla Raccomandazione NorMaL n. 20/85).

Avvertenze: sarà vietato effettuare qualsiasi procedura di stuccatura, integrazione o, più in generale, utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su tale etichetta dovrà essere riportata la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni ovvero miscela di due liquidi rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratterà di soluzioni cioè scioglimento di un solido in un liquido rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

Stuccatura-Integrazione di elementi in laterizio

L'intervento si rivolge agli apparecchi "faccia vista" in laterizio e avrà come obiettivo quello di mettere in sicurezza i frammenti in cui si sono suddivisi i laterizi, integrare le eventuali lacune (dovute alla disgregazione, erosione, alveolizzazione del materiale) e, allo stesso tempo, difendere l'apparecchio dagli agenti atmosferici. Sarà un'operazione, sia di consolidamento che di protezione, che dovrà essere necessariamente estesa anche alle più piccole lesioni e fratture del mattone, affinché la superficie non abbia soluzioni di continuità e possa, così, opporre alla pioggia ed agli agenti aggressivi ed inquinanti, un corpo solido e compatto.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione parti non consistenti e lavaggio della superficie) ed abbondante bagnatura con acqua deionizzata della superficie oggetto d'intervento, si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire, al fine di evitare spaccature e lesioni durante la stagionatura e successivi rischi di distacco. L'impasto della malta sarà effettuato seguendo le indicazioni di progetto; in assenza di queste si potrà utilizzare uno stucco a base di grassello di calce (10 parti) caricato con tre parti di polvere di coccio pesto (30 parti); in alternativa il coccio pesto potrà essere sostituito per metà, o del tutto, con pozzolana (rapporto legante-inerte 1:3); questo impasto potrà, eventualmente, essere "aiutato" con una parte di resina acrilica in emulsione al 10% in acqua con funzione di fluidificante (quantità < al 2%). La stuccatura sarà effettuata utilizzando cazzuolini, cucchiari o piccole spatole tipo quelle a foglia d'olivo evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta, sia con gli attrezzi); a tal fine potrà essere conveniente schermare le superfici limitrofe utilizzando nastro di carta, o altro sistema idoneo. Con la spatola si dovrà dare forma alla porzione mancante del mattone costipando il materiale al fine di eliminare sia l'acqua in eccesso, sia di migliorare la compattezza e l'aderenza alla parte sana del laterizio oggetto di intervento.

Dovranno essere effettuate miscele di prova, delle quali si trascriveranno le proporzioni e si prepareranno dei piccoli campioni di malta, così da poterli avvicinare alla superficie da stuccare per la verifica del tono finale. Nel realizzare i provini delle malte bisognerà tener conto di eseguirle molto tempo prima per confrontare i colori dopo la presa e la naturale stagionatura.

In presenza di lievi fessure ovvero sacche intergranulari nel mattone, si potrà ricorrere ad applicare a pennello o mediante iniezioni una boiaccia (miscelata con l'ausilio di frusta da zabaione) simile a quella descritta precedentemente, ma con un rapporto legante-inerte di 1:1 (1000 parti di acqua, 100

parti calce idraulica naturale NHL 2, 100 parti cocchio pesto o pozzolana, 10 parti di resina acrilica in emulsione, 1 parte di gluconato di sodio); le cariche saranno superventilate (granulometrie inferiori a 60 mm). Al fine di favorire l'efficacia dell'assorbimento, in special modo per le iniezioni, si renderà necessario un pre-trattamento della cavità con acqua ed alcool denaturato con l'eventuale aggiunta di dispersione acrilica al 10%.

Specifiche sul grassello: sarà vietato l'utilizzo di grassello di calce ottenuto semplicemente aggiungendo un'adeguata quantità d'acqua (circa il 20%) alla calce idrata in polvere. Così facendo si otterrà un grassello in appena 24 ore ma sarà un prodotto scadente; pertanto, sarà prescritto l'utilizzo di grassello di calce spenta da almeno 12 mesi al fine di diminuire la possibilità che restino grumi di calce non spenta nella malta.

Eventuale inserimento di armatura

Nel caso in cui si dovesse operare in cospetto di parti mancanti consistenti si renderà necessario "armare" la stuccature con rete metallica elettrosaldata a doppia zincatura a maglia stretta (per es. filo f 2 mm maglia 10x10 mm) e/o con perni filettati di acciaio inossidabile, preferibilmente di tipo austenitico, della serie AISI 300L (314L o 316L), che presenterà anche buone doti di piegabilità (ad es. 2-3 f 4 mm), opportunamente sagomati allo scopo di migliorare l'aderenza al supporto della malta da ripristino. Si eseguiranno i fori per l'inserimento dei perni con trapano a sola rotazione a bassa velocità dopodiché, previa aspirazione degli eventuali detriti con pera di gomma ed iniezione di acqua deionizzata ed alcool, (rapporto 5:1 in volume) si inserirà il perno. In questa operazione si dovrà tener conto ogni accortezza al fine di evitare danni o rotture ai manufatti.

I perni dovranno essere annegati in particolari malte a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e pozzolana superventilata, rapporto 1:2, con l'eventuale aggiunta di gluconato di sodio (per migliorare la fluidità) ed, eventualmente, di cemento bianco (per aumentare le proprietà meccaniche). In alternativa si potranno utilizzare collanti a base di resine epossidiche a bassa viscosità, esenti da solventi, polimerizzabili a temperature ambiente ed in presenza di umidità. In ogni caso si utilizzerà un impasto di adeguata tissotropicità o fluidità in relazione alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire.

Specifiche sui perni: sarà vietato l'uso di metalli facilmente ossidabili come il ferro, il rame e le sue leghe; mentre potranno essere utilizzati con tutta tranquillità: perni in titanio o in acciaio inossidabile o, se l'integrazione interessa parti non sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, barre in vetroresina. Il perno dovrà possedere buona stabilità chimica e coefficiente di dilatazione termica lineare e il più possibile vicino a quello dei materiali da ripristinare.

Trattamento finale

A presa avvenuta la superficie stuccata verrà trattata con spugna inumidita (esercitando una leggera pressione) con il risultato di arrotondare gli spigoli, compattare lo stucco e, nello stesso tempo, rendere scabra la superficie rendendola simile ai mattoni limitrofi. Allo scopo di rendere l'integrazione non troppo discordante dagli elementi originali, si può trattare la superficie con una patinatura di polvere di pozzolana (per maggiori dettagli si rimanda alla procedura specifica).

Stuccature di elementi lapidei

Lo scopo dell'intervento sarà quello di colmare le lacune e le discontinuità (parziale mancanza di giunti di malta, fratturazione del concio di pietra ecc.) presenti sulla superficie della pietra (qualsiasi sia la loro origine) così da "unificare" la superficie ed offrire agli agenti di degrado (inquinanti atmosferici chimici e biologici, nonché infiltrazioni di acqua) un'adeguata resistenza.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione di parti non consistenti e lavaggio della superficie) e bagnatura con acqua deionizzata si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire: per le parti più arretrate sarà consigliabile utilizzare una malta a base di calce idraulica naturale NHL 2 a basso contenuto di sali composta seguendo le indicazioni di progetto e la tipologia di lapideo (ad es. si utilizzeranno, preferibilmente, delle cariche pozzolaniche su materiali di natura vulcanica e degli inerti calcarei se si opererà su pietre calcaree); in assenza di queste si potrà utilizzare, un impasto caricato con una parte di sabbia silicea lavata (granulometria costituita da granuli del diametro di

circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%) ed una parte di cocchio pesto; in alternativa al cocchio pesto si potrà utilizzare pozzolana ventilata (rapporto legante-inerte 1:3). La stuccatura si eseguirà utilizzando piccole spatole a foglia o cazzuolini evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta sia con gli attrezzi); si potranno, eventualmente, mascherare le superfici limitrofe utilizzando nastro di carta. Nel caso occorra preparare una malta particolarmente resistente a compressione si potrà ricorrere all'utilizzo di piccole quantità di cemento bianco esente da gesso e sali solubili; le eventuali quantità dovranno essere limitate in quanto il cemento bianco presenta notevoli ritiri in fase di presa (un sovradosaggio porterebbe a delle malte di eccessiva durezza, ritiro e scarsa permeabilità al vapore acqueo).

La stuccatura di superficie sarà eseguita con grassello di calce (sarà necessario utilizzare grassello ben stagionato; minimo sei mesi, se non si avrà certezza sulla stagionatura si potrà aggiungere un minimo quantitativo di resina acrilica in emulsione); la carica dell'impasto sarà di pietra macinata (meglio se tritata a mano così da avere una granulometria simile a quella del materiale originale); verrà, preferibilmente, utilizzata la polvere della pietra stessa o, in mancanza di questa, un materiale lapideo di tipologia uguale a quella del manufatto in questione in modo da ottenere un impasto simile per colore e luminosità; potranno essere utilizzate anche polveri di cocchio pesto, sabbie silicee ventilate, pozzolana, o carbonato di calcio: rapporto tra legante-inerte di 1:3 (per es. 1 parte grassello di calce, 1 parte pietra macinata, 2 parti di polvere di marmo fine). Sarà consigliabile tenere l'impasto dello stucco piuttosto asciutto in modo da favorire la pulitura dei lembi della fessura.

In alternativa si potranno effettuare stucature di superficie invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da elastomeri fluorurati e polvere della stessa pietra o altra carica con caratteristiche e granulometria simile (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo sul fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati).

Specifiche sulla stuccatura: la scelta di operare la stuccatura a livello o in leggero sotto-quadro nella misura di qualche millimetro (così da consentirne la distinguibilità), dovrà rispondere principalmente a criteri conservativi; sovente, infatti, le integrazioni sottolivello creano percorsi preferenziali per le acque battenti innescando pericolosi processi di degrado. Gli impasti dovranno essere concepiti per esplicare in opera valori di resistenza meccanica e modulo elastico inferiori a quelle del supporto, pur rimanendo con ordini di grandezza non eccessivamente lontani da quelli del litotipo. A stagionatura ultimata si potranno verificare, in opera i seguenti intervalli di valori:

- modulo elastico 10-20000 N/mm²;
- resistenza meccanica compressione 30-50 N/mm², flessione 7,5-9,5 N/mm²;
- adesione al supporto a trazione diretta 1-4 N/mm² (in funzione della scabrosità della superficie);
- permeabilità al vapore < 50 m;
- resistenza al passaggio CO₂ 1000-3000 m.

Additivi organici

Le malte utilizzate potranno essere caricate, se le disposizioni di progetto lo prevedono, con additivi organici (in quantità < al 2-5%), quali: resine acriliche in emulsione al 10% in acqua con funzione di fluidificante, o, nel caso d'utilizzo con calce aerea, di colloide protettore che tende a trattenere l'acqua, così da non far "bruciare" prematuramente la pasta da stucco. Qualora, invece, venga richiesta alla malta una forte adesività strutturale (ad es. per stucature profonde non esposte ai raggi UV) ed un'alta resistenza meccanica sarà più opportuno impiegare resine termoindurenti come quelle epossidiche. In ogni caso, salvo diverse disposizioni della D.L., il rapporto legante-additivo sarà generalmente 10:1.

Colore stuccatura

Al fine di rendere possibile un'adeguata lettura cromatica si potrà "aiutare" il colore dell'impasto additivandolo con terre colorate e pigmenti (massimo 5% di pigmenti minerali o 10% di terre). Il colore della pietra si raggiungerà amalgamando, a secco, le cariche fino ad ottenere il tono esatto ma più scuro per bilanciare il successivo schiarimento che si produrrà aggiungendo la calce. Effettuate le miscele di prova si dovranno, necessariamente, trascrivere le proporzioni e preparare

dei piccoli campioni di malta su mattone o lastra di pietra, così da poterli avvicinare alla superficie da stuccare per la verifica del tono finale. Per tutte quelle stuccature che interesseranno porzioni di muro vaste potrà essere preferibile ottenere una risoluzione cromatica in leggera difformità con la pietra originale.

Trattamento finale

A presa avvenuta, al fine di ottenere una stuccatura opaca, la superficie interessata verrà lavata e/o tamponata (esercitando una leggera pressione) con spugna inumidita di acqua deionizzata, così da compattare lo stucco, far emergere la cromia della punteggiatura ed eliminare eventuali residui di malta.

Risarcimento-Stilatura giunti di malta

L'intervento prevedrà l'integrazione delle porzioni di malta mancanti e sarà eseguito mediante impasti plastici a base di calce con i requisiti di resistenza simili a quelle del materiale originale e con caratteristiche fisiche (tessitura, grana, colore ecc.) simili o discordanti in relazione alle disposizioni di progetto. Lo scopo della rabboccatura sarà quello di preservare le cortine murarie da possibili fenomeni di degradazione e di restituire continuità alla tessitura, al fine di evitare infiltrazioni od attacchi di vegetazione infestante, accrescendone le proprietà statiche. L'operazione di stillatura dovrà essere evitata (previa rimozione) su manufatti saturi di sali, in particolare in presenza di estese efflorescenze saline, ovvero di muffe, polveri o parti non solidali che potrebbero impedire la solidificazione della malta tra gli elementi.

Previa esecuzione delle verifiche e delle operazioni preliminari (asportazione parti non consistenti e lavaggio della superficie) la procedura prevedrà l'abbondante bagnatura con acqua pulita (specialmente se il substrato è particolarmente poroso) del giunto, così da garantire alla malta originale, ed alle superfici limitrofe l'utile saturazione, basilare per evitare che si verifichi l'assorbimento del liquido dalla nuova malta compromettendone la presa. Una volta inumidito il giunto si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati successivi secondo la profondità e la lunghezza della lacuna da riempire. Per l'impasto, seguendo le disposizioni di progetto, si potranno utilizzare appositi formulati costituiti da calce idraulica, grassello di calce, sabbie od altri aggregati minerali di granulometria nota; per le parti più arretrate sarà opportuno utilizzare un impasto a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (ottenuta per calcinazione a bassa temperatura, esente da sali solubili, con un'ottima permeabilità al vapore) e sabbia di fiume vagliata (granulometria 0,5-1,5 mm). In alternativa alla sabbia si potranno utilizzare altre cariche quali: pozzolana, o cocchio pesto (cocchio macinato disidratato ricavato dalla frantumazione d'argilla cotta a basse temperature); in ogni caso il rapporto legante-inerte sarà sempre di 1:2. Questo strato di "fondo" si effettuerà utilizzando cazzuolino, cucchiaretto o una piccola spatola metallica facendo attenzione a non "sporcare" le superfici non interessate. A questo scopo sarà conveniente proteggere, preventivamente, con idonea pellicola protettiva (ad es. nastro di carta adesivo) o con teli di nylon, sia le superfici lapidee o laterizie dei conci che delimitano il giunto d'allettamento, sia gli eventuali serramenti od elementi ornamentali prossimi alla zona d'intervento. Per la stillatura di finitura si potrà utilizzare un impasto a base di grassello di calce; la carica dell'impasto potrà essere di pietra macinata, sabbia di fiume fine (granulometria 0,5-0,8 mm) o, in caso di apparecchio in laterizi, polvere di cotto macinato: rapporto tra legante-inerte di 1:3. La scelta degli inerti sarà dettata dalle analisi preventive effettuate su materiali campioni, e dalla risoluzione cromatica che si vorrà ottenere in sintonia o in difformità con le malte esistenti.

Dopo un periodo di tempo sufficiente a consentire un primo indurimento dell'impasto si provvederà a "stringere" la malta mediante una leggera pressione della mano o della punta della cazzuola, così da compattarla e renderla più solida. Questa operazione andrà ripetuta dopo circa 5-6 ore d'estate e dopo 24 ore d'inverno nell'arco di mezza giornata fino a che, il giunto, apparirà coeso e senza cretti. Se gli elaborati di progetto richiederanno un giunto con finitura scabra si potrà intervenire sulla malta della stillatura (appena questa abbia "tirato" ma sia ancora modellabile) "segnandola" con spazzola di saggina o tamponandola con tela di juta ruvida. Si ricorda che la spazzola non dovrà essere strofinata sulla superficie, ma battuta leggermente, altrimenti si rischierà di danneggiare la

rabbocatura. Saranno da evitare spazzole di ferro in quanto si potrebbero danneggiare il giunto ed i supporti limitrofi.

Specifiche: a seconda delle disposizioni di progetto l'operazione di integrazione-risarcitura potrà essere più o meno connotata; si potrà, infatti, eseguire una stillatura dei giunti seguendo il filo esistente oppure eseguirla in leggero sottofilo, od ancora sfruttando la granulometria ed il colore degli inerti si potrà ottenere un risultato mimetico o di evidente contrasto tra la vecchia e la nuova malta.

Nel caso in cui il progetto preveda una risarcitura "mimetica" si dovrà porre particolare attenzione nell'individuazione della composizione e colorazione specifica della malta che dovrà accordarsi, mediante la cromia dell'impasto e la granulometria degli aggregati, una volta applicata ed essiccata; alla granulometria delle malte di supporto considerando le diverse gradazioni cromatiche e caratteristiche tessiturali presenti nell'apparecchio murario dovute al diverso orientamento, esposizione agli agenti atmosferici ed alla presenza di materiali diversi.

Trattamento finale

L'operazione di stuccatura si completa con spugna ed acqua deionizzata per eliminare i segni della spazzola, far risaltare le dimensioni e la cromia dell'aggregato e per togliere le eventuali cariche distaccate che potrebbero conferire al giunto asciutto un aspetto polverulento.

Stucature salvabordo lacune di intonaco

In presenza di lacune d'intonaco, nei casi in cui le indicazioni di progetto non prevedano il ripristino del materiale, l'intervento dovrà essere indirizzato alla protezione dei bordi della lacuna mediante una stuccatura che avrà la funzione di ristabilire l'adesione tra lo strato di intonaco e la muratura così da evitare, lungo il perimetro della mancanza, dannose infiltrazioni di acqua meteorica o particellato atmosferico che potrebbero aggravare nonché, aumentare la dimensione della lacuna nel tempo. L'operazione di stuccatura salvabordo, in particolar modo se realizzata su pareti esterne, dovrà essere eseguita con la massima cura; questo tipo di protezione proprio per la sua configurazione di raccordo tra due superfici non complanari costituirà un punto particolarmente soggetto all'aggressione degli agenti atmosferici (pioggia battente). Le malte adatte per eseguire tale operazione, dovranno essere simili ai preparati impiegati per la riadesione degli intonaci distaccati (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo specifico sulla riadesione degli intonaci al supporto), in ogni caso, oltre ad evitare l'utilizzo d'impasti con grane e leganti diversi da quelli presenti nell'intonaco rimasto sulla superficie non si dovrà ricorrere né all'uso di malte di sola calce aerea e sabbia (poco resistenti alle sollecitazioni meccaniche), né a malte cementizie (troppo dure e poco confacenti all'uso). Le stucature salvabordo dovranno essere realizzate con malte compatibili con il supporto, traspirabili (coefficiente di permeabilità $m < 12$) e con buone caratteristiche meccaniche; a tale riguardo si potrà utilizzare un impasto composto da 1 parte di grassello di calce e 0,5 parti di calce idraulica naturale NHL 2 esente da sali solubili, la parte di calce idraulica potrà essere sostituita anche con del cemento bianco. Gli impasti potranno essere caricati con metacaolino o con sabbia silicea vagliata e lavata a granulometria fine (diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 40%, di 0,50-1,00 mm per un 60%). La malta dovrà essere facilmente spalmabile in modo da poter definire con precisione l'unione dei lembi, a tale riguardo, per facilitare l'operazione, sarà opportuno ricorrere all'uso di strumenti da stuccatore come, ad esempio, spatolini metallici a foglia di olivo. Prima dell'applicazione della stuccatura la muratura interessata dall'intervento dovrà essere adeguatamente preparata ovvero: dovrà essere pulita, si dovranno rimuovere, eventuali, sali solubili e fissare i conci sconnessi. In presenza di macchie di umidità, prima di applicare il salvabordo dovrà essere eliminata la causa ed atteso che la parete sia ben asciutta.

Trattamento lacune di intonaco

Il distacco d'interi porzioni (o di più strati tecnici) d'intonaco dalle superfici parietali implicherà delle evidenti discontinuità sull'apparecchio murario e l'inevitabile messa a nudo di parti di muratura che in questo modo si troveranno esposte all'aggressione degli agenti atmosferici; l'acqua, infatti, potrà penetrare facilmente all'interno della struttura veicolando agenti inquinanti che

favoriranno l'insorgenza di degradi in superficie ed in profondità. Al fine di ovviare a quest'inconveniente, si potrà intervenire proteggendo le porzioni scoperte del muro, ripristinando la parte d'intonaco mancante.

Rappezzo di intonaco

Previa un'attenta valutazione del reale stato conservativo del supporto il rappezzo d'intonaco dovrà relazionarsi sia all'intonaco ancora presente sulla superficie sia alla natura della muratura garantendo, per entrambi, un'efficace adesione, l'affinità fisico/chimica e meccanica. Il rappezzo dovrà essere, infatti, realizzato con un intonaco compatibile con il supporto e simile a quello esistente per spessore (numero di strati), composizione e traspirabilità; i coefficienti di dilatazione termica e di resistenza meccanica dovranno essere simili a quelli dei materiali esistenti così da poter garantire lo stesso comportamento alle diverse sollecitazioni (pioggia battente, vapore, umidità ecc.). La formulazione della malta per realizzare il nuovo intonaco dovrà presentare le caratteristiche tecnologiche dell'intonaco rimasto sulla superficie ovvero, dall'analisi della rimanenza si dovranno dedurre le varie stratificazioni, i diversi componenti e in che modo sono stati combinati tra loro: rapporto aggregato-legante, granulometria inerte e il tipo di legante. Prima di procedere con il rappezzo la superficie dovrà essere preparata; la muratura interessata dall'intervento dovrà essere sufficientemente asciutta (esente da fenomeni d'umidità), scabra (mediante picchiettatura, bocciardatura ecc.) e pulita (priva di sali e/o patine al riguardo si rimanda agli articoli specifici inerenti le puliture) in modo da consentire la totale aderenza della nuova malta sul supporto dopodiché, si eseguirà l'inumidimento della muratura tramite pennello imbevuto d'acqua o, mediante l'uso di un semplice nebulizzatore manuale (contrariamente una parete asciutta potrebbe assorbire eccessivamente l'acqua presente nell'impasto provocando il ritiro della malta). Al fine di garantire la corretta realizzazione dell'impasto dovranno essere presi degli accorgimenti sul modo di dosare e amalgamare i diversi componenti.

La preparazione della malta, se avverrà in cantiere, dovrà essere fatta in contenitori puliti privi di residui di sostanze che potrebbero alterare la natura dell'impasto, facendo cura di dosare sapientemente la quantità d'acqua (sarà consigliabile iniziare l'impasto con circa 2/3 della quantità d'acqua necessaria aggiungendo, durante le fasi di lavorazione, la parte rimanente) onde evitare la formazione di impasti o troppo fluidi o poco lavorabili, lo scopo dovrà essere quello di ottenere una consistenza tale da garantire la capacità di adesione fino all'avvenuta presa sul supporto (la malta dovrà scivolare dalla cazzuola senza lasciare traccia di calce sulla lama); il dosaggio degli ingredienti dovrà essere fatto con estrema cura e precisione evitando, dove è possibile, metodi di misurazione troppo approssimativi (pala o badile) in modo da riuscire ad ottenere formulati aventi le caratteristiche indicate e richieste da progetto; la quantificazione in cantiere potrà avvenire prendendo come riferimento un'unità di volume identificata in un contenitore facilmente reperibile in sito (secchi e/o carriole). Il secchio da murature corrisponde a circa 12 l (0,012 m³) mentre una carriola avrà una capacità di circa 60 l, circa cinque secchi, (0,060 m³). L'impasto potrà essere eseguito a mano lavorando i componenti su di un tavolato (non sul terreno), o ricorrendo ad attrezzature meccaniche quali piccole betoniere o impastatrici.

Compiuta la pulitura, e se necessario il consolidamento, dei margini del vecchio intonaco si procederà all'applicazione sulla parete del rappezzo seguendo i diversi strati indicati da progetto; previa bagnatura del muro, verrà applicato il rinzaffo (in malta morbida con aggregati a grana grossa 1,5-5 mm) in modo tale da penetrare bene negli interstizi dell'apparecchio, a presa avvenuta, previa bagnatura della superficie, si procederà alla stesura dell'arriccio, tramite cazzuola, in strati successivi (1-1,5 cm) fino a raggiungere lo spessore indicato da progetto utilizzando una malta composta da aggregati medi (0,5-1,5 mm), l'ultimo strato di arriccio verrà pareggiato e frattazzato. La finitura, verrà applicata con frattazzo in strati sottili lisciati con frattazzini di spugna, leggermente imbevuti di acqua. In presenza di spessori considerevoli (tra i 6-8 cm) sarà consigliabile realizzare, una rincocciatura (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo specifico) della cavità con malta idraulica (calce idraulica naturale NHL 3,5 e scaglie di laterizio rapporto legante inerte 1:3). Particolare attenzione dovrà essere fatta nella messa in opera in prossimità delle

zone d'unione tra le due superfici poiché, la loro corretta esecuzione potrà evitare l'insorgenza di punti di discontinuità, a tale riguardo sarà consigliabile rifinire i lembi con spatolini da stuccatore in modo da garantire una maggiore precisione nella rifinitura. L'applicazione del nuovo intonaco dovrà essere fatta con i valori della temperatura esterna tra i 5°C e i 30°C; la malta dovrà essere accuratamente compressa all'interno della lacuna al fine di ottenere delle buone caratteristiche meccaniche, inoltre tra la posa dei vari strati dovranno intercorrere dei tempi d'attesa (relazionati alle diverse tipologie di malte) durante i quali le superfici dovranno essere bagnate. La presenza del rappezzo sulla superficie muraria se specificato dagli elaborati di progetto potrà non mimetizzarsi con la preesistenza così da tutelare le diverse stratificazioni storiche; a tale riguardo i rappezzi esterni potranno essere rilevabili diversificando la lavorazione dello strato di finitura (ad esempio passando una spazzola di saggina sullo strato di finitura a presa iniziata ma ancora lavorabile), utilizzando granulometria di inerti leggermente differenti o dipingendolo con una tonalità di colore più chiara o più scura (a discrezione del progettista) mentre, per quanto riguarda i rappezzi interni (meno soggetti all'azione degradante) oltre alle soluzioni sopra citate si potrà decidere di arretrare lo spessore del rappezzo di pochi millimetri rispetto allo spessore del vecchio intonaco.

Specifiche: nel caso in cui il rappezzo presentasse un'ampiezza considerevole, sarà opportuno predisporre, sopra il primo strato di rinzafo, delle idonee guide al fine di controllare lo spessore e la planarità dell'intonaco. Tali guide potranno essere messe in opera come segue: si fisseranno alla parete dei piccoli conci di laterizio (allineati verticalmente distanziati di circa 50-100 cm) utilizzando la stessa malta dell'intonaco per uno spessore corrispondente a quello definitivo indicato da progetto, tra i conci verticali verrà eseguita una striscia di malta (la stessa realizzata per l'intonaco), tirata a piombo. È buona norma, al fine di consentire la corretta lavorazione della superficie, che l'interasse delle guide sia 40-50 cm inferiore rispetto alla lunghezza della staggia disponibile in cantiere. Le fasce così realizzate costituiranno il dispositivo di controllo dello spessore dell'intonaco.

Al fine di ridurre il rischio di cavillature sarà conveniente seguire delle accortezze tipo: non utilizzare malta con elevato dosaggio di legante (malta grassa) che dovrebbe, in ogni caso essere decrescente dallo strato di rinzafo a quello di finitura, così come dovrebbe essere la resistenza a compressione; applicare la malta per strati successivi sempre più sottili con aggregati a granulometria più minuta partendo dagli strati più profondi fino ad arrivare a quelli più superficiali.

Rappezzo di intonaco di calce (aerea e idraulica)

La malta di calce aerea, largamente utilizzata in passato per intonacare le pareti esterne, si componeva principalmente di calce spenta, sabbia e terre colorate; il legante era lo stesso per i diversi strati ciò che variava era la quantità e la dimensione degli inerti (più grandi per gli strati interni più piccoli per quelli esterni). Il rappezzo d'intonaco con questo tipo di malta dovrà essere eseguito con particolare cura tenendo conto dei fattori vincolanti per il risultato finale come i lunghi tempi d'attesa fra le diverse fasi della posa e la necessità di irrorare costantemente la superficie onde evitare di "bruciare" l'impasto con conseguente diminuzione delle caratteristiche di resistenza e di durabilità; durante il processo di presa, infatti, la perdita d'acqua dovrà essere graduale; il quantitativo d'acqua dovrà essere relazionato ai singoli casi specifici poiché l'asciugatura più o meno veloce dipenderà da diversi fattori tra i quali: l'umidità atmosferica, il sole battente e la velocità del vento. Considerata la difficoltà della messa in opera si potrà realizzare un rappezzo limitando la malta di calce aerea (sia grassello di calce sia calce idrata) allo strato finale mentre per i primi strati aggiungere all'impasto una quantità di legante idraulico (calce idraulica naturale NHL o in alternativa calce idraulica naturale con aggiunta di materiali pozzolanici fino ad un massimo del 20% NHL-Z) in modo da poter accorciare i tempi d'attesa fra le diverse fasi operative. Previa preparazione del supporto come indicato nell'articolo inerente il rappezzo di intonaco si procederà alla posa del primo strato di rinzafo che potrà essere composto da 2 parti di grassello di calce, 1 parte di calce idraulica naturale NHL 5 e 9 parti di sabbione (in alternativa si potranno sostituire 3 parti di sabbione con altrettante di cocchio pesto o pozzolana) lasciando la superficie a ruvido, dopo aver atteso almeno tre giorni (durante i quali la superficie verrà costantemente bagnata) previa

bagnatura del supporto si stenderà lo strato di arriccio (ad es. 4 parti di grassello di calce, 1 parte di calce idraulica naturale NHL 3,5, 10 parti di sabbia vagliata) in eventuali strati successivi (di spessore non superiore a 1-1,5 cm per singolo strato) fino a raggiungimento dello spessore indicato da progetto. L'ultimo strato verrà stagiato superficialmente portando il profilo dell'intonaco al giusto livello aiutandosi con le fasce di guida, si dovrà provvedere alla frattazzatura così da uniformare la planarità e le superfici dovranno risultare piane ma allo stesso tempo scabre per consentire alla finitura di aderire bene (per maggiori dettagli sulle finiture si rimanda a quanto detto agli articoli specifici).

Specifiche: sarà opportuno ricordare che i rappezi di sola malta di calce aerea idrata in polvere saranno poco confacenti per superfici esterne poiché poco resistenti nel tempo all'aggressione degli agenti atmosferici (poco resistenti alle sollecitazioni meccaniche e spiccata propensione all'assorbimento capillare d'acqua), si consiglierà pertanto di limitare l'intervento, dove sarà consentito, alle superfici interne. Nella preparazione delle malte con grassello di calce, il grassello dovrà essere anticipatamente stemperato (in pari volumi d'acqua) così da ottenere una densità tale da mantenere limitatamente le forme, in ogni caso tale da non essere autolivellante in superficie; ottenuto il latte di calce, sempre mescolando, verrà aggiunto l'inerte scelto. In caso di malte bastarde con grassello e calce idraulica quest'ultima dovrà essere mescolata precedentemente all'impasto con l'inerte.

Per quanto concerne le malte idrauliche dovranno essere utilizzate entro le 2 ore in estate (3 ore in inverno) dall'aggiunta dell'acqua.

Ad operazione conclusa sarà possibile porre in risalto l'aggregato, tamponando la superficie con spugne ed acqua deionizzata o sfregando la superficie con pasta abrasiva, rimossa in un secondo tempo con spugna bagnata.

Rappezzo di intonaco civile

Per rappezzo d'intonaco civile s'intende un intonaco steso in due strati; il primo costituisce il fondo ed il secondo, lo strato di finitura. Questo tipo di rappezzo è di facile e rapida esecuzione; risulterà particolarmente adatto per colmare lacune poco profonde (considerato il suo spessore limitato intorno a 1,5-2 cm), principalmente su cortine murarie in laterizio, in edifici di poco pregio. Se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto si potrà utilizzare come intonaco di fondo un impasto costituito da: 1 parte di calce idraulica, 0,10 parti di cemento bianco e 2,5 parti di sabbione (granulometria 1,5 parti di 1,5-3 mm + 1 parte di 0,5-1,2 mm), mentre per lo strato a finire 1 parte di calce idraulica e 2 parti di sabbia fine (granulometria 0,5-0,8 mm). L'applicazione sulla superficie seguirà le procedure elencate nell'articolo inerente il rappezzo d'intonaco; previa bagnatura della parete verrà applicato lo strato di fondo dopodiché, a presa avvenuta, si procederà con la stesura dello strato di finitura tramite cazzuola americana o sparpiero, la superficie verrà successivamente rifinita con frattazzo in legno o di spugna secondo la finitura desiderata.

Rappezzo di intonaco colorato in pasta

Questo tipo di rappezzo consiste nella realizzazione di uno strato di finitura in malta di calce aerea e sabbie fini e selezionate (pigmentate con terre naturali o pietre macinate) su di un intonaco di calce idraulica. Previa preparazione del supporto come indicato nell'articolo inerente il rappezzo d'intonaco, si procederà alla preparazione degli impasti e la conseguente messa in opera, previa bagnatura del supporto, dello strato di rinaffo (se necessario) e di arriccio formulati se, non diversamente indicato dagli elaborati di progetto come segue; il rinaffo con una malta costituita da: 1 parte di calce idraulica naturale NHL 5, 3 parti di sabbia a grana grossa (1,5-5 mm), mentre l'arriccio con una malta composta da: 1 parte di calce idraulica naturale NHL 3,5, 2 parti di sabbia a grana media (0,5-1,5 mm). L'arriccio verrà successivamente frattazzato. Lo strato di finitura pigmentato sarà realizzato con una malta morbida, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto si potrà utilizzare un impasto così composto: 5 parti di grassello di calce, 1 parte di calce idraulica naturale NHL 2, 12 parti di aggregato a grana fine (0,1-0,8 mm) e con l'aggiunta di terre colorate e pigmenti (massimo 5% di pigmenti minerali ricavati dalla macinazione di pietre o 10% di

terre). La finitura (per uno spessore massimo di 4-5 mm) verrà applicata, previa bagnatura dell'arriccio, mediante l'uso di frattazzi metallici in spessori sottili, dopodiché si procederà alla lisciatura con frattazzini di spugna leggermente imbevuti d'acqua così da ottenere una ruvidezza uniforme.

Finiture superficiali

La finitura così come da definizione, costituisce l'ultimo strato dell'intonaco; realizzata in spessori ridotti si ottiene utilizzando impasti con miscele selezionate di materiali vagliati accuratamente messi in opera seguendo diverse tecniche a seconda dell'effetto finale desiderato, a tale riguardo importante è la tipologia e la granulometria dell'inerte prescelto visto che a questo elemento si lega la consistenza e soprattutto l'aspetto della finitura stessa (liscia o rugosa).

Marmorino

L'intonaco a marmorino può essere considerato uno degli intonaci più pregevoli del passato, composto in antico da uno spesso strato di malta a base di calce aerea e coccio pesto (con rapporto inerte legante 2:1 ed una parte d'acqua) e da un secondo strato formato da una parte di calce, 1,5 di polvere di marmo e 0,7 parti di acqua; l'effetto marmoreo delle superficie si otteneva con olio di lino, sapone o cera applicati con un panno morbido e strofinati. Attualmente, quando si dovrà realizzare una finitura a marmorino si potrà ricorrere all'uso di grassello di calce, calce idrata, polveri di marmo, aggregati selezionati a granulometria finissima (esenti da sostanze organiche), terre colorate naturali, pietre macinate e lattice acrilico come additivo. Se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto si potrà utilizzare un impasto costituito da: 2 parti di grassello di calce, 0,50 parti di calce idraulica naturale, 2 parti di polvere di marmo, 1 parte di sabbia eventualmente additivata con pigmenti e terre naturali (massimo 5%) in alternativa si potrà utilizzare un composto costituito da 1 parte di grassello, 0,5 parti di calce idraulica naturale NHL 2, 0,5 parti di cemento bianco, 4 parti di polvere di marmo (granulometria impalpabile di colorazione prescelta dalla D.L.). Prima di procedere con l'applicazione della finitura occorrerà verificare la corretta realizzazione dello strato d'arriccio (tenendo presente che la messa in opera del marmorino dovrà essere fatta, entro tre mesi dalla sua avvenuta esecuzione) e l'assenza di, eventuali, anomalie (fessurazioni, elementi contaminanti come polveri, assenza di patine, efflorescenze ecc.).

La preparazione dell'impasto potrà essere realizzata a mano o con l'ausilio di impastatrici; all'interno di contenitori puliti verrà introdotto l'aggregato, il legante, i pigmenti e l'acqua (nel caso s'impasti manualmente si aggiungeranno prima 2/3 della quantità di acqua necessaria e poi la parte rimanente) e s'impasterà fino a che il composto non risulti uniforme. L'acqua per l'impasto dovrà essere limpida priva di materie organiche e terrose; gli additivi, se richiesti da progetto, verranno aggiunti diversamente a seconda se saranno liquidi o in polvere; nel primo caso dovranno essere miscelati insieme all'acqua d'impasto mentre, se in polvere s'introdurranno nell'impastatrice tra la sabbia e il legante. L'applicazione dello strato di finitura a marmorino dovrà essere fatto con una temperatura esterna compresa tra i +5°C e i +35°C; previa bagnatura del supporto verrà applicato in strati sottilissimi (2-3 mm), con l'ausilio di cazzuole metalliche, per successive rasature dopodiché, la superficie verrà levigata e compattata con forza tramite raschiere metalliche allo scopo di ottenere superfici lisce. Nei casi in cui le indicazioni di progetto richiederanno una superficie particolarmente lucida, impermeabile ed allo stesso tempo traspirante si potrà applicare, a pennello, un composto untuoso formato da sapone di Marsiglia neutro disciolto in acqua (1 parte di sapone, 10 parti d'acqua tiepida); passato il tempo necessario affinché la saponatura si sia asciugata, mostrandosi opaca e bianchiccia (circa 1-2 ore), sulla parete andrà passato energicamente un panno di lana o tampone di ovatta al fine di ottenere la cosiddetta lucentezza a specchio; in alternativa la parete potrà essere lisciata energicamente con frattazzo metallico.

Intonachino o colla

La finitura ad intonachino verrà applicata su di uno strato d'intonaco, realizzato con calce aerea od idraulica naturale, non lavorato (lasciato a rustico); l'impasto, che si comporrà di grassello di calce

(in alternativa si potrà utilizzare una malta imbastardita con una porzione di calce idraulica naturale NHL 2 con un rapporto grassello calce idraulica 1:5) ed inerte la cui granulometria dipenderà dall'effetto finale desiderato (fine o rustico); il rapporto legante-inerte potrà variare da 1:2 (se si utilizzerà una malta bastarda) a 1:1 e lo spessore non dovrà essere superiore a 3 mm. L'intonachino verrà applicato mediante spatola americana in acciaio in uno o più strati, secondo il grado di finitura che si desidera ottenere e in riferimento alle specifiche di progetto. Il risultato dell'operazione dipenderà molto dall'applicazione dell'inerte, per questo la messa in opera sarà preferibile eseguirla quando il supporto d'intonaco si presenterà ancora sufficientemente fresco in modo tale che l'inerte possa ben aderire. La temperatura d'applicazione potrà oscillare tra i +10°C e i +30°C.

In alternativa si potrà stendere un intonachino pigmentato in pasta composto da grassello di calce e pigmenti minerali naturali (ocre rosse e gialle, terre d'ombra, terra di Siena) ovvero ossidi di ferro più resistenti allo sbiancamento prodotto dall'azione alcalina della calce. L'intonachino così composto potrà essere messo in opera in pasta, senza aggregati, rasando con uno strato molto sottile la superficie. Nel caso si voglia aggiungere degli inerti aggiuntivi (quali ad es. polveri di marmo, di pietra o coccio pesto) lo spessore aumenterà fino a 3-4 mm, questo tipo di intonachino risulterà estremamente resistente e duraturo, anche in ragione dello spessore.

Intonachino fine

La finitura ad intonachino fine si otterrà mediante l'uso di un impasto con inerti a granulometria compresa tra i 0,4-0,8 mm (ad es. 0,40-0,60 mm per un 55%, di 0,6-0,8 mm per il restante 45%) applicati in due strati successivi; applicando il secondo strato ad asciugatura del primo, avvenuta. L'ultimo strato verrà lavorato a frattazzo (di spugna o di legno secondo la finitura desiderata) prima della completa asciugatura.

Intonachino rustico

La finitura ad intonachino rustica, si otterrà mediante l'uso di un impasto con inerti di granulometria compresa tra i 0,6-1,2 mm (ad es. 0,6-0,8 mm per un 15%, di 8-10 mm per un 30% e di 1,00-1,20 mm per il restante 55%); l'effetto finale sarà in grado di mascherare eventuali fessurazioni presenti nell'intonaco oltre a respingere l'assorbimento dell'acqua proteggendo così la parete. La messa in opera dell'impasto potrà essere realizzata, se non diversamente specificato da progetto, anche in un solo strato da frattazzare prima del completo essiccamento, mediante spatola di plastica o con frattazzo di spugna.

Integrazione cromatica

Lo scopo dell'integrazione cromatica sarà quello di colmare le lacune esistenti nella pellicola pittorica che ricoprirà l'intonaco, in modo tale da ripristinare la continuità cromatica e, allo stesso tempo ristabilire la funzione protettiva propria dello strato pittorico. Prima di procedere al ripristino il supporto dovrà, necessariamente, essere preparato mediante pulitura (ricorrendo alle tecniche in riferimento al tipo di deposito da rimuovere) e successivo consolidamento (o eventuale preconsolidamento laddove si renderà necessario). Sul supporto così preparato si procederà all'integrazione cromatica rispettando la tipologia di tinteggiatura presente sulla parete. I prodotti che si potranno utilizzare, sempre in relazione alla preesistenza, potranno essere: pitture (la pellicola risulterà prevalentemente coprente), vernici (la pellicola anche se colorata risulterà trasparente), e tinte (non formeranno pellicola). Le tecniche pittoriche che più frequentemente si potranno rintracciare sulle superfici intonacate saranno: tinteggiatura alla calce, pittura alla tempera e pitture a base di silicati (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici).

Integrazione di stucchi e modanature

La procedura si pone lo scopo di consolidare e/o ricostruire le modanature di pietre artificiali (ad es. cornicione di gronda o cornice marcapiano, profilo di archi ecc.) e di finti elementi architettonici (elemento di bugnato, paraste ecc.) presenti sull'apparecchio murario.

Integrazioni cornici

L'intervento tenderà a ricostruire elementi architettonici con presenza di modanature allorché la loro condizione estremamente degradata non permetta il recupero mediante semplice integrazione-stuccatura.

Operazioni preliminari

La procedura operativa prevedrà, previa accurata asportazione sia di materiale incoerente (polveri e detriti) sia d'eventuali materiali d'alterazione (croste nere, pellicole, efflorescenze saline ecc.) un'eventuale regolarizzazione dei bordi della lacuna e l'asportazione, con l'ausilio di mazzetta e scalpello, delle parti disancorate o fortemente degradate al fine di produrre una superficie scabra che faciliti il successivo ancoraggio dei materiali aggiuntivi. Nel caso di cornici o modanature in genere di malta di calce o cemento con presenza di armature metalliche interne, oramai ossidate o scoperte, si renderà necessario (previa spazzolatura a "metallo bianco" dei ferri a vista) un primo trattamento, al fine di fermare i fenomeni degradanti, con idonea boiaccia passivante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile realizzando uno strato continuo di almeno 1 mm (caratteristiche minime: adesione all'armatura > 2,5 N/mm², pH > 12, tempo di lavorabilità a 20°C e 50% U.R. circa 40-60 min., temperatura limite di applicazione tra +5°C e +35°C).

Armatura di sostegno

Ove richiesto da specifiche di progetto o indicazioni della D.L., si procederà alla messa in opera di un'armatura di sostegno al fine di impedire allo stucco di deformarsi sotto il suo stesso peso proprio o di aderire in modo imperfetto al supporto. Queste armature, seguendo le indicazioni di progetto, potranno essere di vario tipo in ragione delle dimensioni e della complessità delle modanature da restaurare. In presenza di mancanze di modeste dimensioni sarà sufficiente armare con chiodi inossidabili (minimo f 4 mm) a testa larga o perni costituiti da barrette filettate in acciaio inossidabile, preferibilmente di tipo austenitico, della serie AISI 300L (314 o 316) che presenterà anche buone doti di piegabilità (f variabile dai 3 ai 6 mm) inseriti in perfori (con diametro e lunghezza leggermente superiori), e successivamente sigillati. La disposizione dei perni sarà, di norma, eseguita a distanza regolare (così da poter sostenere eventuali elementi in laterizio costituenti il corpo della cornice) in ragione al tipo di volume da ricostruire, in alternativa si potrà adottare una disposizione a quinconce, in tal modo si favorirà, l'eventuale, messa in opera di un reticolo di sostegno costituito unendo gli elementi con filo di ferro zincato ovvero d'ottone. Dietro specifica indicazione della D.L. si potranno installare perni con l'estremità libera piegata ad uncino o con altra sagoma specifica. In ogni caso le barrette dovranno avere una luce libera pari ad un sotto livello di 1 o 2 cm rispetto alla superficie finale.

In presenza di volumi di notevole oggetto si potrà ricorrere ad armature "multiple" ovvero sia una prima armatura di lunghezza sufficiente a sostenere solo la parte più retrostante; una volta che questo livello sia indurito si provvederà ad armare il livello successivo fino ad arrivare allo spessore desiderato. Per il primo livello d'armatura, se non diversamente specificato dalla D.L., si utilizzeranno elementi in laterizio (mattoni, tavelline, tozzetti ecc.) allettati con malta di calce idraulica; questi elementi dovranno preventivamente essere saturati d'acqua così da evitare, eventuali, sottrazioni di liquido all'impasto. L'esecuzione di supporti in laterizio sarà da adottare specialmente in presenza di cornici con base geometrica, all'intonaco sarà, in seguito, demandato il compito di raccordare le volumetrie di base e di creare le eventuali varianti. In alternativa si potranno utilizzare anche altre tecniche d'armatura come quella di predisporre un supporto costituito da listelli e tavolette di legno (di spessore sottile ad es. 5x25 mm) ben stagionato con funzione di centina di sostegno. Con questa seconda tecnica si potranno ottenere grandi cornicioni leggeri, economici e di facile quanto rapida esecuzione.

Malta da ripristino

L'integrazione potrà essere seguita con un impasto a base di calce idraulica, grassello di calce o, nel caso di elementi interni, di gesso, con, l'eventuale aggiunta, di resine acriliche (al fine di migliorare l'adesività della malta) e cariche di inerti selezionati di granulometria compatibile con il materiale da integrare (ad es. 1 parte grassello di calce, 3 parti calce idraulica naturale NHL 2, 10 parti di sabbia lavata e vagliata, 0,4 parti resina acrilica in emulsione; rapporto legante-inerte 1:2,5). In

alternativa a questo tipo di malta si potrà utilizzare un impasto a base di polimeri sintetici, preferibilmente acrilici (buone caratteristiche agli agenti atmosferici, incolori e trasparenti anche in massa e scarsa tendenza all'ingiallimento) caricati con detriti e/o polveri della pietra dell'elemento originario (rapporto legante-inerte 1:2). Entrambi le tipologie d'impasto potranno essere additivate con pigmenti minerali al fine di avvicinarsi maggiormente come grana e colore al materiale originario (per maggiori specifiche sulla composizione di malta da stuccatura si rimanda agli articoli specifici). La reintegrazione andrà eseguita per strati successivi, analogamente al procedimento utilizzato per le stucature, nel caso d'utilizzo d'impasto a base di resina acrilica, sarà consigliabile applicare strati di modeste dimensioni (massimo 10-15 mm) così da favorire la catalizzazione della resina. In presenza di notevoli sezioni da reintegrare potrà rivelarsi vantaggioso eseguire lo strato di fondo con un impasto formato da calce e coccio pesto con granulometria media (1,5-5 mm) (ad es. 3 parti di grassello di calce, 1 parte di calce idraulica naturale NHL 2, 8 parti di sabbia lavata e vagliata, 4 parti di coccio pesto; rapporto legante-inerte 1:3). Questo impasto permetterà di applicare strati spessi (massimo 30-40 mm) contenendo la manifestazione di fessurazioni (fermo restando la bagnatura diretta o indiretta, servendosi di teli umidi, delle superfici per più volte al giorno per la durata di una settimana).

Modellazione con modine

Al fine di ricostruire le modanature delle cornici sarà necessario preparare preventivamente una sagoma in metallo (lamiera di alluminio o zinco di 3-4 mm; saranno da evitare il ferro o il ferro zincato in quanto di difficile lavorabilità) che dovrà riprodurre in negativo il profilo della cornice da ripristinare. Sarà, inoltre, necessario applicare al di sopra e al di sotto della cornice (ovvero ai due lati se la cornice sarà verticale) una guida preferibilmente in legno duro dove far scorrere, a più riprese il modine (il movimento dovrà essere deciso e sicuro tale da non compromettere con sviluppi anomali il risultato finale). In alternativa si potranno utilizzare delle sagome libere (ad es. per la realizzazione di cornici a porte e finestre) che prenderanno come riferimento spigoli e/o rientranze precedentemente realizzati. In ogni caso la modellazione della malta con le sagome dovrà, necessariamente, essere eseguita solo quando questa cominci a far presa ma sia ancora modellabile. La sagoma dovrà essere tenuta sempre pulita recuperando la malta in abbondanza e pulendo accuratamente il profilo della lamina.

Per ripristinare cornici in stucco o in gesso di particolare complessità potrà essere vantaggioso predisporre due sagome: una per il fondo grezzo (di alcuni millimetri più piccola rispetto al disegno finale) l'altra (con dimensioni definitive) per lo strato di finitura. In ogni caso, per realizzare un cornicione di notevoli dimensioni, sarà sempre consigliabile operare in più passaggi (almeno 4 o 5) piuttosto che in uno solo, per cantieri di lavoro che non dovranno superare i 2-2,5 m di lunghezza.

Modellazione con strumenti da muratore

In alternativa alla modine, per cornici realizzate in cotto, si potrà sagomare la sezione anche con l'ausilio della sola cazzuola: si stuccheranno da prima i giunti portandoli alla quota con la superficie del laterizio, in seguito si stenderà a finitura un sottile strato d'intonaco. La lavorazione con la cazzuola seppure più lenta presenterà il vantaggio di poter operare anche in situazioni particolari come, ad esempio, quando il fondo in muratura risulterà talmente irregolare o compromesso tanto da essere impossibile impiegare sagome righe, bacchette o frattazzi. Questi ultimi strumenti si rileveranno molto utili allorché si intervenga su una cornice con parziali lacune e si riesca a modanare la superficie utilizzando le tracce rimaste.

Specifiche: al fine di riportare esattamente il disegno della modanatura sulla sagoma sarà necessario eseguire un calco in gesso o in resina sintetica il cui negativo verrà tagliato lungo una sezione trasversale e utilizzato per riprodurre l'esatto profilo.

Integrazioni bugne di facciata ed anteridi

L'intervento tenderà a ricostruire finti elementi architettonici come bozze di bugnato, paraste ecc. presenti sull'apparecchio murario allorché il loro stato di conservazione non permetterà più il recupero mediante semplice integrazione-stuccatura (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici).

La procedura seguirà quella enunciata all'articolo sul ripristino di cornici ad eccezione di qualche precisazione dovuta alla natura stessa degli elementi oggetto di intervento. La malta da ripristino sarà, prevalentemente, (se non diversamente prescritto dagli elaborati di progetto) a base di calce, gli eventuali leganti sintetici dovranno avere, esclusivamente, una funzione di additivi. La modellazione avverrà per ogni singola bozza mediante l'uso di due sagome libere munite di supporto ligneo da far scorrere una in senso orizzontale da destra verso sinistra, l'altra in senso verticale dal basso verso l'alto.

La malta dovrà inevitabilmente essere messa in opera su superficie scabra da ricavare, a seconda delle prescrizioni di progetto, mediante leggere striature del supporto, bocciardatura oppure mediante delle sorti di vere e proprie armature di sostegno costituite da reti di acciaio inossidabile a maglia stretta o in polipropilene. Nel caso di ricostruzione totale di bozza con oggetto di notevoli dimensioni sarà consigliabile eseguire un supporto, da ancorare alla parete, con l'ausilio di elementi in cotto allettati con malta di calce idraulica, sarà però necessario che questi elementi siano preventivamente saturati d'acqua così da evitare eventuali sottrazioni di liquido all'impasto.

Integrazioni, ripristino pavimentazioni

L'intervento di ripristino delle pavimentazioni dovrà, necessariamente, essere preceduto dall'analisi, non invasive, dei fenomeni che hanno provocato patologie di degrado dei materiali oggetto di intervento; pertanto prima di intervenire con i diversi sistemi di stuccatura o protezione sarà appropriato procedere asportando l'eventuali sostanze inquinanti (efflorescenze saline, crescite microorganiche, concrezioni ecc.) o più generalmente con un trattamento di pulitura, sgrassatura o deceratura utilizzando la tecnica che si riterrà più idonea al singolo caso in ragione al tipo di pavimento, al suo stato di conservazione, alla natura delle sostanze degradanti ed ai risultati delle analisi di laboratorio (per maggiori dettagli sulle tecniche di puliture si rimanda alle procedure specifiche).

Nel caso in cui l'integrazione sia rivolta a fratture ovvero piccole cavità, il protocollo seguirà le procedure indicate per gli elementi lapidei o per quelli lignei ad eccezione di qualche precisazione dovuta alla natura della mancanza (piccola entità sia in termini di estensione sia di profondità). La stuccatura sarà, preferibilmente, eseguita con materiali in pasta costituiti da un legante di tipo inorganico (ad es. calce idraulica naturale) o, più di frequente, organico (ad es. polimeri sintetici come le resine acriliche) e da una carica (polvere di legno, caolino, argilla finissima, polvere di marmo ecc.) in ragione al supporto (cotto, pietra, legno ecc.) oggetto d'intervento; se espressamente richiesto dagli elaborati di progetto questi impasti potranno essere additivati (ad es. cariche di gluconato di sodio, pigmenti colorati ecc.) al fine di esaltare ad esempio le caratteristiche di presa, fluidità, antiritiro, resistenza meccanica ecc. (per maggiori dettagli sugli impasti si rimanda a quanto detto agli articoli precedenti).

Previo eventuale sgrassamento delle superfici si applicherà la pasta, della consistenza voluta, sulle parti mancanti adoperando piccole spatole metalliche o bacchette di legno esercitando una modesta pressione al fine di otturare la cavità, in caso di fessure più profonde si potranno eseguire più strati di materiale intervallati tra loro con un tempo di attesa necessario per l'essiccazione. In questo caso, inoltre, si renderà vantaggioso, ai fini di un corretto aggrappaggio tra gli strati, graffiare la superficie di quello sottostante, prima del suo indurimento.

Al fine di eludere il fenomeno del ritiro e di permettere le eventuali successive operazioni di arrotatura, levigatura e lucidatura (soprattutto in presenza di pavimenti in cotto, marmo, marmette colorate in pasta) sarà consigliabile impiegare una quantità di stucco moderatamente eccedente il volume da riempire.

Integrazione con nuovi elementi

In caso di elementi non più solidali con il sottofondo (parti mobili o totalmente distaccate) la procedura prevedrà, solo se espressamente indicato dagli elaborati di progetto, il loro cauto smontaggio e la loro pulitura (per le procedure operative riguardanti lo smontaggio del pavimento si rimanda a quanto prescritto all'articolo specifico) con spazzole di saggina, scopinetti, piccole spatole, tamponi imbevuti di sostanze detergenti o altra tecnica ritenuta idonea dalla D.L.; in seguito

si procederà alla riposa in opera definitiva che dovrà essere eseguita con malta di allettamento il più possibile simile a quella originale. In presenza di vaste zone d'intervento si renderà necessario la rimozione degli elementi fino all'intera asportazione del massetto costituente il sottofondo. Il nuovo massetto (a base di calce idraulica naturale NHL 5 e sabbione in rapporto 1:2) dovrà essere lasciato stagionare per il tempo necessario (almeno 7 giorni); le, eventuali, lesioni che dovessero manifestarsi andranno riempite con boiaccia di calce idraulica. Si procederà successivamente, alla posa in opera degli elementi recuperati (ovvero dei nuovi elementi se questi non potranno essere recuperati) con un letto di malta di calce idraulica (a consistenza plastica) di adeguato spessore (di norma 2 cm, comunque uguale a quello asportato) disteso sul sottofondo; gli elementi saranno collocati uno alla volta accostati tra loro mediante appositi distanziatori al fine di creare le fughe desiderate (minimo 0,5 massimo 3 mm). Si premerà, infine, su ogni elemento (battendo gli angoli con il martello di gomma o con il manico di legno della mazzetta) facendo refluire la malta e, allo stesso tempo, in modo da posizionarlo ad una quota leggermente superiore al piano finito così da compensare l'abbassamento dovuto dal naturale ritiro della malta. A distanza di 2-4 ore (in ragione delle condizioni ambientali) dal termine della posa, le superfici pavimentate dovranno essere bagnate al fine di garantire una stagionatura ottimale della malta di appoggio. Per la stuccatura delle fughe sarà consigliabile utilizzare una boiaccia liquida così da essere capace di penetrare agevolmente nelle fessure, inoltre si renderà necessario ripetere l'operazione 2/3 volte, a distanza di almeno 8 ore una dall'altra. Ultimata la stuccatura, e passate 4-6 ore, sarà necessario bagnare il pavimento posato. La boiaccia utilizzata per la stuccatura delle fughe sarà composta seguendo le disposizioni di progetto o indicazioni della D.L., in mancanza di queste si potrà comporre un impasto a base di cemento bianco pigmentato con ossidi colorati (massimo 10%) con l'eventuale aggiunta di lattice acrilico al fine di conferire un minimo di elasticità allo stucco, sarà consigliabile effettuare delle prove al fine di individuare la giusta tonalità della stuccatura in modo che il colore delle fessure riempite si mimetizzi con quello degli elementi adiacenti.

Specifiche: in linea generale si dovrà evitare l'inserimento di nuovi elementi, cercando di riutilizzare quelli originali, se questo non dovesse essere possibile (causa mancanze, eccessivi degradi ecc.) sarà opportuno, utilizzare, per le eventuali parziali sostituzioni, materiali e tecniche di lavorazione similari a quelle originali ma al contempo, se specificatamente indicato dagli elaborati di progetto, dovranno attestare la "modernità" in modo da distinguersi.

Nel caso di utilizzo di pietra da taglio questa dovrà presentare la forma e le dimensioni indicate negli elaborati di progetto, ed essere lavorata, secondo le prescrizioni che verranno impartite dalla D.L. all'atto dell'esecuzione, nei seguenti modi:

- a grana grossa: (spuntato grosso, medio o fine secondo il tipo di subbia utilizzata) si intenderà quella lavorata semplicemente "alla punta" ottenuta mediante mazzetta e scalpello a punta detto Subbia o punta, questo tipo di lavorazione sarà, generalmente, eseguita a mano (su spessori di almeno 4 cm) pertanto si rileverà un'operazione onerosa ma di particolare effetto accentuato dal risalto conferito al carattere del litotipo; (in alternativa si potrà operare con l'ausilio di microscalpelli elettrici);

- ordinaria: (spuntato alla martellina a tre denti) lavorazione simile alla precedente ma eseguita con l'ausilio di martellina a denti larghi, anche questo tipo di lavorazione si eseguirà su spessori minimi di 4 cm;

- a grana mezza fina: (a martellina mezza fina, a bocciarda grossa, a bocciarda media, gradinato medio, gradinato fine) lavorazione eseguita tradizionalmente a mano su spessori minimi di 3 cm con utensili per urto tipo le martelline a 6 denti allineati, polka, bocciarde (da 9 e 16 punti) e scalpelli (a penna, raschino, gradina a penna dentata, calcagnolo, ferrotondo ecc.); essendo una lavorazione molto onerosa oggi sovente si ricorrerà all'utilizzo degli stessi strumenti ma di tipo pneumatico (ad es. microscalpelli elettrici), in alternativa per la lavorazione su vaste aree si potrà ricorrere a macchine automatiche. Questo tipo di lavorazione sarà indubbiamente il più utilizzato per i rivestimenti e per le pavimentazioni esterne;

– a grana fina: (a bocciarda fine, scalpellato medio, scalpellato fine) lavorazione simile alla precedente (spessore minimo di lavorazione 3 cm), ma eseguita con strumenti più fini (ad es. bocciarde da 24 o 36 punti, scalpelli minuti od unghietti).

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati affinché le connessioni fra i conci non superino la larghezza di 5 mm per la pietra a grana ordinaria e di 3 mm per le altre. Qualunque sia il grado di lavorazione delle facce a vista, i letti di posa e le facce adiacenti dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorate a grana fina. Non dovranno essere presenti né smussature agli spigoli né cavità nelle facce o stuccature in malta.

Nel caso di arrotatura, levigatura e lucidatura di pavimenti in marmette (elementi di pasta cementizia colorata o impasto di graniglia, polvere di marmo e cemento fino alla dimensione di 250x250 mm spessore minimo 25 mm), o marmettoni (elementi di impasto con scaglie di marmo, polvere di marmo e cemento fino alla dimensione di 500x500 mm spessore minimo 35 mm), si dovrà porre particolare attenzione allo spessore dello strato superficiale al fine di evitarne la completa asportazione, con la conseguente esposizione dello strato di supporto grigio in malta cementizia.

Arrotatura e levigatura: avvenuta la presa della malta delle stuccature (in ogni caso non prima di 20 giorni) le superfici pavimentate subiranno una prima sgrossatura con idonea macchina (manettone). La fase di arrotatura-levigatura conterà di più passaggi successivi della macchina, la cui opera raffinatrice sarà realizzata da apposite mole abrasive che agiranno in presenza di acqua; le mole utilizzate per i primi passaggi (arrotatura) saranno del tipo a grana grossa 60-120 (1/60 di mm identifica il diametro dell'abrasivo nell'impasto delle mole) ed avranno lo scopo di rendere uniforme il piano trasformandolo in un'unica lastra piana. Il fango di risulta dovrà essere opportunamente rimosso ed il pavimento dovrà essere accuratamente lavato cosicché sulla superficie non rimanga alcuna traccia di melma. Al fine di togliere eventuali rigature, lasciate dalla prima molatura, dovrà essere spalmato sul pavimento uno strato di boiaccia convenientemente colorata con le percentuali di pigmenti scelti. Passato il tempo necessario all'indurimento della boiaccia si passerà alla levigatura meccanica mediante l'utilizzo di appropriate mole di grana media (220-600) fino ad arrivare a grane fini (600-800); dove la macchina levigatrice non potrà operare, cioè negli angoli, o sotto ostacoli come lavelli, sanitari o radiatori, sarà consigliabile ricorrere a idonei frullini manuali muniti di idoneo distributore di acqua (al fine di evitare "bruciature" delle marmette). Nel caso di posa in opera di battiscopa o rivestimenti in genere sarà consigliabile porli in opera dopo aver eseguito alcune passate di arrotatura così da aver costituito un perfetto piano di posa.

Lucidatura: previa eliminazione delle rigature si procederà alla fase di lucidatura eseguita mediante un feltro localizzato sotto la macchina e l'uso d'acido ossalico. In questa fase di effettuerà la piombatura del pavimento che sarà eseguita grazie all'azione di due fogli di piombo inseriti in modo incrociato al di sotto del feltro; i fogli ruoteranno sull'interfaccia del pavimento ed il calore creato dall'attrito favorirà il distacco di residui di piombo dai dischi che andranno ad occludere i pori presenti sulle marmette. A lucidatura eseguita sarà consigliabile lavare con acqua e detergente neutro più volte la superficie al fine di rimuovere eventuali velature biancastre crete dalla lucidatura.

Integrazioni, ripristino pavimentazioni in battuto

La procedura volta ad integrare le lacune o ripristinare porzioni degradate più o meno estese richiederà tecniche e metodologie molto simili a quelle utilizzate per la messa in opera di una pavimentazione ex novo. In ogni caso per tutte le tipologie di pavimento incluse in questa categoria sarà necessario effettuare delle operazioni preliminari ovverosia:

- individuazione ed analisi (qualità e percentuale) dei granuli e degli eventuali pigmenti presenti nel pavimento originale, così da avere una miscela dei diversi aggregati del tutto simile a quella originale;
- eventuale taglio dei bordi della lacuna o della zona degradata, con l'ausilio di martello da taglio;

– pulitura accurata dei detriti di demolizione e delle polveri (si veda la procedura specifica sulla demolizione di pavimenti) e successiva stuccatura dei bordi del taglio, con malta di calce, al fine di evitare sgretolature.

Battuti alla veneziana

Con il termine battuto saranno raggruppate due tipologie leggermente differenti di pavimentazioni: il terrazzo a base d'impasti di calce e graniglie di marmo e il cosiddetto pastellone caratterizzato, oltre che all'uso di calce, da cariche d'aggregato a base di pezzame (con granulometrie variabili) di coccio pesto e di rottami di pietra.

La procedura del terrazzo alla veneziana prevedrà la preparazione, sul piano di posa, di un sottofondo magro (rapporto legante-inerte 1:4) composto ad esempio da 1 parte di calce spenta 2 parti di calce idraulica naturale NHL 5, 9 parti di rottami di laterizi scelti e 3 parti di pietrisco (granulometria 8-12 mm). La stesura del sottofondo (per uno spessore di circa 10-20 cm) avrà inizio con la formazioni di guide lungo i muri perimetrali o i bordi dei grandi rappezzati; dopo la stesura con cazzuola questo dovrà essere ben battuto (mediante mazzapicchio, battipalo o pestello meccanico) e rullato (mediante rulli cilindrici del peso di almeno 80-100 Kg); sia la battitura che la rullatura dovranno essere eseguite secondo direzioni incrociate al fine di omogeneizzare la superficie e in modo da poter controllare l'azione di costipatura (la verifica dello spessore e della planarità sarà eseguita mediante l'utilizzo di stadie e livelle appoggiate sulle guide perimetrali). Queste operazioni andranno ripetute più volte fino a quando l'acqua dell'impasto avrà cessato di spurgare. Al di sopra di questo strato verrà steso un coprifondo (coperta) dello spessore di 2-4 cm composto da un impasto di grassello di calce, polvere grossa di laterizi (granulometria 1,2-3 mm) ed, eventualmente, una minima quantità di sabbia grossa lavata solo per dare struttura (rapporto legante-inerte 1:3). La stesura della coperta avverrà mediante l'ausilio di staggia e livella accertandosi che lo spessore sia uniforme e non si verificano infossamenti o pendenze non desiderate, dovrà coprire i tasti di presa ed essere ad una quota sopra il livello finito così da compensare l'abbassamento dovuto alla battitura e rullatura successiva; all'interno di questo strato e solo dietro specifica indicazione di progetto potrà essere inserita in fase di stesura una rete zincata a maglie strette (massimo 20x20 mm) posizionata secondo parere della D.L., comunque di norma a mezza quota su tasti di presa a circa 1-2 cm.

Lo strato di stabilitura, destinato a ricevere la semina della graniglia di marmo, avrà lo spessore di 1-1,5 cm, sarà costituito da un impasto grasso e plastico a base di calce spenta e polveri di marmo (fine e grossa) in rapporto di 1:1. Sulla stabilitura si eseguirà, a mano, la semina della graniglia partendo dalle scaglie più grosse fino ad arrivare a quelle più minute seguendo le indicazioni di progetto e soprattutto la granulometria della pavimentazione originale (la granulometria della graniglia sarà variabile da 5 a 40 mm in ragione al tipo di pavimento su cui sarà eseguito l'intervento di ripristino, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto si potrà utilizzare 2 parti di graniglia 20-25 mm e 1,5 parte di graniglia 4-7 mm). Alla semina dovranno seguire la rullatura e la battitura con mazzapicchio e staffa o "ferro da battere" (sorta di grande cazzuola di ferro, del peso di circa 5 kg, costituita da un lungo manico collegato ad una specie di spatola pesante lunga circa 80 cm) al fine di far penetrare le scaglie nella malta, ovverosia per far compattare l'impasto malta-granulato e per livellare la superficie del battuto. A stagionatura avviata ma non ancora terminata il pavimento dovrà essere levigato a mano in più riprese (orsatura), fino ad ottenere il livello voluto; ultimata questa operazione il pavimento dovrà essere lasciato stagionare per almeno 30-40 giorni. A stagionatura avvenuta si potrà stuccare il pavimento con lo scopo di eliminare le piccole cavità o le imperfezioni del getto; la stuccatura potrà essere eseguita con una miscela di calcio idrato e olio di lino cotto, con eventuali aggiunte di pigmenti colorati (massimo 5-10 %); passata una settimana si potrà operare l'ultima levigatura ed il trattamento finale di lucidatura, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto potrà essere eseguito con più passate di olio di lino crudo diluito al 95%, 85%, 70% con solvente tipo essenza di trementina fino ad impregnare il pavimento in profondità. Quando l'olio sarà bene assorbito si potrà passare allo strato di protezione mediante trattamento con cera naturale o sintetica mediante stracci di juta.

Il pastellone avrà in comune con il terrazzo solo il sottofondo, la sottile coperta dello spessore di circa 1-2 cm sarà costituita da un impasto composto da 1 parte di grassello di calce, 2,5 parti di polvere grossa di coccio, 0,5 parti di pietra (rapporto legante-inerte 1:3) che dovrà essere adeguatamente battuto e stagionato. La stesura finale, eseguita con spatola e lavorata con cazzuolino, sarà costituita da una pasta composta da calce e coccio pesto vagliato e lavato (al fine di eliminare la polvere impalpabile e la pezzatura troppo grossa) in rapporto di 1:1, per le prime due mani e da polvere di coccio pesto fine (granulometria 0-1,2 mm) e terre coloranti (rosso cinabro, terra vermiglia, terra di Siena, terre d'ombra ecc.) per la terza ed ultima mano. Il trattamento finale prevedrà la levigatura con carta abrasiva a grana fine e la lucidatura ad olio di lino eseguita con stracci di juta.

Specifiche: in entrambi i casi sarà sconsigliato l'uso di levigatrice meccanica in quanto questa, oltre a far perdere la compattezza e il naturale colore al terrazzo o al pastellone, sovente danneggia irrimediabilmente il vecchio legante che sotto l'azione della macchina si debilita e si sgretola; pertanto l'uso di macchinari per le operazioni di arrotatura, levigatura e lucidatura saranno ammessi solo dietro specifiche indicazioni di progetto e comunque consigliate solo nei casi di rifacimenti ex novo di tutta la superficie pavimentata.

Il battuto di terrazzo potrà anche essere costituito da un sottofondo composto da un impasto quasi asciutto di cemento e rottami vagliati di cotto (rapporto legante-inerte 1:4), talvolta gli aggregati sono composti da argilla espansa o vermiculite al fine di ottenere un cls leggero in ragione di 200 kg di cemento per metro cubo di impasto. Il coprifondo (coperta), dello spessore di 2-4 cm, sarà composto di polvere grossa di mattone e cemento, in ragione di 300 kg per metro cubo di polvere, mentre la stabilitura (di almeno 1-1,5 cm di spessore) sarà eseguita con impasto secco di cemento e graniglia di marmo sottile in ragione volumetrica di due parti di graniglia e tre parti di cemento, con l'eventuale aggiunta di terre colorate. Seguiranno le operazioni di semina della graniglia (con granulometria richiesta dagli elaborati di progetto) e la bagnatura al fine di ottenere una malta plastica che consenta, con l'aiuto del rullo, la penetrazione e l'inglobamento delle scaglie lapidee. La rullatura e la battitura verranno seguite contemporaneamente alla bagnatura con lo scopo di amalgamare il granulato nella malta cementizia e di livellare il piano finito. La levigatura finale sarà eseguita a macchina impiegando abrasivi progressivamente a grana grossa, medi, fini e finissimi.

Battuti di graniglia

Previa esecuzione delle operazioni preliminari si procederà a stendere sul piano di posa (costituito da un massetto a base di calce idraulica e sabbione, rapporto legante-inerte 1:4) uno strato di conglomerato di calce idraulica naturale NHL 5 avente lo spessore di circa 3 cm (o quanto sarà necessario al fine di arrivare ad un sottolivello del piano finito di circa 2,5-3 cm) successivamente costipato mediante battitura con mazzeranghe. Sul conglomerato ancora umido, dovrà essere disteso uno strato di malta grassa di calce idraulica naturale NHL 5 o cemento bianco con graniglia di marmo di granulometria e tipo selezionata come da progetto (in ogni caso dovrà corrispondere al pavimento originale ed essere priva di impurità) per uno spessore di circa 2 cm ed un ulteriore strato di cemento bianco misto a micrograniglia selezionata, lavata e depolverizzata, polvere di marmo, dello spessore di 5 mm, lisciato e mantenuto umido per i primi 7 giorni. Il trattamento finale prevedrà arrotatura, levigatura e lucidatura a piombo.

Integrazione di porzioni murarie

L'operazione di integrazione di porzioni di murature potrà rendersi necessaria in situazioni dove l'apparecchio murario risulti particolarmente degradato o lacunoso di elementi componenti tanto da rendere la struttura muraria a rischio di conservazione. Le integrazioni potranno riguardare murature o strutture murarie incomplete, interrotte o da consolidare (in questo caso si parla di operazione di "scuci e cucì"), che in ogni caso porranno problemi di connessione con le porzioni preesistenti.

In linea di massima la procedura si identificherà come un vero e proprio intervento costruttivo che, confrontandosi con il manufatto preesistente dovrà valutare di volta in volta le relazioni tra le parti

ovvero, la messa in opera di elementi analoghi o meno per forma, dimensione, tecnica di lavorazione e posa in opera rispetto a quelli “originali” (o meglio preesistenti). Tutto questo non dipenderà esclusivamente da ragioni di tipo tecnico-costruttivo ma piuttosto, da precisi intenti progettuali primo dei quali il rispetto o meno verso l’autenticità, la riconoscibilità e la distinguibilità dell’intervento ex novo.

I fattori che potranno indirizzare le scelte di progetto saranno principalmente i materiali, le forme, le dimensioni e le lavorazioni degli elementi scelti per l’integrazione, i tipi di apparecchiatura e le tipologie di posa in opera; le casistiche possibili saranno svariate, le più ricorrenti possono essere individuate in:

- integrazione con elementi di materiale, forma, dimensione, tipo di lavorazione uguale a quelli dell’apparecchio preesistente e con lo stesso tipo di apparecchiatura (integrazione mimetica);
- integrazione con elementi di materiale, forma, dimensione, tipo di lavorazione uguale a quelli dell’apparecchio preesistente ma apparecchiati in modo differente rispetto a quelli dei tratti limitrofi;
- integrazione con elementi di materiale uguale a quelli dell’apparecchio preesistente ma con forma, dimensione, tipo di lavorazione differente rispetto a quelli dei tratti limitrofi e posti in opera con apparecchiature analoghe o differenti rispetto a quelle delle porzioni confinanti;
- integrazione con elementi di materiale, forma, dimensione uguali a quelli dell’apparecchio preesistente, ma diversi per il tipo di lavorazione e posti in opera con apparecchiature analoghe o differenti rispetto a quelle dei tratti limitrofi;
- integrazione con elementi di forma, dimensione, tipo di lavorazione uguale a quelli dell’apparecchio preesistente ma di materiale diverso (di norma più resistente o di colore differente) posti in opera con apparecchiature analoghe o differenti rispetto a quelle dei tratti limitrofi;
- integrazione eseguita con elementi di dimensione uguale a quelli dell’apparecchio preesistente ma di materiale diverso e di forma opposta a quella preesistente.

In linea generale la procedura operativa di integrazione dovrà seguire le fasi sotto elencate.

Operazioni preliminari

Accurato rilievo in scala adeguata (minimo 1:25) dello stato di fatto dell’apparecchio murario con tecnica e strumentazione indicata dalla D.L., se non diversamente specificato si eseguirà un rilievo fotogrammetrico, analitico o digitale esteso non soltanto, alla porzione della muratura da integrare ma a tutta la sezione oggetto di integrazione. Se non diversamente specificato dalla D.L. si procederà, inoltre, alla redazione di rilievo in scala 1:1 delle sole porzioni di murature da integrare. Le informazioni ricavate dalla suddetta analisi dovranno servire a definire la qualità, le forme e i modi di posa in opera dei nuovi elementi. Questi elaborati costituiranno la base per la “progettazione” dell’integrazione, sarà pertanto, utile elaborare delle simulazioni con diverse soluzioni progettuali al fine di verificare meglio le scelte operate.

Nel caso in cui le operazioni di rilievo manuale e/o strumentale non fossero sufficienti ad apprendere tutti i dati necessari (specialmente informazioni riguardanti le sezioni interne dell’organismo murario) potranno essere eseguiti eventuali accertamenti diagnostici (indagini endoscopiche, termografiche ecc.) specifici da scegliersi in accordo con la D.L.

Previa messa in sicurezza della struttura con idonee opere provvisoriale, sarà possibile procedere alla rimozione degli elementi particolarmente sconnessi e/o decoesi. La rimozione dovrà avvenire per cantieri successivi di limitata entità dall’alto verso il basso così da non arrecare ulteriore stress all’organismo murario. Successivamente a questa fase di rimozione sarà necessario operare una pulitura generalizzata dei piani di appoggio e di connessione dei nuovi conci. La pulitura, se non diversamente specificato, avverrà mediante strumenti meccanici (quali ad es. spazzole, scopinetti eventuali piccoli aspiratori) o eventualmente blande puliture ad acqua facendo attenzione a non arrecare danno ai materiali preesistenti (per ulteriori specifiche inerenti le metodologie di pulitura si rimanda a quanto detto agli articoli specifici).

Messa in opera dei nuovi elementi

La vera messa in opera degli elementi dovrà essere preceduta dalla “presentazione”, ovvero la sistemazione provvisoria degli elementi nuovi nella sede prevista, al fine di verificare l’accettabilità

della loro forma e l'effettiva realizzabilità dell'intervento oppure dalla "presentazione" di un campione tipo di integrazione (ad es. nel caso di integrazione di apparecchio in opus reticulatum con un altrettanto opus reticulatum ma convesso e realizzato in malta). Per agevolare l'operazione di "presentazione" del primo caso si potrà far uso di zeppe o liste di legno per appoggiare provvisoriamente gli elementi nelle loro sede.

Nel caso di integrazioni murarie con nuovi elementi lapidei la messa in opera degli stessi avverrà previo preparazione dei letti con malta di calce preferibilmente simile per composizione a quella presente in situ, eventualmente additivata per migliorarne l'aderenza o diminuirne il ritiro. Dietro specifica indicazione della D.L. si provvederà all'inserimento di eventuali perni (ad es. barre filettate) o zanche in acciaio inox al fine di migliorare la connessione tra i nuovi elementi.

Dopo la messa in opera degli elementi di integrazione, nel caso di un paramento a faccia vista, si dovrà eseguire la finitura e la stillatura dei giunti soprattutto in prossimità dei bordi d'unione tra il vecchio e il nuovo al fine di evitare, proprio, in questi punti delicati, discontinuità strutturali.

Rincocciature di murature

La rincocciatura è un'operazione che interessa la ricostruzione di mancanze o lacune murarie (generate ad esempio da crolli o distruzioni), nella massa e nel volume, tramite l'inserimento di nuovi materiali compatibili con quelli presenti allo scopo di ripristinare la continuità della parete. Potrà limitarsi al paramento esterno od interessare la muratura, per tutto il suo spessore; questo ultimo caso si differenzia dall'integrazione muraria poiché coinvolge porzioni limitate di muratura e, dallo scuci e cuci perché non prevede la rimozione delle parti di muratura degradate. L'operazione di rincocciatura si renderà necessaria, inoltre, per evitare il progredire e/o l'insorgenza dei fenomeni di degrado (infiltrazioni d'acque meteoriche, di radici infestanti ecc.) che potranno attecchire all'interno della lacuna. Il compito strutturale dell'intervento potrà essere più o meno incisivo secondo i singoli casi; se la rincocciatura dovrà assolvere un ruolo di sostegno i materiali utilizzati dovranno avere delle caratteristiche di resistenza meccanica a compressione tale da garantire la stabilità della struttura (sarà opportuno a tale riguardo ricorrere a materiali compatibili e similari, per natura e dimensioni, a quelli originali), se invece si tratterà di colmare un vuoto si potranno utilizzare materiali come: frammenti di mattone, scaglie di pietra ecc. Se richiesto dalle specifiche di progetto, nei casi di strutture a rischio di crollo, prima di procedere con l'intervento, si dovranno mettere in opera dei sostegni provvisionali circoscritti alla porzione che dovrà essere ripristinata; dalla cavità dovranno essere rimosse tutte le parti incoerenti o eccessivamente degradate tramite l'utilizzo di mezzi manuali (martelli o punte) avendo cura di non sollecitare troppo la struttura evitando di provocare ulteriori danni.

All'interno della lacuna, se indicato dagli elaborati di progetto, potranno essere realizzate delle forature per l'inserimento di perni e connettori necessari per facilitare e, allo stesso tempo, garantire l'efficace ancoraggio dei nuovi elementi (per maggiori delucidazioni sulla tipologia dei perni si rimanda agli articoli inerenti: stuccatura elementi in laterizio e fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati). La cavità dovrà poi essere pulita ricorrendo a mezzi manuali come spazzole, raschietti o aspiratori in modo da rimuovere i detriti polverulenti e grossolani (nel caso sia necessario ricorrere ad un tipo di pulitura che preveda l'uso di acqua l'intervento dovrà attenersi alle indicazioni specificate presenti negli articoli inerenti le puliture a base di acqua). La posa in opera dei nuovi materiali dipenderà dal tipo di rincocciatura che s'intenderà realizzare (se limitata al paramento esterno oppure estesa in profondità) e, dalla relativa tecnica utilizzata; in ogni modo sarà sempre buona norma ricorrere a materiali affini agli originali in modo da evitare l'insorgenza d'incompatibilità fisico-chimiche. La malta di connessione dovrà essere simile a quella presente sul paramento murario per rapporto legante-inerte e granulometria dell'inerte; se non diversamente specificato da progetto, si potrà ricorrere all'uso di una malta di calce (rapporto legante-inerte 1:3) così composta: 2 parti di calce aerea, 1 parte di calce idraulica, 9 parti di inerte (4 parti di coccio pesto, 5 parti di sabbia vagliata). Dopo la messa in opera del materiale di risarcitura, nel caso di un paramento a faccia vista, si dovrà eseguire la finitura e la stillatura dei giunti soprattutto in

prossimità dei bordi d'unione tra il vecchio e il nuovo al fine di evitare, proprio, in questi punti delicati, discontinuità strutturali.

Se specificatamente indicato dagli elaborati di progetto l'intervento di rincocciatura, potrà essere denunciato realizzando la nuova porzione di muratura in leggero sottosquadro o soprasquadro, tenendo presente però che la non complanarietà delle due superfici, costituirà una zona facile da degradarsi.

Tassellatura

L'intervento di tassellatura, ha lo scopo di integrare mancanze generate da diversi fenomeni (rimozioni eseguite a causa di degrado avanzato, distacchi generati da azioni meccaniche ecc.) utilizzando materiali compatibili (meglio se di recupero) simili per consistenza e colore al supporto. L'operazione riguarderà in particolare, il ripristino di porzioni di paramenti decorativi quali: modanature, cornici, riquadrature di porte e finestre, fasce marcapiano ecc.. Il tassello posto in opera dovrà riprodurre con esattezza la parte asportata o mancante; a sbazzatura avvenuta, previa pulitura della cavità, dovrà essere inserito ed adattato in modo da garantire la continuità superficiale tra la parte nuova e quella vecchia. L'adesione di tasselli di piccole dimensioni potrà essere realizzata, oltre che con l'ausilio di resine epossidiche, con una malta di calce idraulica naturale NHL 5 additivata con emulsioni acriliche (per migliorare l'adesività) caricata con carbonato di calcio od altro aggregato di granulometria fine (ad es. coccio pesto, pozzolana ecc.). Nei casi, invece, in cui l'intervento presenti delle dimensioni considerevoli e il tassello risulti particolarmente aggettante si potrà ricorrere all'uso di sostegni interni come perni in acciaio inossidabile o zincato (f variabile da 4 a 10 mm) Fe B 44 K ad aderenza migliorata o barrette filettate in acciaio inossidabile AISI 316L (in caso di elementi non sottoposti a particolari sollecitazioni meccaniche si potrà ricorrere a barre in vetroresina), saldati con l'ausilio di resine epossidiche bicomponenti ed esenti da solventi; l'impasto, steso con l'ausilio di piccole spatole, dovrà presentare un grado di tixotropicità o fluidità idoneo alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo sul fissaggio ed adesione degli elementi sconnessi e distaccati). Per tassellature in ambienti interni si potranno utilizzare, oltre alle resine epossidiche, anche le resine poliestere. I fori d'inserimento dei perni, eseguiti con trapano a sola rotazione, potranno essere, secondo i casi specifici, passanti o ciechi; le fessure in corrispondenza dell'unione del tassello andranno stuccate con polvere dello stesso materiale, legato con resine sintetiche (acriliche o elastomeri fluorurati) o calce naturale.

INTEGRAZIONI, STUCCATURE MATERIALI LIGNEI

La procedura prevedrà il riempimento di fori, fessure ed altre soluzioni di continuità d'elementi lignei appartenenti sia ad unità strutturali (travi, arcarecci, travicelli ecc.) sia a serramenti o elementi secondari (portoni, finestre, scalini ecc.) con stucco, steso a spatola, composto con impasti diversi.

Previa eventuali operazioni preliminari di pulitura da eseguire secondo le prescrizioni di progetto (svernicatura con aria calda, pulitura manuale ecc.) la procedura prevedrà la spolveratura, con un pennello morbido, della fessura e il successivo trattamento con tampone imbevuto d'alcool denaturato al fine di eliminare velocemente l'umidità così da favorire l'adesione dell'impasto prescelto. Passato il tempo necessario (di norma fino ad esaurimento dell'odore di alcool) affinché il supporto sia asciutto si passerà a riempire il vuoto con lo stucco prescelto. Questa operazione potrà avvenire con l'ausilio di piccole spatole o bacchette (od altri strumenti ritenuti idonei) premendo bene e passando più volte in tutte le direzioni, in modo da avere la certezza di una perfetta otturazione del foro. Generalmente lo stucco tenderà, se pur in minima parte, a ritirarsi durante l'essiccazione, pertanto si rivelerà utile applicare una quantità sovrabbondante o, più correttamente, ripetere l'operazione dopo l'essiccazione della parte più profonda. In seguito ad un'essiccazione adeguata dello strato superficiale di stucco, comunque entro le 12 ore successive, si potrà procedere alla carteggiatura manuale con grana media (120-180) al fine di eliminare l'eccesso di prodotto. Per agevolare la completa essiccazione dell'impasto si potrà trattare la superficie d'intervento con tampone imbevuto d'alcool denaturato. L'operazione di levigatura finale potrà

essere facilitata regolando la percentuale del legante degli impasti in modo da avere uno stucco resistente ma allo stesso tempo carteggiabile. Nel caso d'interventi rivolti alla "ricostruzione" di spigoli o porzioni vive, sarà vantaggioso mettere in opera uno stucco più denso con l'aggiunta di colla di coniglio.

Le ricette per confezionare stucchi sono svariate in ragione al tipo di legno, e alla fessurazione da riempire, in linea generale se non diversamente specificato negli elaborati di progetto si potrà utilizzare un impasto composto da un legante inorganico da scegliere tra gesso, colla animale (ad es. di coniglio), cera d'api o da un legante organico (polimero sintetico come ad es. le resine acriliche) e da un inerte (con funzione di antiritiro e di colorante) costituito da polvere di legno o microfibre. All'interno di questo impasto potranno essere inseriti, in percentuali non superiori a 5%, eventuali pigmenti al fine di avvicinare la tonalità cromatica originale. In alternativa a questo impasto si potrà utilizzare uno stucco a base di gommalacca e cera d'api vergine; dovranno essere fuse delle scaglie di gommalacca regolandone la densità con la cera (un eccesso di gomma lacca potrà causare un effetto perlato sulla superficie trattata) al fine di formare delle bacchette sottili e abbastanza consistenti, che dovranno essere scaldate e fatte colare all'interno della fessura aiutandosi con piccole spatole prescaldate.

Nel caso di stucature d'elementi strutturali, si potranno utilizzare leganti a base di polimeri sintetici (le resine più utilizzate sono quelle epossidiche o poliuretatiche in ragione al tipo di stuccatura da eseguire) opportunamente caricati con polvere di segatura o fillers allo scopo di migliorare la resistenza a compressione e ridurre il volume di resina impiegato così da contenere lo sviluppo di calore al momento della reazione esotermica. L'impasto dovrà avere una consistenza tissotropica e sarà applicato per, eventuali, strati successivi con spatola (tempo di presa a 23°C ca. 6-8 h, tempo d'indurimento completo ca. 5-7 giorni). Le resine utilizzate dovranno essere compatibili con il legno, pertanto dovranno presentare un'elasticità tale da sostenere variazioni dimensionali imposte dagli sbalzi termici e modulo elastico simile a quello del legno (ca. 3000 N/mm²).

Nel caso in cui le dimensioni delle lacune saranno tali da non rendere conveniente operare delle stuccature si dovrà intervenire attraverso la procedura della tassellature.

OPERAZIONI DI INTEGRAZIONE OPERE MUSIVE

Generalità

La procedura che prevede l'integrazione di porzioni mancanti di mosaici, sia parietali che pavimentali, si prefigge l'obiettivo di fermare il deterioramento del rivestimento colmando le mancanze presenti sulla superficie tassellata, ovviando, in questo modo, l'innescarsi di dannosi fenomeni di distacco a catena delle tessere. La diversità tra il ripristino di un mosaico parietale e quello pavimentale risiede, sostanzialmente, nella volontà di recuperare la funzione originale del secondo ovvero, se il mosaico pavimentale dovrà essere di nuovo calpestabile i materiali utilizzati dovranno necessariamente possedere una resistenza meccanica simile a quella delle tessere originali (marmo, resina, materiale lapideo ecc.). Nel caso, invece, di ripristini di mosaici non sollecitati (parietali o mosaici distaccati) si potranno utilizzare anche materiali più semplici da lavorare (gesso o malta di calce). Il ripristino, indipendentemente dalle diversità della risoluzione prescelta, dovrà essere riconoscibile e reversibile. La riconoscibilità potrà essere garantita adottando diversi accorgimenti tra i quali: segni di delimitazione, uso di materiali diversi o uguali per natura ma diversi per tonalità di colore ecc. L'integrazione della lacuna in mosaici figurati non dovrà riprodurre l'immagine perduta, ad eccezione dei casi in cui esista una documentazione certa e dettagliata o, si tratti di riprodurre composizioni geometriche; in ogni caso, anche per tali eccezioni, il ripristino dovrà distinguersi chiaramente dal resto della superficie.

Integrazioni di opere musive con tessere

Il ripristino della lacuna utilizzando tessere, potrà essere realizzato seguendo il metodo diretto per cui le tessere vengono poste una per volta, "a fresco", così come in origine seguendo, il disegno precedentemente stabilito oppure, ricorrendo al metodo indiretto per cui le parti che dovranno

colmare la lacuna sono preparate fuori opera e al rovescio. In entrambi i casi dovrà essere accertata la profondità della lacuna in modo da capire se l'integrazione dovrà essere preceduta dal ripristino degli strati sottostanti (statumen, rudus e nucleus); in questo caso il loro rifacimento dovrà essere realizzato utilizzando materiale in riferimento a quanto desunto dall'analisi della preesistenza formulando, per questo, composti simili per consistenza e granulometrie; generalmente nei mosaici antichi lo statumen si componeva di ciottoli, calce spenta e pozzolana; il rudus di pietre spezzate, ghiaia, cocci pesto e calce idraulica (cocchio pesto con aggiunta di pozzolana); il nucleus di calce spenta polvere di mattone polvere di marmo e pozzolana; il sovrannucleus di calce, polvere di mattone e pozzolana. Il ripristino del nucleus (il massetto che accoglie il tassellato) in mosaici pavimentali potrà essere realizzato, se non diversamente specificato dalla D.L., utilizzando un primo strato di malta a base di calce idraulica naturale (NHL 3,5 di circa 2-3 cm), con eventualmente annegata una rete elettrosaldata in acciaio inox o zincata 50 x 50 mm ø 3 mm (in alternativa potrà essere utilizzata una rete in polipropilene bi-orientata maglia 27 x 42 mm), battuto, rullato e liscio.

Metodo diretto

Delimitata la lacuna da colmare e liberata da eventuali impurità o residui di materiale, si procede con la stesura di uno strato di malta (sovrannucleus) (di circa 15 mm) composta da grassello di calce, calce idraulica naturale esente da sali solubili (NHL 2) e sabbia. Su questo strato, seguendo le indicazioni dettate dalla D.L. in riferimento all'analisi dello stato di fatto, si procederà con la messa in opera degli elementi avanzando, se possibile, imitando la presunta sequenza originale; le tessere dovranno essere immerse nella malta per 3/4 dello spessore. L'orientamento e l'andamento delle tessere originali potrà essere ricavato dalle tracce, sovente leggibili, nell'allettamento degli elementi mancanti.

Metodo indiretto

Indicato principalmente per integrazioni di lacune di dimensioni ridotte, consiste nel preparare, a rovescio, le parti di mosaico mancanti. Dopo aver rilevato dimensionalmente la lacuna con estrema precisione, la procedura prevede l'incollaggio della faccia superiore della tessera (utilizzando, se non diversamente specificato dalla D.L., una miscela di colla vegetale e vinilica) su di un foglio di carta da spolvero sul quale dovrà essere riportato il rilievo è, se specificato dalla D.L., l'eventuale, schema da riprodurre. La cavità da colmare, precedentemente delimitata e pulita da eventuali impurità o residui di materiale, verrà riempita con della malta di allettamento composta da grassello di calce, calce idraulica naturale esente da sali solubili (NHL 2) e sabbia, dopodiché si metterà in opera la porzione di tassellato preparata capovolgendola ed adagiandola sul letto di malta. L'operazione procede battendo delicatamente le tessere in modo da portarle allo stesso livello della superficie preesistente dopodiché, a presa avvenuta, dovrà essere asportata la carta ancora presente sull'integrazione, bagnando il foglio con acqua, e lavando la superficie in modo da asportare eventuali residui di materiale rimasto.

Per entrambe le risoluzioni la riconoscibilità dell'integrazione potrà essere ottenuta in diversi modi tra i quali:

- integrazioni con tessere a tonalità monocroma: prevede la messa in opera di tessere (selezionando il materiale in relazione al tipo di mosaico-parietale o pavimentale) di tonalità neutre (bianche o beige); in alternativa potranno essere utilizzate tessere sempre a tonalità neutra ma più scura del fondo preesistente. In questo caso si potrà anche suggerire il disegno originale poiché, a differenza di una ricostruzione a colori, risulterà facilmente individuabile la parte integrata;
- integrazione con tessere di tonalità più chiare rispetto a quelle originali: il metodo è conosciuto anche come "integrazione sottotono". Per adottare tale risoluzione è opportuno ricorrere a materiali di natura diversa da quelli originali visto che difficilmente si potranno reperire i sottotoni di uno specifico materiale; inoltre, tale procedura sarà particolarmente adatta con le integrazioni di ridotte dimensioni così da non creare incertezze sull'immediata riconoscibilità tra le porzioni originali e quelle nuove;

- integrazione con tessere differenti da quelle originali per lavorazione o dimensione: la diversità di lavorazione potrà concretizzarsi in una superficie più liscia, anche se con il tempo tenderà, inevitabilmente, a confondersi con la preesistenza soprattutto se si tratta di mosaici pavimentali. La diversità dimensionale garantirà un'immediata riconoscibilità dell'integrazione ma altererà decisamente l'armonia compositiva del tassellato;
- integrazioni delimitate perimetralmente: la riconoscibilità dell'integrazione è garantita dall'utilizzo di un profilo di piombo fatto aderire, con una lieve battitura, al perimetro interno della lacuna; in alternativa al piombo potranno essere inserite tessere in vetro trasparente.

Integrazioni di opere musive mediante impasti

Il ripristino di lacune presenti in opere musive, utilizzando questo tipo di procedura, è adatto anche per superfici calpestabili poiché ne garantisce il recupero dell'uso originale. La riconoscibilità dell'intervento è, in questo caso, facilmente raggiungibile poiché la natura della nuova superficie, si differenzia sostanzialmente da quella originale. Questo tipo di procedura, diversamente da quella che prevede l'utilizzo di tessere, esclude ogni possibilità di "confondersi" con la preesistenza anche nei casi in cui venga riprodotto il disegno originale. I materiali utilizzabili per compiere tale procedura sono diversi in relazione alle specifiche caratteristiche dell'opera da ripristinare. L'impasto utilizzato potrà essere composto, se non diversamente specificato dalla D.L., da grassello di calce stagionato, e calce idraulica naturale esente da sali solubili e inerte ricavato, preferibilmente, dalla triturazione di materiale della stessa natura di quello presente nel mosaico, in modo da ottenere frammenti di grandezza variabile da 2 a 5 mm oppure, in alternativa, potrà essere utilizzato del coccio pesto. Le proporzioni dell'impasto potranno essere: rapporto legante inerte 1:2 (per un impasto più resistente) o 1:3. Delimitata la lacuna da colmare, liberato il fondo da impurità o residui di materiali e seguite le indicazioni riportate nella procedura di integrazione mediante tessere (inerenti il ripristino degli strati sottostanti al tassellato), si procederà alla messa in opera della malta che dovrà essere battuta fino a raggiungere il medesimo livello della superficie superiore del mosaico; dopodiché l'integrazione dovrà essere costantemente inumidita durante la presa così da evitare la formazione di cretture da ritiro. La superficie potrà essere levigata, ricorrendo all'ausilio di spatole metalliche o frattazzi lignei, ad indurimento avvenuto, spugnata durante la presa così da ottenere una finitura liscia o lasciata scabra. Gli impasti potranno comporsi di: malta di calce e graniglia di pietre uguali alle tessere; malta di calce, graniglia di pietre uguali alle tessere e polvere di pietra macinata come pigmento; malta di calce, graniglia e pezzetti di marmo (sottotono rispetto all'originale). Gli impasti potranno essere lavorati in relazione alla "filosofia" di ripristino perseguita:

- per integrazioni che non prevedono la riproduzione di alcuna raffigurazione si potrà ricorrere ad un impasto di tonalità neutra di calce idraulica, resina acrilica e inerte; la malta (calce spenta e polvere di marmo setacciata finemente) potrà essere modellata a fresco riproducendo l'andamento del tassellato originale; in questo caso la lavorazione potrà essere realizzata o, mediante l'utilizzo di stampini in rame oppure ricorrendo a spatoline, in entrambi i casi si dovrà provvedere a realizzare, e applicare direttamente sul fondo, il disegno (eseguito su carta trasparente) che riporta l'andamento delle tessere da imitare. Le tessere così ottenute potranno essere colorate con acquarello in armonia con le cromie presenti sulla superficie mosaicata. Le "nuove" tessere si distingueranno da quelle preesistenti anche per la loro opacità;
- l'integrazione potrà essere realizzata ricorrendo ad una malta caratterizzata da una tonalità neutra e messa in opera sottosquadro; le linee che caratterizzano la geometria di quanto raffigurato potranno essere indicate utilizzando delle tessere lapidee (di colore bianco o nero) allettate in modo da risultare complanari a quelle originali. La procedura dovrà, necessariamente, comportare la realizzazione di un dettagliato schema delle geometrie da riprodurre, eseguito su carta trasparente direttamente applicato sul fondo nonché la miscelazione a secco di una quantità abbondante di malta allo scopo di evitare variazioni cromatiche riconducibili ad impasti preparati in tempi successivi;

– nel caso di integrazioni di considerevoli dimensioni e in presenza di disegni geometrici regolari, potrà essere operato un ripristino che preveda l'incisione della malta (calce idraulica, resina acrilica e inerti), ancora in fase di presa, con strumenti a punta (punteruoli e simili).

OPERAZIONI DI INTEGRAZIONE PITTORICA IN DIPINTI MURARI (AFFRESCHI, GRAFFITI E PITTURE A SECCO)

Le integrazioni pittoriche delle lacune presenti in dipinti murari (affreschi, graffiti e pitture a secco) dovranno essere realizzate in funzione dell'entità della mancanza e dello stato di conservazione del dipinto stesso. L'intervento dovrà, indipendentemente dalla tecnica prescelta, essere distinguibile dall'originale, reversibile e preceduto da operazioni preventive allo scopo di verificare ed assicurare, l'effettiva stabilità del supporto e della superficie dipinta. La superficie interessata dall'intervento dovrà, per questo, essere ispezionata al fine di rintracciare eventuali anomalie come distacchi localizzati di intonaco dal supporto (per la procedura di riadesione dell'intonaco al supporto si veda quanto esplicito nello specifico articolo) o fenomeni di degrado (efflorescenze saline, depositi humiferi, distacco di scaglie, polverizzazione superficiale, patine, sostanze grasse ecc.). Prima di procedere con le operazioni di integrazioni la superficie dovrà, inoltre, essere pulita seguendo le indicazioni dettate dalla D.L. (in relazione a quanto enunciato nelle specifiche procedure di pulitura) in modo da poter disporre di riferimenti cromatici non alterati da patologie degenerative o da interventi postumi (ridipinture, interventi recenti di restauro ecc.). Dovranno, inoltre, essere individuate delle aree campione (localizzate in diverse zone del dipinto) così da poter effettuare le specifiche prove che dovranno essere, in seguito, documentate fotograficamente in modo da riuscire a valutare i risultati raggiunti. La fotografia dovrà essere effettuata sia a quadro verticale ravvicinata sia, per un'ulteriore verifica, a luce radente inoltre, dovrà essere utilizzata una scheda di riferimento (come la banda Kodak color control) che posta alla base della campionatura consentirà la fedele riproducibilità delle cromie. Al fine di garantire un buon risultato finale, dovranno essere utilizzate fotocamere reflex su cui potranno essere montate diapositive o pellicole a colori (100, 64 ASA). Nel caso in cui si tratti di integrazioni realizzate in interni le riprese fotografiche potranno essere agevolate ricorrendo all'uso di luci artificiali (lampade al quarzo con temperatura 3200 °K) posizionate ai margini della campionatura.

L'integrazione pittorica dovrà essere anticipata dalla stuccatura della lacuna, nei casi in cui manchi lo strato di intonaco (se non diversamente indicato dalla D.L. potrà essere eseguita utilizzando calce e aggregati fini come sabbia di fiume setacciata), realizzata in modo da risultare complanare alla superficie dipinta e tale da riproporre, in maniera non mimetica ma distinguibile, l'imprimitura originale dedotta dall'analisi delle caratteristiche dominanti dell'originale. La natura dei colori adatti per ripristinare la continuità cromatica saranno: tempere di calce, colori ad acquarello, pigmenti in polvere stemperati con acqua e legati con caseinato di ammonio in soluzione al 4%.

La selezione della tecnica da utilizzare per ripristinare la lacuna si legherà al tipo di mancanza ovvero: per zone ampie si potrà utilizzare l'astrazione cromatica, per lacune interpretabili alla selezione cromatica, per cadute di colore di limitate dimensioni alla tecnica del tratteggio.

Astrazione cromatica

Questa tecnica di integrazione risulterà particolarmente adatta nei casi in cui, l'estensione consistente della lacuna, non consentirà di dedurre e quindi realizzare il collegamento formale della mancanza al dipinto. Le tonalità dei colori (generalmente quattro: giallo, rosso, blu o verde e nero) da utilizzare dovranno essere dedotte dall'analisi delle tonalità predominanti sulla superficie dipinta. L'applicazione dei colori dovrà essere tale da consentirne sempre la loro identificazione per questo le pennellate dovranno essere stese sfalsate e intrecciate tra loro applicate con la punta del pennello. La prima stesura di colore (giallo) applicato con piccole pennellate verticali, dovrà essere molto fitta in modo da riuscire a coprire il bianco della stuccatura; il secondo colore (rosso) dovrà essere steso sovrapposto al primo in maniera inclinata; si procederà allo stesso modo con il terzo colore (verde o blu) e il quarto colore (nero).

Selezione cromatica

Questa tecnica risulterà particolarmente adatta quando si tratterà di ripristinare lacune pittoriche di limitate dimensioni per cui sarà possibile ripristinare la parte mancante tramite un collegamento cromatico e figurativo realizzato tramite stesure successive di colore desunto dall'analisi delle cromie originali presenti ai bordi della lacuna. Perché ciò sia fattibile sarà necessario ricavare le componenti che caratterizzano il colore così da poter ricostruire l'effetto tramite una serie di stesure alternate. L'applicazione di tale tecnica prevedrà l'applicazione alternata del colore partendo da quello più chiaro verso il più scuro per sovrapposizione, facendo attenzione a non coprire totalmente il colore già steso, realizzando piccoli tratti netti tracciati seguendo l'orientamento delle pennellate originali utilizzando pennelli sottili non eccessivamente caricati di colore sulla punta.

Tecnica del tratteggio

L'integrazione delle lacune pittoriche mediante questa tecnica prevedrà il ripristino delle parti pittoriche perdute realizzando un tratteggio (utilizzando colori ad acquarello) sottile e visibile grazie al quale risulterà possibile, ove richiesto, collegare figurativamente il nuovo all'originale. Potrà essere opportuno, prima di procedere all'applicazione della tecnica, stendere sulla superficie una velatura di colore uniforme in modo da creare una base cromatica di supporto all'integrazione. I tratti dovranno essere realizzati (orizzontali, verticali od obliqui) in relazione alle forme e ai piani limitrofi alla lacuna e dovranno essere eseguiti con la punta del pennello facendo attenzione a non caricarlo eccessivamente sulla punta in modo da poter evitare colature di colore; a tale scopo potrà essere opportuno, prima di eseguire il tratto, passare il pennello carico di colore su di una superficie assorbente.

CONSOLIDAMENTO

Premessa metodologica

Gli interventi di consolidamento operati sui "materiali lapidei" devono essere mossi dalla volontà di ristabilire una continuità, alterata a causa dei diversi fenomeni di degrado, tra la parte esterna del materiale e quella più interna in modo da poter garantire una coesione materica capace di eliminare le differenze fisico-meccaniche che si sono generate tra i vari strati. Le operazioni di consolidamento devono, infatti, assicurare l'adesione del materiale danneggiato a quello sano in modo da ristabilire un equilibrio strutturale capace di assicurare un comportamento solidale nei confronti delle diverse sollecitazioni e, allo stesso tempo, permettere di fronteggiare le condizioni al contorno; il fine è quello di ripristinare la resistenza meccanica originale del materiale sano, evitando, per questo, interventi eccessivi che potrebbero alterare la costituzione intrinseca della struttura con effetti, a lungo termine, difficilmente prevedibili.

L'intervento di consolidamento di un apparecchio murario risulta particolarmente complesso poiché, la sua reale efficacia è relazionata alla conoscenza di diversi fattori tra i quali: la natura dei materiali, i cambiamenti riconducibili al naturale invecchiamento della struttura, le diverse patologie di degrado compresenti, lo stato conservativo e le sollecitazioni in atto. Definito il quadro conoscitivo della struttura è importante stabilire se è realmente possibile eliminare le cause che hanno provocato le patologie degeneranti; contrariamente l'intervento di consolidamento non potrà essere considerato risolutivo e duraturo nel tempo. L'analisi puntuale della struttura deve servire al fine di evitare operazioni generalizzate a tutta la superficie; alle diverse problematiche riscontrate deve corrispondere un intervento specifico opportunamente testato, prima della messa in opera, su appositi provini campioni in situ al fine di comprovarne la reale efficacia e, allo stesso tempo, rilevare l'eventuale insorgenza di effetti collaterali.

L'operazione di consolidamento dei materiali lapidei si concretizza impregnando il materiale in profondità, al fine di evitare la formazione di uno strato superficiale resistente sovrapposto ad uno degradato, con sostanze di varia natura (organiche e/o inorganiche) applicate utilizzando diversi strumenti a seconda dei casi specifici (pennelli, spatole, impacchi, siringhe ecc.); la riuscita dell'intervento dipende sia dalla sostanza utilizzata sia dalla sua corretta modalità di applicazione. È

opportuno ricordare che la sostanza consolidante deve essere compatibile con la natura del materiale per modulo di elasticità e di dilatazione termica così da non creare traumi interni alla struttura, inoltre deve essere in grado di ostacolare l'aggressione degli agenti patogeni. Il materiale introdotto non deve saturare completamente i pori così da non alterare i valori di permeabilità al vapore propri del materiale.

È buona norma inserire all'interno dei programmi di manutenzione, postumi all'intervento di conservazione, dei controlli periodici mirati alla verifica dell'effettiva validità delle operazioni di consolidamento in modo da poter realizzare il monitoraggio nel tempo e testarne il comportamento.

OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO DI MATERIALI LAPIDEI

Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

Generalità

Le procedure di consolidamento risultano essere sempre operazioni particolarmente delicate, e come tali necessitano di un'attenta analisi dello stato di fatto sia dal punto di vista della conservazione dei materiali sia del quadro fessurativo così da poter comprendere a fondo e nello specifico la natura del supporto e le cause innescanti le patologie di degrado; in riferimento a queste analisi si effettuerà la scelta dei prodotti e delle metodologie di intervento più idonee; ogni operazione di consolidamento dovrà essere puntuale, mai generalizzata; sarà fatto divieto di effettuare qualsiasi procedura di consolidamento o, più in generale, utilizzare prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni ovvero miscela di due liquidi rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratta di soluzioni cioè scioglimento di un solido in un liquido rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

Ad operazione eseguita dovrà, sempre, essere verificata l'efficacia, tramite prove e successive analisi, anche con controlli periodici cadenzati nel tempo (operazioni che potranno essere inserite nei programmi di manutenzione periodica post-intervento). I consolidamenti che si potranno realizzare sono diversi:

consolidamento coesivo il prodotto consolidante verrà applicato localmente o in modo generalizzato sulla superficie del materiale (consolidamento corticale) per ristabilire la coesione di frazioni degradate con gli strati sani sottostanti: l'obiettivo che si porrà sarà di ristabilire con un nuovo prodotto il legante degradato o scomparso. Le sostanze consolidanti potranno essere leganti dello stesso tipo di quelli contenuti nel materiale (consolidanti inorganici o a base di silicio), oppure sostanze sintetiche (consolidanti organici) estranee alla composizione originaria del materiale ma comunque in grado di migliorarne le caratteristiche fisiche; di norma si realizzerà con impregnazione fino al rifiuto;

consolidamento adesivo con questo termine s'intenderà un'operazione di "rincollaggio" di rivestimenti distaccati dal loro supporto originale come, ad esempio, un frammento di pietra od uno strato di intonaco per i quali si renderà necessario ristabilire la continuità fra supporto e rivestimento. Questo tipo di consolidamento, avverrà tramite iniezioni di malte fluide o resine acriliche in emulsione ovvero, con ponti di pasta adesiva a base di calce idraulica o resina epossidica. Sarà obbligatorio verificare, anche sommariamente, il volume del vuoto da riempire al fine di scegliere la giusta "miscela" da iniettare. Cavità piuttosto ampie dovranno essere riempite con malte dense e corpose; al contrario, modeste cavità necessiteranno di betoncini più fluidi con inerti piuttosto fini.

Fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati (mediante perni)

La procedura ha come obiettivo quello di far riaderire parti in pietra staccate o in fase di stacco mediante idonei adesivi sia a base di leganti aerei ed idraulici (calci) sia leganti polimerici (soprattutto resine epossidiche). Si ricorrerà a questa procedura allorché si dovranno incollare, o meglio riaderire, piccole scaglie di materiale, porzioni più consistenti, riempire dei vuoti o tasche associate a un distacco di strati paralleli alla superficie esterna della pietra (dovuti ad es. a forti variazioni termiche). La procedura applicativa varierà in ragione dello specifico materiale di cui sarà costituito l'elemento da incollare, dei tipi di frattura che questo presenterà e che occorrerà ridurre e dei vuoti che sarà necessario colmare affinché l'operazione risulti efficace.

Nel caso di interventi su manufatti e superfici particolarmente fragili e degradate e su frammenti molto piccoli, l'adesivo dovrà presentare una densità e un modulo elastico il più possibile simile a quello del o dei materiali da incollare in modo tale che la sua presenza non crei tensioni tra le parti; per la riadesione di pellicole pittoriche, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, sarà opportuno utilizzare una emulsione acrilica al 2-3% diluita in alcool incolore stesa a pennello a setola morbida.

Allorché si dovranno riaderire dei frammenti o porzioni più consistenti, sarà preferibile inserire adeguati sistemi di supporto costituiti da perni in acciaio inossidabile AISI 316L (minimo f 4 mm), in titanio o, se l'incollaggio interesserà parti non sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, barre in vetroresina. La procedura operativa seguirà quella descritta all'articolo sulle stuccature d'elementi lapidei.

In alternativa alla malta di calce idraulica, per il fissaggio e la riadesione di parti più consistenti si potranno utilizzare modeste porzioni di resina epossidica (bicomponente ed esente da solventi) in pasta stesa con l'ausilio di piccole spatole ed eventualmente, se indicato dagli elaborati di progetto, caricate con aggregati tipo carbonato di calcio o sabbie silicee o di quarzo al fine di conferire maggiore consistenza alla pasta e consentire il raggiungimento degli spessori previsti. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso d'umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; salvo diverse prescrizioni di progetto, le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%.

In ogni caso si ricorrerà ad un impasto d'adeguata tissotropicità o fluidità in relazione alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire. Durante la fase di indurimento dell'adesivo sarà necessario predisporre dei dispositivi di presidio temporaneo costituiti, a seconda delle dimensioni del frammento, da carta giapponese, nastro di carta, morsetti di legno ecc. facendo attenzione a non danneggiare in alcun modo il manufatto.

Al fine di coprire gli eventuali ponti di resina epossidica, stesi per il consolidamento, si potrà utilizzare un betoncino elastico del colore simile al supporto originario, ottenuto dall'impasto fra polvere della stessa pietra e da un legante copolimero vinildene fluoro-esafluoropropene al 10% in acetone. La preparazione dell'impasto, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, avverrà amalgamando una parte in peso di prodotto con 0,75 parti d'inerte della stessa granulometria e colore dell'originale (in alternativa si potrà utilizzare sabbia silicea con granulometria tra 0,10-1,5 mm e aiutare il colore con pigmenti in polvere) mescolando bene fino ad ottenere una consistenza simile ad una malta. Sarà consigliabile non preparare grandi quantità di stucco al fine di evitare la presa prima della completa messa in opera. Il prodotto sarà completamente reversibile tramite acetone.

Consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione con consolidanti organici

La procedura di impregnazione può essere eseguita su manufatti in pietra, intonaco, laterizio e legno allorché si renda necessario garantire il consolidamento non solo corticale ma anche in profondità. Questa procedura si basa sul principio fisico della capillarità, ovverosia la capacità dei fluidi in genere (i liquidi in particolare), di riuscire a penetrare naturalmente per adesione dentro lo spazio tra due superfici molto vicine di una cavità. Grazie all'impiego di sostanze organiche, che penetreranno

all'interno del manufatto, si potranno ristabilire o migliorare sia le proprietà fisiche (riduzione della porosità e aumento della coesione) sia meccaniche (incremento della resistenza a compressione) dei materiali trattati. Il consolidante entrerà all'interno del manufatto, in una prima fase, per capillarità e solo in un secondo tempo si distribuirà per diffusione; al fine di permettere questa seconda fase (sovente sviluppata molto lentamente) è opportuno che il prodotto scelto non polimerizzi troppo velocemente così da poter riuscire a diffondersi in maniera uniforme nel manufatto. I parametri da valutare prima di iniziare la procedura sono:

- viscosità del fluido consolidante;
- diametro dei pori e dei capillari e loro distribuzione all'interno dell'elemento da trattare;
- bagnabilità del materiale.

La procedura d'intervento varierà in ragione al consolidante indicato dagli elaborati di progetto (silicato di etile, resine acriliche in dispersione o in soluzione, resine acrilico-siliconiche ecc.) in ogni caso saranno necessarie alcune operazioni preliminari comuni a tutti i trattamenti. Prima di iniziare il trattamento sarà opportuno eseguire delle campionature al fine di valutare la quantità di consolidante (percentuale di diluizione e scelta del solvente) la riuscita della procedura e la reale penetrazione di impregnazione; inoltre dovranno essere predisposte opportune protezioni sulle superfici limitrofe a quelle da consolidare in modo da evitare che queste vengano a contatto con il prodotto consolidante. La quantità di prodotto da applicare per metro quadrato di superficie sarà in stretta dipendenza dai seguenti parametri del supporto: natura e capacità assorbente, grado di porosità, profondità di imbibizione se trattasi di pietre, grado di decoesione causata da patologie.

Qualsiasi trattamento consolidante prescelto dovrà essere applicato su superficie perfettamente asciutta, pulita e sgrassata (in modo da evitare che depositi superficiali impediscano la penetrazione) così come, in presenza di scaglie in fase di distacco o superfici particolarmente decoese, sarà indispensabile effettuare un preconsolidamento al fine di evitare che l'eventuale passaggio ripetuto del pennello possa rimuovere tali frammenti.

La procedura di consolidamento per impregnazione dovrà essere ripetuta per più volte (in genere non più di 5 passaggi) fino ad ottenere la saturazione dell'elemento (fino "a rifiuto") in ragione sia del fluido prescelto sia, soprattutto, dalla porosità del materiale oggetto di intervento. La scarsa penetrabilità dei materiali poco porosi dovrà essere ovviata con passaggi alternati di soluzione diluita e nebulizzazione di solvente puro (in tal modo si faciliterà l'ingresso della soluzione consolidante e, nello stesso tempo, si ridurrà al minimo l'effetto bagnato) oppure ricorrendo all'impiego di soluzioni particolarmente diluite, aumentando gradualmente la concentrazione nelle ultime mani. La procedura dovrà, comunque, essere operata per zone limitate e non simultaneamente su tutta la superficie al fine di agevolare la fuoriuscita dell'aria dall'interno dei fori e delle discontinuità presenti nel manufatto così da migliorare la penetrazione e la distribuzione interna del consolidante.

Tra i materiali consolidanti utilizzabili con questa tecnica il silicato di etile (si veda l'articolo specifico), le resine acriliche (in emulsione o in soluzione), le resine acrilico-siliconiche, le emulsioni acquose di silicato di potassio e i silossani oligomericici in solventi organici sono i prodotti più versatili e di conseguenza più comunemente utilizzabili.

Tra le resine acriliche da utilizzare in soluzione, se non diversamente specificato da indicazioni di progetto, si può ricorrere ad una resina acrilica solida a base di Etil-metacrilato/metil-acrilato fornita in scaglie diluibile in vari solventi organici tra i quali i più usati sono diluente nitro, acetone, clorotene; questa resina grazie all'eccellente flessibilità, trasparenza, ottima resistenza all'acqua, agli acidi, agli alcali, agli oli minerali, vegetali e grezzi, alle emanazioni dei prodotti chimici ed al fuoco può essere impiegata per il consolidamento di manufatti in pietra, intonaco, legno, ceramica ecc. In linea generale la preparazione della soluzione dovrà seguire i seguenti passaggi: unire per ogni litro di solvente scelto dalla D.L. a seconda del tipo di intervento, da 20 fino a 300 g di resina solida, in un contenitore resistente ai solventi. Il solvente dovrà essere messo per primo nel recipiente di diluizione e mentre verrà tenuto in agitazione, si inserirà gradualmente la resina fino a perfetta soluzione. Sarà consigliabile tenere in agitazione la miscela ed operare ad una temperatura di oltre 15°C così da evitare che i tempi di dissoluzione siano troppo lunghi. Dovranno, inoltre,

essere evitate le soluzioni superiori al 30% perché troppo vischiose. Se richiesta dagli elaborati di progetto potranno essere aggiunti nella soluzione quali agenti opacizzanti: cera microcristallina (fino al 47% del solido totale) o silice micronizzata (fino al 18% del solido totale).

Consolidamento mediante impregnazione a pennello, tampone o rullo

Di norma la tecnica più usuale per eseguire il consolidamento per impregnazione; si servirà di pennelli a setola morbida di medie dimensioni, rulli, o tamponi (in questo caso gli stracci o i tamponi saturi di prodotto dovranno essere mantenuti in contatto prolungato al fine di assicurare l'assorbimento nella superficie). L'applicazione dovrà procedere dall'alto verso il basso per settori omogenei con uso di addetti in numero appropriato alla natura e alla tipologia del manufatto; tra una mano e l'altra il prodotto non dovrà essere lasciato asciugare. Sarà opportuno che gli attrezzi (pennelli, rulli o tamponi) siano sempre ben puliti (sarà, pertanto, consigliabile lavarli spesso) e il consolidante non sia "contaminato" d'eventuali residui rimasti sul pennello o rullo da trattamenti operati su aree limitrofe. Nel caso di consolidamenti di superfici lapidee particolarmente disgregate ed esfoliate (specialmente su pietre arenarie come ad es. pietra serena, pietra forte ecc.) o pellicole pittoriche in fase di distacco l'impregnazione risulterà più efficace se eseguita "attraverso" una velatura provvisoria della zona da trattare utilizzando fogli di carta giapponese, precedentemente fissata con resina acrilica in soluzione (ad es. al 10-20% p/v, in solvente volatile come acetone o diluente nitro).

Consolidamento mediante impregnazione a spruzzo

Questa tecnica di norma verrà eseguita con l'utilizzo di specifiche apparecchiature in grado di nebulizzare il liquido messo in pressione da una pompa oleo-pneumatica (massimo 0,5 bar) o più semplicemente a mano; questo trattamento potrà essere migliorato realizzando intorno alla parte da trattare uno spazio chiuso mediante fogli di polietilene resistente ai solventi e continuando la nebulizzazione anche per giorni. La sola applicazione a spruzzo sarà sufficiente se il materiale risulterà essere poco poroso ed il degrado interesserà uno spessore di pochi millimetri (degrado corticale); nel caso di interventi su lapidei porosi, dove si renderà necessaria una penetrazione maggiore, sarà preferibile utilizzare pennelli o applicazioni per percolazione (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici). In zone particolarmente degradate o, su pellicole pittoriche in fase di distacco sarà necessario dopo un primo trattamento a spruzzo applicare (mediante emulsione acquosa di alcool polivinilico, o resina acrilica in soluzione al 20% in diluente nitro) dei fogli di carta giapponese: a superficie asciutta si applicherà una nuova mano di consolidamento a pennello morbido. Dopo che il solvente sarà totalmente evaporato si rimuoveranno i fogli mediante tampone inumidito con acqua.

L'interfaccia da trattare dovrà essere pulita e ben asciutta al fine di assicurare la mancanza di reazioni secondarie e buona penetrazione del prodotto. La nebulizzazione consolidante (f area coperta dal getto 25-30 cm) sul manufatto dovrà essere ripetuta più volte (senza lasciare asciugare il prodotto fra una ripresa e l'altra) fino a completa saturazione del manufatto, distribuita uniformemente per aree omogenee partendo dalle parti più elevate per poi scendere a quelle più basse, contemporaneamente si dovrà aver cura di rimuovere, eventuali, sbavature od eccessi di consolidante mediante tampone imbevuto di solvente od acqua a seconda del prodotto utilizzato. Questo metodo risulterà idoneo solo in condizioni favorevoli di temperatura (+10°C +25°C) con prodotti (ad es. silicato di etile) in diluizione molto alta al fine di migliorare l'assorbimento. Per migliorare la penetrazione del consolidante dato a spruzzo si potrà ricorrere all'applicazione, da effettuarsi posteriormente al trattamento, di almeno tre mani di solvente puro.

Consolidamento mediante impregnazione a tasca o ad impacco

La procedura rientrerà in quelle "a contatto diretto" e si baserà sul principio della capillarità. Questo metodo verrà utilizzato per l'impregnazioni di particolari inerenti a decori, cornici, capitelli lavorati ecc. particolarmente degradati che presenteranno la necessità di essere tenuti a contatto, per un determinato periodo, con la sostanza consolidante. I fattori che regolano il processo, sono la

tensione superficiale, la viscosità del prodotto e la bagnabilità del materiale da trattare. La procedura prevedrà la messa in opera, intorno alla zona da trattare, di una tasca: chiusa con particolari guarnizioni in poliuretano così da renderla stagna; nella parte inferiore verrà posizionata una piccola “gronda impermeabilizzata” allo scopo di recuperare il prodotto consolidante in eccesso. La zona da consolidare verrà ricoperta da strati di materiale bagnante (ad es. cotone idrofilo, carta giapponese ecc.) che verranno alimentati dall’alto molto lentamente dalla soluzione consolidante e coperti da teli di polietilene allo scopo di ridurre, l’eventuale troppo rapida, evaporazione del solvente. L’operazione di distribuzione dovrà essere interrotta quando la quantità di prodotto immesso dall’alto sarà uguale a quella del prodotto recuperato dal basso. Il distributore potrà essere costituito da un tubo o da un canaletto munito di tanti piccoli fori o da una serie di spruzzatori che creeranno il fronte di consolidante discendente. L’eccesso di prodotto sarà raccolto nella grondaia, e rimesso in circolo; per la buona riuscita di questo metodo sarà necessario assicurarsi che il materiale assorbente sia sempre perfettamente in contatto con la superficie interessata. Ad assorbimento avvenuto (in genere 8-10 ore) le tasche saranno rimosse e il manufatto dovrà essere ricoperto con cellofan al fine di isolarlo dall’atmosfera per almeno 10-12 giorni. Dal momento che aumentando la superficie da trattare aumenterà anche la quantità di consolidante e di conseguenza il peso, sarà opportuno, onde evitare costose operazioni di presidio, procedere per settori di dimensioni limitate, migliorando in questo modo il controllo della procedura.

Consolidamento mediante impregnazione a percolazione

Metodo “a contatto diretto” molto simile a quello a tasca ma più semplice: un distributore, collocato nella parte superiore della superficie da trattare, erogherà il prodotto per gravità impregnando la superficie da trattare per capillarità. La quantità del trattamento in uscita dall’impianto dovrà essere calibrata dalla valvola di Offman localizzata nella parte terminale del tubo di distribuzione (seguendo le indicazioni di progetto) in modo tale da assicurare un lento e continuo assorbimento evitando eccessi di formulato tali da coinvolgere aree non interessate. Anche in questo caso il distributore potrà essere costituito da un tubicino in plastica o da un canaletto forato munito, nella parte inferiore, di un pettine, tamponi di cotone o di una serie di pennellesse con funzione di distributore.

L’eccesso di prodotto sarà raccolto in una sorta di grondaia, e rimesso in circolo; a trattamento terminato dovranno essere eliminati gli eccessi di consolidante utilizzando un idoneo solvente o, nel caso in cui il progetto preveda l’utilizzo d’emulsioni acquose la superficie dovrà essere lavata con spugne assorbenti ed acqua deionizzata. Questa operazione si renderà sempre necessaria al fine di evitare la formazione di patine superficiali che potrebbero ridurre la permeabilità al vapore del manufatto e conferire, all’interfaccia un effetto perlante innaturale (effetto bagnato) e/o, il generarsi di locali sbiancamenti.

I tempi d’impregnazione varieranno secondo le dimensioni e il materiale del manufatto; al fine di accelerare tale processo si potrà ricorrere a trattare preventivamente il supporto con nebulizzazione di solvente puro (così che possa penetrare con facilità sfruttando la bassa viscosità) e, solo in seguito, applicare il fluido consolidante che, trovando una via di accesso più agevole, potrà distribuirsi in modo più diffuso.

Consolidamento (riagggregazione) mediante silicato di etile

Un buon consolidante per laterizi decoesi o pietre arenarie e silicatiche, da applicare su superfici assolutamente asciutte, è il silicato di etile composto da esteri etilici dell’acido silicico: monocomponente fluido, incolore, a bassa viscosità, si applicherà in solvente organico (ad es. metil etil chetone), in percentuali (in peso) comprese fra 60% e 80%. Al fine di stabilire la quantità di prodotto da utilizzare si renderanno necessari piccoli test da eseguirsi su superfici campioni. Indicativamente per una soluzione contenente il 60% in peso di estere etilico dell’acido silicico su supporti in medio stato di conservazione si potranno effettuare i seguenti consumi al m²: intonaco da 0,3 a 0,5 l/m²; pietre porose e tufi da 0,5 a 2,5 l/m²; laterizi da 0,6 a 3,0 l/m²; pietre arenarie da 0,8 a 3,5 l/m².

Il silicato di etile precipitando a seguito di una reazione spontanea con l'umidità atmosferica, libererà, come sottoprodotto, alcool etilico che evaporerà con i solventi impiegati nella soluzione pertanto, l'uso di questo consolidante, presenterà il vantaggio di far sì che, nella pietra trattata, oltre all'acido silicico non rimangano altre sostanze che potrebbero in qualche forma (ad esempio efflorescenze) danneggiare l'aspetto e soprattutto le caratteristiche del materiale lapideo consolidato; la reazione si completerà nell'arco di 2 o 3 settimane in ragione delle condizioni atmosferiche, della porosità del materiale, della sua natura e struttura chimica ecc. Il trattamento potrà essere eseguito a pennello, a spruzzo mediante irroratori a bassa pressione (massimo 0,5 bar), per percolazione, a tampone mediante spugne (nel caso di manufatti modellati tipo le volute dei capitelli) o per immersione (esclusivamente per piccoli manufatti mobili) la superficie da trattare andrà completamente saturata "sino a rifiuto" evitando però eventuali accumuli di prodotto sulla superficie, nel caso in cui dopo il trattamento il supporto rimanesse bagnato o si presentassero raccolte in insenature si dovrà procedere a rimuovere l'eccedenza con l'ausilio di tamponi asciutti o inumiditi con acetone o diluente nitro. Solitamente sarà sufficiente un solo ciclo di applicazione, ma se sarà necessario e solo dietro specifica autorizzazione della D.L., sarà possibile ripetere il trattamento dopo due o tre settimane.

Questo tipo di consolidante si rivelerà molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non verrà alterato dai raggi ultravioletti, e presenterà il vantaggio di possedere un elevato potere legante (dovuto alla formazione di silice amorfa idrata) soprattutto nei confronti di materiali lapidei naturali contenenti silice anche in tracce, quali arenarie, i tufi, le trachiti, ma anche su altri materiali artificiali quali i mattoni in laterizio, le terracotte, gli intonaci, gli stucchi, risultati positivi potranno essere ottenuti anche su materiali calcarei (ad es. pietra leccese, pietra di Vicenza ecc.).

La natura chimica dei silicati sarà tale per cui potranno esercitare soltanto un'azione consolidante, ma non avranno alcun effetto protettivo nei riguardi dell'acqua, pertanto, al trattamento di superfici esterne con un silicato, generalmente, si dovrà fa seguire l'applicazione di una sostanza idrorepellente salvaguardando le caratteristiche di traspirabilità e di permeabilità al vapore acqueo dei materiali lapidei, garantendo la conservazione nel tempo, nel rispetto della loro fisicità (per maggiori dettagli sulle procedure di protezione si rimanda agli articoli specifici).

Avvertenze: si rileverà di fondamentale importanza non esporre le superfici da trattare all'irraggiamento del sole né procedere all'applicazione su superfici riscaldate dai raggi solari, sarà pertanto cura degli operatori proteggere le superfici mediante opportune tende parasole; l'impregnazione con silicato di etile sarà, inoltre, da evitare (se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto) nel caso in cui il materiale da trattare non sia assorbente, in presenza di temperatura troppo alta ($>25^{\circ}\text{C}$) o troppo bassa ($< 10^{\circ}\text{C}$), con U.R. non $> 70\%$ o se il manufatto trattato risulti esposto a pioggia nelle quattro settimane successive al trattamento; pertanto in caso di intervento su superficie esterne, si renderà necessaria la messa in opera di appropriate barriere protettive.

Sigillatura materiali lapidei (mediante resine sintetiche)

La procedura prevedrà l'esecuzione di stuccature delle soluzioni di continuità mediante intasamento eseguito con iniezione, colatura o spatola in profondità di miscela adesiva costituita da polimeri sintetici acrilici in soluzione, o in emulsione, caricata con carbonato di calcio o polvere di pietra macinata (in alternativa si potranno utilizzare polveri di coccio pesto o cariche pozzolaniche). Le resine acriliche non potranno, causa la loro natura termoplastica, essere impiegate come adesivi strutturali, pertanto se si rendesse necessario effettuare una sigillatura con tale caratteristica sarà opportuno ricorrere ad un adesivo epossidico bicomponente (componente A = resina, componente B = indurente, i più utilizzati sono indurenti che reagiscono a temperatura ambiente come gli amminici o ammidici il rapporto tra A e B sarà variabile da 1:1 a 1:4) esente da solventi, dietro specifica indicazione di progetto il composto potrà essere caricato con sabbia silicea (granulometria massima 0,3 mm), filler, quarzo. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso d'umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo

d'impurità o di sostanze inquinanti; salvo diverse prescrizioni di progetto, le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%. Normalmente il composto di resina epossidica verrà preparato a piè d'opera e, a seconda del tipo di impasto (fluido, colabile, tissotropico), in relazione alle necessità di progetto, potrà essere applicato a pennello con setole rigide, con spatole o con iniettori in ogni caso sotto scrupoloso controllo dal momento che presenta, generalmente, un limitato tempo pot-life. Nel caso in cui si prevedrà, invece, l'utilizzo di composti a base di resina acrilica, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, si utilizzerà lattice acrilico (emulsione acrilica) aggiungendo al lattice non diluito una quantità adeguata di carbonato di calcio sino a rendere la maltina estraibile.

La procedura prevedrà, dopo le opportune operazioni preliminari di pulitura, eventuale preconsolidamento di parti particolarmente decoese o distaccate, la predisposizione di opportune protezioni (ad es. delimitazione con nastro di carta) sulle superfici limitrofe a quelle da consolidare (in modo da evitare che queste vengano a contatto con il prodotto consolidante) e l'esecuzione d'idonee campionature al fine di valutare la quantità e la tipologia del consolidante. Eseguite tutte queste operazioni si potrà procedere alla sigillatura in profondità delle soluzioni di discontinuità mediante l'utilizzo di siringhe (ovvero mediante iniezione sotto leggera pressione 0,1-0,5 atm, quando le fessure da riempire si presenteranno sottili o verticali, o mediante colata, quando le fessure saranno sufficientemente grandi ed orizzontali) o piccole spatole secondo le dimensioni delle fessurazioni da sigillare e le specifiche di progetto, in ogni caso la resina dovrà penetrare fino a rifiuto nel vuoto da colmare tra le facce e frammenti destinate a combaciare nella nuova unione. Durante la procedura sarà opportuno che siano controllate eventuali vie di fuga che potrebbero far percolare il materiale intromesso (specialmente nel caso di uso di resine epossidiche), in tal caso si renderà necessaria l'immediata rimozione con spugne o tamponi umidi se si utilizzeranno maltine a legante acrilico, con acqua e detergenti idonei (ovvero seguendo scrupolosamente le indicazioni del produttore della resina) se invece si utilizzeranno adesivi epossidici. Una volta che sarà verificato "l'intasamento" della fessurazione si potrà passare alla realizzazione di stuccature di superficie costituite da malte a base di leganti idraulici naturali a basso contenuto di sali, sabbie silicee vagliate e lavate (granulometria 0-1,2 mm), eventuali additivi polimerici, terre colorate o pietre macinate in ogni caso eseguite seguendo la procedura descritta all'articolo sulle stuccature di materiali lapidei.

In alternativa si potranno effettuare delle stuccature invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da copolimeri fluorurati e polvere della stessa pietra utili anche a coprire micro lesioni o fori di trapani (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo sul fissaggio e riadesione d'elementi sconnessi e distaccati).

Avvertenze: il rapporto di miscelazione tra resina ed indurente andrà accuratamente rispettato, gli errori di dosaggio tollerabili non dovranno essere superiori al $\pm 5\%$. La miscelazione dei componenti andrà eseguita preferibilmente con miscelatore meccanico e andrà prolungata fino a che non si sarà certi di aver ottenuto una perfetta omogeneità.

Consolidamento in profondità mediante iniezioni con miscele leganti

La procedura sarà eseguita al fine di consolidare strati di intonaco, anche affrescato, distaccato dal supporto, così da risarcire le eventuali lesioni e riempire le sacche perimetrali presenti tra il substrato e l'apparecchio retrostante. Prima di procedere al consolidamento vero e proprio sarà necessario effettuare delle operazioni di "saggiatura" preventiva eseguite mediante leggera, ma accurata battitura manuale, (tramite martelletto di gomma o semplicemente con le nocche della mano) sulla muratura al fine di individuare con precisione sia le zone compatte sia delimitare (ad es. con un segno tratteggiato a gesso) il perimetro di quelle in fase di distacco (zone gonfiate e formanti "sacche"). In alternativa potranno essere individuate le zone di distacco mediante indagine termografica od altra indagine non distruttiva specificata dagli elaborati di progetto.

In assenza di piccole fessure, lacune o fori già presenti sulle superfici intonacate attraverso le quali operare l'iniezione si eseguiranno delle perforazioni, tramite piccolo trapano a mano (se le

condizioni di conservazione del materiale lo consentono si potrà usare trapano elettrico) ad esclusiva rotazione con una punta di circa 2-4 mm (in caso di microconsolidamento si potrà ricorrere all'utilizzo di punteruoli), rade nelle zone ben incollate e più ravvicinate in quelle distaccate; il numero dei fori sarà proporzionato all'entità del distacco ed indicato negli elaborati di progetto (in assenza di indicazioni si potrà operare in ragione di 8-10 fori per m²); in genere la distanza tra loro sarà di circa 40-60 cm mentre, la loro localizzazione, sarà tale da favorire il percolamento della miscela da iniettare, pertanto sarà necessario iniziare la lavorazione a partire dalla quota più elevata. In caso di distacco d'estensione limitata si potrà procedere all'esecuzione di un unico foro ed eventualmente, di un secondo se necessario per la fuoriuscita dell'aria dalla sacca di distacco durante l'immissione del consolidante.

Dopo aver eseguito le perforazioni si renderà necessario aspirare, attraverso una pera di gomma, gli eventuali detriti della foratura, le polveri e quanto altro possa ostacolare la corretta immissione e percolazione della miscela. In seguito si eseguirà una prima iniezione di acqua deionizzata ed alcool (5:1 in volume) con lo scopo di creare dei canali nella parte retrostante e di verificare allo stesso tempo l'eventuale esistenza di lesioni o fori da dove la miscela consolidante potrebbe fuoriuscire; in presenza di queste fessure si procederà alla loro puntuale stuccatura (che verrà rimossa a presa avvenuta) tramite malta "magra", a bassa resistenza meccanica di ancoraggio al supporto, cotone idrofilo, lattice di gomma, argilla ecc.

In presenza di forti distacchi e di supporti in buono stato di conservazione, si potranno inserire nel foro piccole guarnizioni in gomma a perfetta tenuta opportunamente sigillate per impedire la fuoriuscita del prodotto.

Risultati soddisfacenti potranno essere raggiunti con miscele formate da 2 parti di calce aerea naturale a basso peso specifico e 1 parte di metacaolino pozzolanico o coccio pesto superventilato e lavato (rapporto 1:1) con l'aggiunta di una minima parte di resina acrilica in emulsione al 10% in acqua (con funzione di fluidificante). In alternativa si potrà ricorrere ad una miscela formata da 1 parte di grassello di calce (sostituibile parzialmente o totalmente con calce idraulica naturale NHL 2) e 1 parte di carbonato di calcio (granulometria 0,02-0,06 mm), la miscela sarà diluita con percentuali del 5-10% di resina acrilica (con funzione di colloidale protettore ovverosia tenderà a trattenere l'acqua così da non far "bruciare" prematuramente la miscela iniettata) ed eventualmente additivata con gluconato di sodio (con funzione di fluidificante), nei casi di distacchi consistenti, con 1 parte di coccio pesto vagliato e lavato o in alternativa pozzolana (granulometria massima 0,5 mm).

Per distacchi di lieve entità, fra strato e strato, con soluzioni di continuità dell'ordine di 0,5 mm, non essendo possibile iniettare miscele idrauliche si rileverà utile una micro-iniezione di 1 parte di resina acrilica in emulsione acquosa in concentrazione variabile (comunque comprese tra l'8% e il 10%), caricata con 0,5-1 parte di carbonato di calcio o polvere di pomice (granulometria tra 0,02 mm e 0,06 mm) per rendere il composto più granuloso e facilitare l'aggrappaggio dello stesso al supporto da consolidare.

Un'altro composto utilizzabile in ambienti interni e, per piccole cavità (spessore non superiore a 4-5 mm), sarà il caseato di calcio, ottenuto mescolando caseina lattica e grassello di calce; esistono due tipi di "ricette": la prima (alla fiorentina) si comporrà di 1 parte di caseina, 4 parti di grassello di calce, 0,4 parti di resina acrilica in emulsione la seconda, (alla romana) sarà costituita da 1 parte di caseina (gonfiata nell'acqua), 9 parti di grassello di calce 1/5 di dispersione acrilica (allo scopo di elasticizzare l'adesivo); questo composto presenterà sia ottime proprietà collanti sia ottima stabilità nel tempo, ma avrà l'inconveniente di avere tempi d'incollaggio molto lenti. Il caseato di calcio, dopo la presa, sarà fragile a trazione e resterà permeabile al vapore acqueo, per questo potrà essere indicato per utilizzarlo in ambienti asciutti.

Previa umidificazione del foro e della zona circostante con acqua pulita, si eseguiranno le iniezioni con una normale siringa di plastica (da 10 cc o 60 cc) procedendo attraverso i fori posti nella parte più bassa per poi avanzare, una volta che la miscela fuoriuscirà dai fori limitrofi, verso quelli situati in alto (questo per evitare sia che squilibri di peso possano alterare l'eventuale precario equilibrio della struttura sia per favorire la distribuzione uniforme del consolidante); nel caso in cui la miscela

non dovesse penetrare in profondità si passerà al foro successivo. Ad infiltrazione del formulato avvenuta, passati circa 30-35 minuti, si procederà con il consolidamento di un'altra area di distacco. Le iniezioni verranno eseguite, o tramite la punta dell'ago metallico (fori ed aree di modeste dimensioni od in presenza di intonaci particolarmente degradati), o direttamente dal beccuccio della siringa nel foro di accesso attraverso una cannula precedentemente posizionata (in caso di sacche di maggior dimensione ed estensione), controllando e graduando la compressione dello stantuffo. Le miscele dovranno essere iniettate a bassa pressione poiché le tensioni prodotte dal fluido sotto pressione, alterando l'equilibrio del manufatto, potrebbero causare pericolosi fenomeni di precarietà statica. Nel corso dell'operazione occorrerà stare attenti che il colante non fuoriesca da fori o linee di fratture limitrofe sulla superficie sottostante, nel caso questo succedesse si procederà all'immediata pulizia tramite spugnette ad alto potere assorbente (ad es. ritagli di gommapiuma o spugnette tipo Blitz Fix). In caso di iniezione per mezzo di ago metallico sarà consigliabile tamponare il punto di innesto dell'ago con un batuffolo di cotone imbevuto di acqua distillata al fine sia di favorire la riadesione del supporto sia in modo da asportare l'eventuale prodotto in eccesso fuoriuscito dai fori. Per la riadesione di elevate superfici d'intonaco, potrà rilevarsi utile una compressione della superficie in questione tramite una pressione regolare ed uniforme, sia durante il periodo di iniezione del consolidante, sia durante la presa; tale pressione potrà essere eseguita, a seconda dei casi, per mezzo di mani, molle, martinetti a vite montati sull'impalcatura, tavolette di legno rivestite di feltro o carta per un durata variabile di qualche decina di minuti a 12-14 ore in ragione del tipo e della quantità di prodotto immesso.

Previo indurimento del consolidante (minimo 7 giorni) si rimuoveranno manualmente le stucature provvisorie e le eventuali, cannule in gomma e si sigilleranno i fori con stucco costituito da grassello di calce e polveri di marmo (per maggiori dettagli sulla stuccatura si rimanda alla procedura specifica). Il collaudo si effettuerà mediante le stesse tecniche non distruttive utilizzate per individuare le zone di intervento.

Specifiche sui materiali: l'iniezione della sola emulsione acrilica dovrà essere evitata (se non dietro specifica indicazione di progetto) in quanto potrebbe dar vita ad un corpo di plastica che riempirebbe la sacca ma non farebbe riaderire le facce distaccate.

Anche l'iniezione di calci idrauliche naturali potrà avere degli inconvenienti in quanto il calcio idrato potrebbe non carbonatare all'interno della muratura, e migrare dentro di essa (a causa della sua parziale solubilità in acqua) provocando efflorescenze di calcio carbonato in superficie o, in presenza di solfati e alluminati potrebbe reagire dando vita a subflorescenze quali thaumasite o ettringite.

Consolidamento lastre lapidee da rivestimento (messa in sicurezza)

Generalità

Prima di procedere ad un qualsiasi intervento di smontaggio e successivo consolidamento che potrebbe, se mal effettuato, andare a peggiorare la situazione (per maggiori dettagli sulla procedura di smontaggio si rimanda a quanto detto all'articolo specifico) sarà, sempre conveniente preventivare un'accurata campagna diagnostica preliminare piuttosto approfondita volta a conoscere in maniera completa il manufatto oggetto di intervento, i materiali che lo compongono, la loro consistenza fisico-materica, le tecniche costruttive e di ancoraggio, le patologie in atto, le lesioni esistenti, le eventuali cause indirette di degrado, non sottovalutando mai la possibilità di consistenza di situazioni diversificate nell'ambito dello stesso apparecchio murario.

Non di rado, la causa del dissesto del rivestimento lapideo potrà essere attribuita all'assenza di punti d'appoggio distribuiti a varie quote, i quali permetterebbero di assorbire frazionatamente il peso delle lastre. Il paramento potrà, inoltre, essere ancorato alla muratura di supporto, attraverso un'imbottitura posteriore completa o parziale eseguita con colatura di malta di calce, in questo caso con il passare del tempo, a causa della perdita progressiva di adesività della malta alla struttura, le sollecitazioni delle lastre potrebbero diventare insostenibili.

In altri casi le strutture di sostegno utilizzate (per lo più zanche) potrebbero essere in ferro, materiale che con il passare del tempo potrebbe subire fenomeni di forte ossidazione e corrosione

causando, sul rivestimento lapideo: l'ovvia perdita del sostegno (che non sarà più in grado di reggerlo), la generazione di sforzi di trazione, causati dal maggior peso specifico degli ossidi e idrati di ferro nonché sgradevoli colature di ruggine che andranno a deturpare il pannello lapideo. Allo stesso tempo, nel caso in cui il manufatto avesse già subito un'operazione di manutenzione, potrebbe verificarsi il fenomeno opposto ovvero, la presenza di un numero elevato di tasselli potrebbe vincolare eccessivamente la struttura generando situazioni tensionali insopportabili (per questo risulterà opportuno procedere alla loro eliminazione, progettando un nuovo e più idoneo sistema di ancoraggio).

Raramente gli ancoraggi preesistenti si presenteranno efficienti e ben conservati, in tal caso potranno comunque essere integrati all'interno di un valido sistema di messa in sicurezza; nel caso in cui si rilevassero ancoraggi assolutamente inefficienti, ormai inutili, ma non dannosi poiché realizzati con materiali stabili e posizionati in modo da non disturbare la struttura, si potrà, dietro specifica indicazione di progetto, lasciarli in opera.

Non di rado, si rileva la mancanza di efficienti sigillature tra i pannelli se non addirittura di adeguati giunti di dilatazione, in questo modo l'acqua piovana, non incontrando idonee barriere, riuscirà facilmente ad infiltrarsi velocizzando la corrosione delle zanche in ferro, erodendo la malta di allettamento ed innescando tutta una serie di patologie (creazione di muschi, cristallizzazione dei sali, cicli di gelo e disgelo ecc.) dannose al rivestimento. L'assenza dei giunti di dilatazione potrà costituire un punto critico della struttura, tanto da determinare pressioni insostenibili indotte dalle variazioni della temperatura.

Messa in sicurezza

Previa esecuzione di tutte le procedure di smontaggio e di analisi preventive si potrà procedere con l'intervento; i materiali per risultare idonei dovranno possedere caratteristiche meccaniche, di resistenza fisico-chimica e di durabilità adeguate, mantenendo il più possibile nel tempo le prestazioni richieste; gli elementi metallici (zanche, perni, piastre ecc.) da utilizzare potranno essere:

- in rame o in ottone trafilato: ottima resistenza alla corrosione ma scarsa resistenza meccanica da impiegare per pannelli di peso modesto;
- in acciaio a doppia zincatura a caldo: ottima resistenza meccanica e alla corrosione (acciaio ad alta resistenza);
- in acciaio inossidabile AISI serie 300: eccellenti prestazioni a livello di resistenza meccanica e con le migliori proprietà di inalterabilità.

La tipologia di zancatura potrà essere non portante o di ritegno (semplice fissaggio alla parete di supporto) o portante a sistema rigido (cioè quelle impiegate per rivestimenti con imbottitura posteriore di malta) e regolabile (sistemi più complessi di norma utilizzati su manufatti di pregio o per il ripristino d'ampie zone di rivestimento) secondo le disposizioni di progetto (in questo caso le zanche dovranno essere state calcolate come vere e proprie mensole di sostegno ai pannelli).

Nell'eseguire la suddetta procedura si dovranno tenere presenti le seguenti accortezze:

- l'esecuzione delle perforazioni sul supporto murario, al fine di alloggiare l'apparato di fissaggio (zanche, tasselli ecc.), dovrà essere eseguita, preferibilmente, con strumenti a sola rotazione, gli strumenti a roto-percussione, potranno essere utilizzati, solo dietro specifica indicazione della D.L., su materiali particolarmente compatti come ad esempio elementi in c.a. o murature in laterizio pieno. La profondità della foratura, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, dovrà essere maggiore dell'ancoraggio così da lasciare lo spazio ad eventuali polveri di trapanatura e, nel caso di utilizzo di tasselli, per la fuoriuscita della vite della punta del tassello. Nel caso di messa in opera di zanche, anche il diametro del foro sarà maggiore affinché la malta a ritiro compensato possa ben avvolgere l'ancoraggio metallico. L'eventuale perforazione delle lastre dovrà, invece, obbligatoriamente essere eseguita con strumenti a sola rotazione (ad es. carotatrici) così da evitare la possibilità che le sollecitazioni meccaniche, fornite da mezzi a roto-percussione, deteriorino ulteriormente il rivestimento (ad es. estendendo le situazioni di distacco o generando nuove lesioni);

- la sigillatura dell'apparato di fissaggio ad esclusione dell'utilizzo di tasselli meccanici o chimici, dovrà avvenire previa accurata pulitura della perforazione e abbondante bagnatura (solo in caso di uso di malta) mediante idonea malta di calce idraulica naturale NHL 5 caricata con inerti pozzolanici o coccio pesto con l'eventuale aggiunta di idoneo additivo così da compensare il ritiro della malta, in alternativa e solo dietro specifica indicazione di progetto, si potrà utilizzare betoncino di resina epossidica bicomponente a consistenza colabile esente da solventi;
 - ogni pannello lapideo se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, dovrà sostenersi da solo, dovrà essere appeso (sistemi portanti) e non appoggiato a quello sottostante che, a livelli inferiori, si potrebbe trovare nelle condizioni di essere gravato da un peso non prevedibile o sostenibile;
 - il sistema di ancoraggio dovrà considerare adeguati coefficienti di sicurezza che dovranno, necessariamente, tener conto dell'effetto combinato di forze, quali ad esempio la depressione causata dal vento, l'eventuale attività sismica, le vibrazioni generate dal traffico di superficie o sotterraneo ecc.;
 - il sistema di ancoraggio dovrà, inoltre, essere progettato in modo adeguato soddisfacendo esigenze, talvolta contrapposte: realizzare tasselli di dimensioni sufficientemente contenute applicando contemporaneamente alla struttura il minor numero possibile di vincoli. Il nuovo sistema non dovrà, infatti, ostacolare i movimenti naturali del rivestimento e dovrà essere dotato di opportune guarnizioni (che dovranno presentare caratteristiche d'indefornabilità ed elasticità protratte nel tempo ad es. in resine siliconiche) al fine di evitare una concentrazione eccessiva di tensioni;
 - la chiusura dei fori e delle giunture dovrà essere eseguita adottando una stuccatura composta da materiali stabili (ad es. elastomeri fluorurati e polvere di pietra) tali da evitare cavillature e infiltrazioni (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto per le procedure riguardanti le stucature superficiali); in alternativa, nel caso si ricorra a tasselli, si potranno mettere in opera idonei dischi lapidei di chiusura, costituiti da materiale lapideo dello stesso tipo del pannello e di dimensione adeguata a quella del foro, i suddetti dischi dovranno essere applicati mediante idonei collanti e successivamente sigillati con attente stucature.
- Avvertenze: sarà, in ogni caso, sempre consigliabile effettuare controlli sistematici in corso d'opera con l'eventuale ausilio di endoscopie, in quanto potrebbero passare inosservate particolari situazioni costruttive differenti da quelle rilevate nel corso della campagna di indagini preliminari.

Messa in sicurezza con sistemi di fissaggio portanti rigidi

I sistemi portanti rigidi più comunemente utilizzati sono:

piattina metallica (dimensioni minime 6x40x250-300 mm) da inserire nelle scanalature (di dimensioni di circa 2-3 mm superiori a quella della piattina) eseguite nei bordi di due pannelli sovrapposti, munita di doppia zancatura (costituita da due monconi di dimensioni minime 8x40x100 mm) annegate nella muratura d'ambito con malta di calce idraulica naturale NHL 5 a ritiro compensato. Le zanche di questo tipo si rileveranno particolarmente resistenti e quindi indicate per lastre di grande spessore (maggiore 3-4 cm);

piattina metallica (dimensioni minime 8x60x150-180 mm) sdoppiata, in ambedue le teste, in due lembi ripiegati in versi opposti: un'estremità si inserirà nelle scanalature (di dimensioni di circa 2-3 mm superiori a quella della piattina) eseguite nei bordi di due pannelli sovrapposti, l'altra estremità verrà inghisata nella muratura con malta di calce a ritiro compensato, questo sistema potrà essere utilizzato per lastre di spessore medio-grande (2-3 cm);

due piattine metalliche (dimensioni minime singola piattina 6x40x150 mm) accostate e ripiegate in versi opposti alle estremità in modo da trattenere separatamente, i bordi di due pannelli contigui, le zanche dovranno essere posizionate sui bordi orizzontali del pannello di spessore medio-grande;

sistema con tassello meccanico (ad espansione forzata o geometrica) o chimico (tasselli a calza, a rete, a bussola retinata o a fiala di vetro, in ragione del supporto murario, la fiala di vetro sarà da utilizzarsi solo in presenza di materiali compatti) da inserire in perfori eseguiti sul pannello mediante l'ausilio di strumenti a sola rotazione (ad es. carotatrici); i tasselli dovranno essere serrati

seguendo i tempi ed il valore del carico previsto, così da evitare sia serraggi troppo elevati che potrebbero provocare fenomeni di snervamenti delle viti sia serraggi troppo lenti che non garantirebbero un'adeguata rigidità all'ancoraggio. Questo sistema rigido sarà adatto per pannelli di spessore medio-grande.

Il tassello meccanico ad espansione forzata o geometrica sarà inserito nel perforo (precedentemente ben pulito con scovolino) con un'adeguata, quanto debole, percussione dopo aver controllato l'assialità dell'elemento, si passerà all'operazione di serraggio mediante l'ausilio d'idonea chiave dinamometrica tarata al valore di carico prefissato dal progetto. L'ancoraggio con i tasselli ad espansione geometrica, al contrario di quello a percussione, provocherà meno tensioni nel materiale di supporto e, pertanto, consentirà l'applicazione con interasse e distanze dai bordi ridotti.

L'esecuzione del fissaggio del tassello chimico sarà leggermente differente: la procedura prevedrà, previo inserimento del tassello a rete, a calza o di una bussola retinata (in ragione del tipo di materiale costituente il supporto) di dimensioni uguali a quelle del foro (precedentemente ben pulito sia con scovolino sia con soffietto) e lunghezza misurata a partire dal fondo cieco della perforazione, l'estrusione, mediante pompa manuale o pneumatica, della resina collante entro i fori precedentemente predisposti iniziando l'iniezione dal fondo sino al riempimento di circa 2/3 del volume della cavità. Successivamente si inserirà manualmente, con movimento circolare, la barra metallica filettata, con f e lunghezza stabiliti dagli elaborati di progetto; al fine di favorire l'introduzione della resina sarà vantaggioso tagliare la punta della barra a 45°. Dopo aver controllato la corretta assialità si procederà all'inserimento della rondella di guarnizione (in resina siliconica), alla rondella in metallo ed al dado, passato il tempo necessario affinché la resina indurisca (circa 60-90 minuti) si potrà procedere al serraggio del dado con l'ausilio di chiave dinamometrica tarata al valore di carico prefissato dal progetto.

Messa in sicurezza con sistemi di fissaggio portanti regolabili

I sistemi portanti regolabili più comunemente utilizzati sono:

sistema con piastre metalliche sagomate di spessore minimo di 5 mm, inserite ed ancorate con bulloni (ad es. 10x30 mm) e dadi muniti di rosetta, in appositi profili metallici, generalmente sagomati a "C" con irrigidente, (ovvero piastre metalliche dello spessore minimo di ca. 10 mm) ancorati alla parete mediante tasselli meccanici o chimici o zanche di altro tipo. Uno dei vantaggi maggiori di questo sistema risiede nella possibilità di fissare i profili o le piastre alla parete sia in posizione orizzontale sia verticale in relazione alle dimensioni dei pannelli. Il vincolo utilizzato in questo sistema sarà di tipo a ritenuta.

La sagomatura delle piastre sarà in funzione della loro posizione: la prima presenterà bordi ripiegati solo verso l'alto in modo da sostenere il solo pannello superiore, la piastra intermedia, utilizzata per il giunto chiuso (per pannelli medio-piccoli spessore ca. 2-3 mm) presenterà dei bordi tutti d'eguale altezza ottenuti ripiegando l'estremità dell'ala orizzontale, mentre quella utilizzata per il giunto aperto (per pannelli medio-grandi spessore ca. 6-8 mm o 15-20 mm se il giunto sarà a livello solaio) avrà bordi con altezze differenti: il labbro inferiore sarà più lungo così da poter entrare nella scanalatura della lastra sottostante. La piastra sommitale presenterà bordi piegati solo verso il basso. Al fine di risolvere l'eventuale mancanza di piombo della muratura si potrà ricorrere a cavalotti di spessoramento in acciaio interposti fra il profilo sagomato e la piastra di sostegno; in alternativa, nel caso di fissaggio con tasselli, si potrà intervenire anche sulla lunghezza della barra filettata;

sistema a spinotti simile a quello a piastra utilizzerà profilati metallici ad "L" (ad es. 60x80x8 mm) muniti di fori sull'anima (al fine di consentire l'ancoraggio mediante tasselli alla muratura) e di asole sull'ala così da collocare degli spinotti metallici (ad es. f 6x60 mm) che si inseriranno nelle scanalature praticate nei bordi delle lastre vincolandole a ritenuta. Anche questo sistema avrà la possibilità di fissare i profili alla parete sia in posizione orizzontale sia verticale in relazione alle dimensioni dei pannelli.

OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO OPERE MUSIVE E DIPINTI MURARI

Opere di consolidamento di opere musive

L'intervento si prefigge di ripristinare l'integrità e la stabilità della superficie (allentamento e/o distacco delle tessere) venuta meno a causa dell'alterazione della malta di allettamento (nucleus e sovrannucleus) e della deformazione del supporto (statumen e radus) poiché, la prima provoca la labilità delle tessere, mentre la deformazione del supporto implica l'allargamento e la compressione degli interstizi tra gli elementi tanto da provocarne l'inevitabile distacco. Tali deformazioni risulteranno più ricorrenti nei mosaici pavimentali (soggetti a continue azioni meccaniche e all'aggressione di erbe infestanti che provocano la disgregazione della malta) risultando, decisamente, dannose se la superficie è all'aperto. I mosaici parietali sono, invece, soggetti a deformazioni riconducibili a dissesti delle murature o delle coperture che generano l'alterazioni degli strati di allettamento (nucleus e sovrannucleus). In questi casi previa verifica dell'effettiva stabilità delle strutture si procederà al consolidamento dello strato di allettamento e alla stuccatura di eventuali lesioni seguendo quanto indicato per il consolidamento degli intonaci distaccati (utilizzando malte idrauliche, premiscelate o realizzate in situ, a basso peso specifico) valutando la complessità dell'intervento riconducibile al peso e alla rigidità della massa distaccata.

Le procedure di consolidamento delle superfici mosaiccate si concretizzano: nel consolidamento degli strati di allettamento, nella riadesione delle tessere al supporto, nella stuccatura degli interstizi e nel consolidamento dei bordi. Prima di procedere con le operazioni di consolidamento dovranno essere accertati e ovviati tutti gli, eventuali, degradi presenti sulla superficie (efflorescenze saline superficiali, incrostazioni, depositi di natura microbiologica, sporco, grasso ecc.) ricorrendo a procedure strettamente attinenti alla natura delle tessere e al loro stato di conservazione (per le operazioni di pulitura e preconsolidamento si rimanda a quanto esplicito negli articoli specifici). La decoesione e il disfacimento del supporto dei mosaici pavimentali sono provocati, sovente, da sollecitazioni indotte dalle radici che, ramificatesi sotto la superficie, provocano il sollevamento e il rigonfiamento di parti, l'insorgenza di lesioni nonché il deterioramento della trama. In questi casi, prima di effettuare l'intervento di consolidamento, previa apposizione di margini lignei posti perimetralmente alla superficie mosaiccata, dovranno essere attuate delle preventive operazioni di preconsolidamento indirizzate sia alle tessere labili utilizzando, se non diversamente specificato dalla D.L., una malta di calce magra, sia alle lesioni più estese ricorrendo a bendaggi di garze di cotone applicate con resina acrilica in soluzione. Dopo aver asportato la vegetazione infestante, seguendo le indicazioni riportate negli articoli specifici, le discontinuità dovranno essere pulite, con l'ausilio di spazzole morbide di saggina, in modo da asportare ogni traccia di detriti e terriccio. La procedura proseguirà, delimitando (con gesso), le zone di distacco accertate battendo la superficie o con la mano o con un martello di gomma così da poter circoscrivere l'entrata del collante; dovrà inoltre essere verificata, tramite lo "schiacciamento" della superficie eseguito con lievi pressioni della mano, la totale assenza di oggetti estranei (sassi, scaglie di malta ecc.) tra gli strati decoesi.

Nel caso in cui dovessero essere individuati corpi estranei dovrà essere operata la loro rimozione ricorrendo all'uso di spatole e cazzuole o, in presenza di oggetti di considerevoli dimensioni, asportando una parte di tassellato, velando la superficie da rimuovere con un velatino di cotone seguendo quanto indicato nella specifica procedura di stacco. In questo modo, la lacuna potrà essere agevolmente pulita e liberata dalle impurità utilizzando spatoline metalliche e pennelli di setola. Verificato lo stato di conservazione del supporto ed operate le eventuali, operazioni di consolidamento della superficie si procederà alla rimessa in opera della parte asportata utilizzando una malta a base di calce idraulica naturale esente da sali solubili. Nel caso in cui l'intervento di consolidamento non preveda l'asportazione di parti, si procederà irrorando con acqua e alcool (con, eventuale, aggiunta di ammoniaca per migliorarne la penetrazione) la superficie così da liberarla da impurità depositatesi; dopodiché dovrà essere iniettato il collante (se non diversamente specificato dalla D.L., potrà essere usata una malta a base di calce idraulica naturale esente da sali solubili, caricata con carbonato di calcio o pozzolana ventilata -rapporto legante inerte 1:2/1:3-, resina acrilica in emulsione e gluconato di sodio) attraverso le lesioni precedentemente identificate premendo lievemente la superficie per aiutare la diffusione della malta.

La superficie dovrà essere, ad operazione ultimata, pulita con acqua. Le tessere in pietra e marmo distaccate potranno essere fermate utilizzando malta a base di calce idraulica naturale o resina acrilica in emulsione. Per quanto concerne i mosaici vitrei è opportuno utilizzare resine acriliche in soluzione per la riadesione delle tessere, mentre per il consolidamento del supporto l'utilizzo di malta a base di calce idraulica naturale può provocare, in caso di fuoriuscita dall'interstizi, l'inconveniente di opacizzare la superficie.

Opere di consolidamento di dipinti murari (ad affresco ed a secco)

Il consolidamento dei dipinti murari si rende necessario nei casi in cui si verifichi il distacco dell'intonaco dal supporto murario (consolidamento in profondità) e/o il disfacimento dello strato dipinto in scaglie o la polverizzazione (consolidamento corticale della pellicola pittorica).

Consolidamento in profondità

L'operazione di consolidamento in profondità delle superfici dipinte si rende necessaria nei casi in cui sia accertato il distacco dell'intonaco dal supporto murario. L'intervento prevede gli stessi passaggi esplicitati nella procedura di consolidamento in profondità mediante miscele leganti facendo attenzione in questo caso, ad utilizzare malte a base di calce idraulica (premiscelata o realizzate in situ) a basso peso specifico; inoltre, nella fase di foratura delle parti distaccate, dovrà essere fatta particolare attenzione a non intaccare zone figurate (volti o arti) sfruttando, dove risulterà possibile, piccole fessure o lacune già presenti sulla superficie.

Specifiche sui materiali: si rimanda al capo III del presente capitolato.

Consolidamento della pellicola pittorica

Il consolidamento corticale della pellicola pittorica si prefigge lo scopo di arrestare il disfacimento della superficie dipinta procedendo alla riadesione e al fissaggio dello strato cromatico al supporto ricorrendo all'utilizzo di prodotti consolidanti e riaggreganti. Prima di procedere con l'intervento di consolidamento, la superficie dovrà essere ispezionata al fine di rintracciare eventuali alterazioni postume (integrazioni, restauri mal riusciti ecc.) o stati avanzati di degrado (efflorescenze saline, patine, polveri, sostanze grasse ecc.). In presenza di consistenti cristallizzazioni saline dovrà esserne operata la rimozione procedendo prima, all'asportazione superficiale mediante l'ausilio di pennelli morbidi e successivamente, all'estrazione dei sali solubili seguendo quanto indicato nella specifica procedura. L'eventuale presenza di solfati dovrà essere ovviata ricorrendo all'ausilio di carbonato d'ammonio.

Dovranno, inoltre, essere attuate, se necessarie, le operazioni di preconsolidamento e di pulitura della superficie procedendo seguendo quanto indicato nelle specifiche procedure. Il preconsolidamento potrà essere effettuato per mezzo di velinatura con carta giapponese o velatino di cotone per garantire il fissaggio della parti sollevate della pellicola pittorica e con iniezioni localizzate per garantire la riadesione di scaglie e sollevamenti di parti macroscopiche dello strato pittorico; in quest'ultimo caso dovrà essere fatta particolare attenzione sia nell'esecuzione dell'operazione, sia nella scelta del prodotto da utilizzare al fine di evitare di compromettere la riuscita dell'operazione finale di consolidamento dell'intera superficie ovvero l'impedimento dell'adeguata penetrazione del consolidante in profondità poiché ostacolato dal prodotto applicato per la riadesione di scaglie.

La risoluzione prescelta per realizzare il consolidamento dovrà essere preventivamente verificata su campioni così da poterne attestare l'effettiva efficacia ovvero, l'azione fissativa ed adesiva delle parti di colore sollevate e la compatibilità materica rispetto alle componenti costituenti il dipinto. I prodotti che potranno essere utilizzati dovranno relazionarsi alla specifica tecnica utilizzata per il dipinto (affresco o a secco) così da poter definire le giuste proporzioni delle diverse parti componenti. Il prodotto potrà essere applicato sulle superfici ricorrendo a diverse tecniche (spruzzo, impacco o a pennello) da prescegliere in funzione delle caratteristiche e allo stato di conservazione del dipinto e del supporto; per questo risulterà necessario eseguire delle campionature. Il prodotto consolidante potrà essere scelto tra: idrato di bario, caseinato d'ammonio e di calcio, silicato di

potassio, esteri dell'acido silicico, resine acriliche (in solventi come; acqua distillata, diluente per etilsilicato, diluente nitro ecc.) inoltre, grassello di calce, cocchiopesto e carbonato di calcio micronizzato in relazione alla specificità del caso. L'applicazione del prodotto consolidante dovrà essere effettuata con un'umidità relativa non superiore al 70% e con temperatura superficiale compresa tra +10 e +35 °C.

L'impacco risulterà adatto su dipinti a buon fresco o a mezzo fresco; a spruzzo (manuale o a volume d'aria) su dipinti a secco, l'applicazione a pennello su limitate porzioni di dipinti a secco. Per i dipinti a secco potranno essere utilizzati prodotti inorganici in soluzione acquosa; per dipinti ad affresco potrà essere utilizzato, tra le varie soluzioni, idrato di bario in soluzione satura o caseinato d'ammonio al 5% applicati ad impacco. Le superfici non interessate dall'intervento (soprattutto quelle limitrofe) dovranno essere opportunamente protette; risulterà opportuno per questo, mettere in atto presidi con fogli di polietilene, carte ecc. e delimitare il contorno dell'area di intervento con polpa di cellulosa, impastata con poca acqua distillata, così da garantire una zona di contenimento al fine di ovviare il percolamento della sostanza consolidante.

Specifiche sui materiali: si rimanda al capo III del presente capitolato.

PROTEZIONI

Premessa metodologica

Gli interventi di protezione devono assolvere principalmente il ruolo di salvaguardare il materiale dall'aggressione degli agenti naturali esterni (infiltrazioni d'acqua, depositi superficiali di sostanze nocive ecc.) e/o, di natura antropica ricorrendo all'uso di tecniche consone ad ogni caso specifico. Eseguite generalmente, a compimento dell'intervento conservativo, le protezioni possono essere concepite sia come veri e propri presidi (schermi, tettoie, barriere ecc.) inseriti con l'intento di ostacolare l'innescarsi di patologie degenerative, proteggendo il manufatto in modo da ovviare direttamente alle cause di degrado, sia come applicazioni superficiali di materiali sacrificali, compatibili con la preesistenza, deteriorabili nel tempo.

Lo scopo, di entrambe le risoluzioni, è quello di difendere i materiali da diversi fattori, in molti casi concomitanti, come l'attacco fisico-chimico operato dagli agenti atmosferici e dalle sostanze nocive veicolate da questi, dalle azioni di organismi vegetali e animali, dai raggi ultravioletti, aerosol marini ecc. Fondamentalmente lo scopo principale richiesto alle operazioni di protezione è quello di impedire il passaggio dell'acqua all'interno del materiale e, allo stesso tempo, ostacolare l'aggressione degli inquinanti atmosferici; per fronteggiare entrambi i fattori i prodotti utilizzati devono presentare i requisiti di idrorepellenza, reversibilità, traspirabilità, assenza di sottoprodotti dannosi e stabilità alle radiazioni U.V. L'idrorepellenza è determinante al fine di evitare i degradi connessi alla penetrazione dell'acqua come i fenomeni ciclici di gelo e disgelo, la cristallizzazione dei sali solubili (efflorescenze saline, subefflorescenze ecc.) e la veicolazione di sostanze nocive; la reversibilità deve essere concepita come la possibilità di poter rimuovere il prodotto (applicato superficialmente) in caso si dovessero verificare, nel tempo, indesiderati e nocivi effetti collaterali ("effetto bagnato" ovvero un'alterazione cromatica dell'aspetto originale); la traspirabilità altrettanto incisiva sulla riuscita dell'operazione poiché, il protettivo applicato non deve ostacolare il passaggio del vapore acqueo presente nei muri ma consentirne il regolare deflusso, così da mantenere costante i valori igrometrici delle strutture evitando pericolosi ristagni interni d'acqua. I prodotti adatti ad assolvere queste funzioni devono presentare, necessariamente, una buona compatibilità materica con il supporto così da avere comportamenti fisico-chimici simili mentre, per quanto concerne l'impatto visivo le protezioni possono essere concepite sia come apporti totalmente trasparenti neutri tali da consentire la totale leggibilità del supporto (sostanze principalmente di natura organica o a base di silicio) sia, come usato in passato, degli strati la cui funzione di protezione (scialbature, velature, sagramature ecc.) nasconderà in parte la superficie muraria. La scelta di una delle due soluzioni a discapito dell'altra è strettamente connessa alla metodologia d'intervento scelta a discrezione del tecnico. Le superfici lapidee, inoltre, possono essere trattate con sostanze chimiche analoghe a quelle impiegate per il consolidamento, stese a formare una barriera superficiale trasparente ed idrorepellente capace di impedire o limitare

considerevolmente il contatto con sostanze patogene esterne, ma al contempo non eliminando la traspirabilità e la permeabilità al vapore acqueo.

Nel caso di preesistenti trattamenti protettivi coprenti si potrà decidere o di ripristinarli nelle parti dove sono venuti a mancare, così come in origine (diversificando, se ritenuto opportuno, il nuovo dal vecchio) o lasciare l'apparecchio a vista, accettandone il mutamento come fattore essenziale dell'aspetto della struttura, e proteggerlo ricorrendo a trattamenti neutri.

Generalmente le protezioni hanno una durata limitata nel tempo; risultano efficaci per un periodo che va dai 5 ai 10 anni dopodiché vengono a mancare le caratteristiche di idrorepellenza per questo si rende necessario la messa in opera, previa la totale asportazione dei residui rimasti sulla superficie, di un nuovo intervento protettivo. Per questo motivo, l'applicazione programmata nel tempo dei cicli protettivi deve essere inserita nei programmi di manutenzione periodica.

OPERAZIONI DI PROTEZIONE DEI MATERIALI LAPIDEI

Con il termine "materiale lapideo" dovranno sempre essere intesi (in accordo alle raccomandazioni NorMaL) oltre che i marmi e le pietre propriamente detti, anche gli stucchi, le malte, gli intonaci (affrescati, dipinti a secco, graffiti) ed i prodotti ceramici come laterizi e cotti.

Generalità

Considerato l'impatto e il ruolo attribuito ai protettivi la loro scelta dovrà essere operata sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio realizzate su campioni di materiale; i provini dovranno essere preservati così da essere in grado di valutare l'effettiva efficacia e la durata nel tempo. Le campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L. dovranno, necessariamente, essere catalogate ed etichettate; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni ovverosia miscele di due liquidi rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratterà di soluzioni cioè scioglimento di un solido in un liquido rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

La durata e l'inalterabilità del prodotto dipenderanno, principalmente, dalla stabilità chimica e dal comportamento in rapporto alle condizioni igrotermiche e all'azione dei raggi ultravioletti. L'alterazione dei composti, oltre ad essere determinante sulle prestazioni, potrà portare alla composizione di sostanze secondarie, dannose o insolubili, che invalideranno la reversibilità del prodotto.

Applicazione di impregnante idrorepellente

La procedura dovrà essere eseguita alla fine del ciclo di interventi previsti e solo in caso di effettivo bisogno, su apparecchi murari e manufatti eccessivamente porosi esposti sia agli agenti atmosferici, sia all'aggressione di umidità da condensa o di microrganismi animali e vegetali.

L'applicazione si effettuerà irrorando le superfici dall'alto verso il basso, in maniera uniforme ed abbondante fino a completa saturazione del supporto. Le mani da applicare dipenderanno dalla capacità di assorbimento del supporto in ogni caso non potranno essere inferiori a due passaggi (consumo variabile da 0,2 a 1 l/m²). L'intervallo di tempo tra le varie applicazioni potrà variare, fermo restando che la mano precedente sia stata completamente assorbita. Di norma i prodotti potranno essere applicati:

- a spruzzo, tramite l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pressione manualmente o da pompa oleo-pneumatica;
- a pennello morbido o rullo sino a rifiuto, utilizzando i prodotti in soluzione particolarmente diluita, aumentando gradualmente la concentrazione sino ad oltrepassare lo standard nelle ultime mani. Sarà utile alternare mani di soluzione delle resine (se in solvente) a mani di solo solvente per ridurre al minimo l'effetto di bagnato (per maggiori dettagli sulle tecniche d'applicazione si rimanda a quanto spiegato all'articolo sul consolidamento per impregnazione).

Il trattamento protettivo da eseguire su superfici minerali assorbenti verticali dovrà, se non diversamente specificato dalla D.L., essere eseguito su supporti perfettamente puliti, asciutti, privi d'umidità, esenti da sali solubili, alghe, funghi ed altri biodeteriogeni. Le eventuali soluzioni di

continuità (ovvero fessure superiori di 0,3 mm) dovranno essere adeguatamente stuccate (si veda gli articoli specifici), inoltre il trattamento dovrà essere eseguito a temperature non eccessivamente alte, intorno ai 20°C (possibilmente su apparecchi murari non esposti ai raggi solari) al fine di evitare una brusca evaporazione dei solventi utilizzati.

I prodotti utilizzabili, di norma, dovranno possedere un basso peso molecolare ed un elevato potere di penetrazione; buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici; buona resistenza chimica in ambiente alcalino; assenza d'effetti collaterali e la formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali); perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori; traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%; atossicità.

Sarà sempre opportuno, a trattamento avvenuto, provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) mirato a controllare la riuscita dell'intervento così da verificarne l'effettiva efficacia.

La pluralità del potere idrorepellente sarà direttamente proporzionale alla profondità di penetrazione all'interno dei materiali. Penetrazione e diffusione del fluido dipenderanno, quindi, dalla porosità del materiale, dalle dimensioni e dalla struttura molecolare della sostanza impregnante in relazione al corpo poroso (pesanti macromolecole ricche di legami incrociati non attraverseranno corpi molto compatti e si depositeranno in superficie), dell'alcalinità del corpo poroso, dalla velocità e catalisi della reazione di condensazione (prodotti fortemente catalizzati possono reagire in superficie senza penetrare nel supporto).

I protettivi più efficaci per materiali lapidei (naturali ed artificiali tipo intonaci e cotti) apparterranno fondamentalmente alla classe dei composti organici e dei composti a base di silicio la scelta dovrà, necessariamente, essere operata in relazione alle problematiche riscontrate così come la quantità ottimale di protettivo sarà determinabile in via sperimentale su superfici campione, orientativamente su intonaco di calce nuovo asciutto saranno sufficienti 100-140 g/m² di soluzione protettiva.

Nel caso di manufatti lapidei ovvero intonaci a calce di particolare valore storico-artistico dovranno, necessariamente essere seguite scrupolosamente le raccomandazioni NorMaL vigenti.

Specifiche sui materiali: si rimanda al capo III del presente capitolato.

Tinteggiature e verniciature - generalità

Grado di finitura

Le superfici ultimate dovranno risultare a coloritura perfettamente omogenea e con un grado di finitura corrispondente alle caratteristiche tecnologiche dei materiali impiegati ed a quanto prescritto nel presente Capitolato per l'esecuzione delle diverse categorie.

Campionatura

L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire i campioni così come prescriverà la D.L., cui sono demandate anche la scelta dei colori e le modalità di esecuzione, nonché ripeterli con le varianti richieste fino ad ottenere l'approvazione dell'Appaltante prima di iniziare le opere. Tale approvazione non riduce né elimina le responsabilità dell'Appaltatore, circa l'esecuzione e la perfetta riuscita delle opere da pittore.

Limitazioni climatiche e meteorologiche alla esecuzione dei lavori

I lavori da pittore non dovranno essere eseguiti con temperature minori di 10°C e maggiori di 40°C, né con umidità relative superiori all'85%. I lavori da pittore non dovranno essere eseguiti all'esterno con tempo piovoso, nebbioso od in presenza di vento.

Impiego del gesso

È assolutamente vietato l'impiego del gesso nei procedimenti per la preparazione di opere comunque esposte agli agenti atmosferici.

Preparazione delle superfici

Oltre quanto disposto dal presente Capitolato, nella preparazione delle superfici l'Appaltatore dovrà tener conto di ogni condizione di tempo e di luogo, della struttura e natura dei sopporti, della particolarità delle superfici da ricoprire, adattandovi le preliminari preparazioni ed adottando quegli speciali accorgimenti suggeriti dalle specifiche condizioni in cui si devono eseguire i lavori.

Nelle tinteggiature ovvero verniciature dovrà essere posta cura che le superfici da trattare siano pulite, esenti da ruggine, ossidazioni, scorie, calamina, macchie di sostanze grasse od untuose, residui vari ed in genere da qualsiasi materiale e corpo estraneo.

Grado di umidità e di alcalinità delle superfici

Grado di umidità: i manufatti da verniciare dovranno essere asciutti sia in superficie che in profondità; il tenore d'umidità, in ambiente al 65% di umidità relativa, non dovrà superare:

- 3% per intonaco di calce 2% per intonaco di cemento 2% per calcestruzzo;
- 1% per gesso e impasti a base di gesso 15% per legno (riferito a legno secco).

Una determinazione empirica dell'umidità, salvo accertamenti strumentali, potrà essere effettuata strofinando sulla parete in esame uno zolfanello; se questo si accende la parete può considerarsi asciutta.

Grado di alcalinità: i sopporti murali dovranno presentare una bassissima percentuale di alcalinità residua; pertanto i sopporti stessi, prima dei trattamenti con tinte, pitture, vernici o smalti, dovranno essere preparati accuratamente con idonei prodotti così da rendere neutri i sopporti stessi. Per l'accertamento del grado di alcalinità si dovrà scalfire la superficie: se essa, trattata con una soluzione all'1% di fenolftaleina mediante tamponamento e previo inumidimento della stessa con acqua distillata, tende a colorarsi con tonalità violette, la parete dovrà essere ulteriormente trattata, così da ridurre l'alcalinità, poiché l'idrato di calcio non si è ancora sufficientemente tramutato in carbonato. La prova dovrà essere ripetuta in parecchi punti.

Carteggiatura

È assolutamente vietato carteggiare le superfici dopo che sia stato iniziato il trattamento protettivo. Solo in casi eccezionali la D.L. potrà autorizzare l'impiego di carta abrasiva n. 280-400, con procedimento ad umido, per eliminare eventuali corpuscoli che, per cause meramente accidentali e non dipendenti dall'Appaltatore, si fossero depositati sulla mano non ancora essiccata.

Qualora la carteggiatura ad umido venisse eseguita con sostanze oleose, prima di proseguire nelle operazioni di verniciatura dovranno accuratamente essere eliminate dette sostanze.

Aderenza fra superfici verniciate

Dovrà essere posta la massima attenzione ed ogni cura affinché le superfici verniciate non presentino mai degradamenti dipendenti da distacchi di lembi del prodotto verniciato in conseguenza di aderenza delle varie superfici tra loro, come ad esempio tra stecca e stecca delle persiane avvolgibili o delle stecche nel loro avvolgimento, oppure tra i battenti mobili ed i telai fissi di porte, finestre, infissi in genere ecc. e comunque in corrispondenza di battentature e simili. Dovrà pertanto essere cura dell'Appaltatore adottare ogni cautela affinché non si verifichino degradamenti dovuti ad aderenza delle superfici verniciate.

Protezione delle opere da pittore eseguite

Le opere eseguite dovranno essere protette da correnti d'aria, dall'acqua, dal sole e dalla polvere finché non risultino bene essiccate.

Protezione dei manufatti ed altre opere già eseguite

L'Appaltatore dovrà adottare, a sua cura e spese, ogni precauzione e mezzo necessari per evitare spruzzi di tinte, pitture, vernici o smalti sulle opere già eseguite (pavimenti; rivestimenti; pietre e marmi; intonachi; parati; infissi; vetri; apparecchi sanitari; rubinetterie e loro accessori; cassette di

derivazione, scatole di contenimento dei frutti, frutti e quanto altro riguarda l'impianto elettrico ecc.) restando a carico dell'Appaltatore medesimo sia l'adozione di ogni protezione provvisoria che ogni lavoro e prestazione necessari per l'eliminazione dei degradamenti apportati, nonché il risarcimento degli eventuali danni.

Difetti dei lavori da pittore

Le opere di tinteggiatura e/o verniciatura eseguite non dovranno presentare i fenomeni o difetti di seguito riportati:

- affioramento: fenomeno dovuto alla separazione differenziata di pigmenti nello strato superficiale, che può presentarsi sotto forma di viraggio totale delle tinte, di fiammeggiamenti o di chiazze;
- affioramento di ruggine;
- annebbiamento: per opalescenza sulla superficie della pellicola, inconseguenza dell'ambiente freddo ed umido in cui si è operato;
- appiccicosità: per presentarsi la pellicola attaccaticcia così da sembrare non essiccata, fenomeno da attribuirsi a cause diverse;
- asportazione durante la carteggiatura: dovuta a carteggiatura eseguita prima dell'indurimento del prodotto verniciante, a turapori troppo grasso, oppure ad impiego di carte abrasive non idonee;
- attaccatura: sovrapposizioni marginali di uno strato di prodotto verniciante ad altro strato di precedente fresca applicazione;
- bollicine: difetto temporaneo o permanente del prodotto verniciante che trattiene nella pellicola bolle d'aria, vapori, solventi, o prodotti di reazione;
- bordatura: accumulo del prodotto verniciante sul bordo della superficie verniciata, dovuto alle stesse cause specificate per la "colatura";
- buccia d'arancia: aspetto simile alla buccia dell'arancia, dovuto ad inadatta pressione d'aria nella pistola spruzzatrice, oppure a difetti del prodotto verniciante;
- calo: assorbimento del prodotto verniciante da parte del supporto, che si verifica sopra i fondi porosi durante la fase di essiccamento, oppure contrazione di volume che si verifica dopo la fase di essiccamento provocando disuguaglianze nell'aspetto;
- chiazzeria: comparsa sulla superficie di zone di colore o brillantezza diversi, dovute al raffreddamento del prodotto verniciante non ancora essiccato, a supporto non pulito, a schizzi di liquidi durante l'essiccamento;
- colatura: scorrimento dello strato del prodotto verniciante con formazione di accumuli irregolari quali gocce, festoni, sacche, bordature, sovrapposizioni con particolare riguardo agli spigoli ed angoli; da attribuirsi a qualità di solvente non idonea, a solvente in quantità inadeguata, ad imperfetta applicazione, a difetti del prodotto verniciante;
- cordonature: per il rilevarsi delle pennellature sulla pellicola dovute ad impiego di prodotti vernicianti aventi eccessiva densità, a fuori polvere troppo rapido, ad imperfetta applicazione od all'impiego di pennelli non idonei;
- fori di spillo: superficie cosparsa di piccoli fori, fenomeno dovuto a varie cause;
- fragilità: dovuta alla composizione del prodotto verniciante od a supporto poroso non adeguatamente preparato;
- imbiancatura dei pori: fenomeno che si presenta nei legni porosi, trattati o no con turapori, sotto forma di striature o macchie biancastre;
- ingiallimento: dovuto alla qualità del prodotto verniciante, alla natura dei pigmenti, alle resine fortemente colorate;
- insaccatura: vedi "colatura";
- macchie di ogni genere e dipendenti da molteplici cause;
- opacizzazione: perdita di brillantezza della superficie, dipendente dalla qualità del prodotto verniciante, dalla presenza di pigmenti opacizzanti, da fondo troppo poroso, da imperfetta applicazione;

- pelle di coccodrillo; sollevamento del contorno della pellicola già spaccatasi in grandi lembi; forma di spellamento e screpolamento dovuto principalmente ad applicazione di strati nuovi sopra i vecchi, non più perfettamente aderenti;
- pennellature: segni del pennello dovuti all'applicazione di una successiva mano mentre la mano precedente ancora non risulta essiccata, oppure dovuti alla natura del prodotto verniciante;
- pieghe a zampe di gallina: difetto della pellicola che si presenta sotto forma di piccole screpolature simili ad impronte di zampe di gallina;
- punti grigi: dovuti essenzialmente a cattiva qualità del turapori impiegato oppure, nei compensati, dalla natura di colla adoperata per l'unione dei fogli;
- puntature: difetto che si manifesta con la presenza di granuli superficiali e dovuto a cattiva qualità del prodotto verniciante;
- raggrinzamento: corrugamento dello strato superficiale dovuto ad eccessivo spessore della mano applicata con viscosità troppo elevata, ad improvvisi abbassamenti di temperatura nel corso dell'applicazione e durante l'essiccamento;
- retinamento: minutissime screpolature della pellicola che si intrecciano fra loro, in dipendenza principalmente della natura del prodotto verniciante, o di freddo eccessivo durante l'applicazione;
- rinvenimento del legno: sollevamento delle fibre del legno per inadeguata preparazione del supporto;
- rinvenimento del supporto: soluzione del materiale del supporto nel prodotto verniciante, come ad esempio del bitume nella pittura all'alluminio per eccesso di solvente nella pittura;
- sanguinamento: formazione di macchie od alterazioni del colore dovute al trasudamento dello strato inferiore, dipendente dalla applicazione dell'ultima mano prima del conveniente indurimento di quelle sottostanti, oppure dipendente da difetti dei prodotti verniciati delle mani precedenti;
- scagliatura: distacco della pellicola in piccoli e grandi lembi, dovuto ad inadeguato pretrattamento del supporto, od a supporto preparato ma non perfettamente essiccato;
- screpolatura: rotture sulla superficie in dipendenza della applicazione della mano di finitura senza aver atteso la completa essiccazione del fondo oppure per invecchiamento del prodotto verniciante od anche per imperfetta applicazione;
- sfarinamento: impolverimento progressivo dalla superficie verso l'interno, fenomeno preceduto dal retinamento e dovuto al prodotto verniciante inadatto per l'uso, oppure all'azione degli agenti atmosferici;
- smaltamento o setosità: aspetto superficiale simile a quello del cuoio verniciato o della seta, dovuto ad applicazione effettuata a temperature troppo elevate, od in presenza di umidità, oppure per imperfetta applicazione;
- sollevamento: per il distaccarsi della mano precedente ad opera delle mani successive, che si rivela come semplice rammollimento oppure con sollevamento e deformazione della superficie con la comparsa di grinze, bolle ecc.;
- spellatura: fenomeno da attribuirsi ad adesione non perfetta, dovuta ad inadeguata preparazione del supporto, supporto umido, unto, resinoso ecc., oppure ad incompatibilità fra i diversi tipi di prodotto verniciante impiegato;
- spruzzatura secca: dovuta a rapida essiccazione del prodotto verniciante oppure a pistola spruzzatrice troppo distante dal supporto;
- trasudamento: essudazione di aspetto oleoso della pellicola di un prodotto verniciante apparentemente essiccato;
- vescicamento: bolle e vesciche sulla superficie della pellicola, dovute ad evaporazione ritardata delle umidità sottostanti o dei solventi, a supporto non pulito, ad eccessivo calore, alla diretta esposizione al sole durante l'essiccamento, od a troppo rapida essiccazione dello strato superficiale.

Tinteggiatura alla calce (scialbatura)

La tinteggiatura alla calce potrà essere utilizzata in ambienti interni ed esterni a patto che non siano aggressivi e a condizione che il supporto non sia stato ancora "compromesso" da una precedente pitturazione a legante polimerico che ne renderebbe difficoltosa l'adesione (in questo caso sarà

necessario procedere all'asportazione totale della precedente pittura prima dell'applicazione della tinta). I vantaggi di una tintura alla calce risiedono nell'alta compatibilità con i materiali del supporto, nel "rispetto" dei colori e dei toni cromatici degli edifici storici, nella sanificazione dell'ambiente con conseguente prevenzione di muffe grazie alla naturale basicità e all'elevato tasso di traspirabilità per contro, saranno soggetti all'azione degradante dell'anidride carbonica combinata con l'acqua e dei gas inquinanti dell'aria.

La procedura prevede che il grassello di calce, stagionato almeno 24 mesi, (o calce idrata in fiore), venga stemperato in una quantità d'acqua necessaria al fine di ottenere un composto sufficientemente denso (rapporto grassello acqua 1:2): dovrà essere lasciato riposare da un minimo di 6-8 ore ad un massimo di 48 ore. A stagionatura avvenuta il composto sarà passato al setaccio (con vaglio a 900 maglie cm²) allo scopo di eliminare le impurità presenti nell'impasto (parti insolubili o corpi estranei). L'acqua utilizzata per l'impasto dovrà essere esente da impurità di carattere organico (acidi, sali e alcali) causa di incompattezza delle tinte, alterazioni dei colori e macchie. La coloritura dell'impasto si otterrà tramite l'aggiunta di pigmenti minerali (massimo 10% in volume rispetto al latte di calce), e terre naturali o artificiali (massimo 25-30% in volume, superando queste dosi potrebbe essere necessario integrare il potere del legante con additivi di varia natura: generalmente resine acriliche). I pigmenti prima di essere amalgamati al latte di calce, al fine di poter ottenere la dispersione omogenea dei colori, dovranno essere stati immersi in una quantità d'acqua (pari al doppio del loro volume), lasciati riposare per alcune ore e passati al setaccio (in modo da trattenere i grumi più grossi). La tinteggiatura alla calce, perde tono nei primi mesi dopo l'applicazione, pertanto sarà consigliabile amplificare leggermente il dosaggio di pigmento al fine di ottenere, a distanza di tempo, la coloritura desiderata.

Prima di procedere all'operazione di tinteggiatura dovranno essere verificate le condizioni del supporto che dovrà presentarsi pulito, ben aderente, privo di depositi superficiali e macchie di umidità e patine di smog; a tal fine sarà opportuno eseguire uno o più cicli di pulizia così da rimuovere eventuali efflorescenze saline o presenze di muffe od altri infestanti biologici (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto negli articoli inerenti le puliture) e nel caso l'intonaco si presentasse disgregato o distaccato ad un eventuale consolidamento (riadesione di distacchi mediante iniezioni), facendo cura di ovviare ad ogni lacuna, cavillatura o fessurazione tramite rappezzi e/o stuccature (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli inerenti le stuccature e i rappezzi d'intonaco), così come, al fine della buona riuscita, sarà sconsigliato stendere la pittura a calce in condizioni climatiche di eccessiva umidità, caldo o freddo.

Per ottenere una superficie compatta, duratura e colorata uniformemente, sull'intonaco ancora fresco si dovrà stendere una mano di fondo composta da latte di calce molto grasso dopodiché, prima della completa asciugatura, si applicherà il colore molto diluito; in questo modo si assicurerà una maggior capacità legante al tinteggio senza dover ricorrere ad additivi. Quando la tinteggiatura a calce verrà impiegata come integrazione pittorica sarà opportuno aggiungere al composto utilizzato per la stesura della seconda mano, un additivo (legante) allo scopo di migliorare le caratteristiche fisiche della tinta; si potrà ricorrere a delle emulsioni acriliche al 2-3% o al caseinato di calcio con aggiunta di ammoniaca (antifermentativa). Prima di applicare la tinta su tutta la parete, al fine di ottenere la tonalità di colore desiderata, si dovranno eseguire delle prove campione poiché la tinta a base di calce schiarisce notevolmente una volta essiccata; inoltre la tinta, seccando aumenterà il proprio potere coprente fattore che dovrà essere tenuto conto in funzione dell'effetto che si intenderà ottenere, (le prove potranno essere eseguite o direttamente su piccole porzioni di intonaco oppure su blocchetti realizzati con terra d'ombra). Per la stesura della tinta sul supporto si dovranno utilizzare pennelli a setola animale o le pompe impiegate per le irrorazioni delle viti. Nel caso dei pennelli la stesura dovrà procedere sempre nella stesa direzione (da sinistra a destra, o dall'alto verso il basso). La tinta dovrà essere frequentemente mescolata, al fine di evitare il deposito del materiale, e protetta da luce aria e polvere durante gli intervalli di lavoro così da evitare alterazioni che potrebbero produrre variazioni di tonalità, andrà, in ogni caso tenuto presente che sarà da evitare consumare per intero la quantità di prodotto contenuta nel recipiente in modo che il

pennello non tocchi il fondo dove comunemente si ha una deposito di pigmenti che intensificano la tonalità del colore.

In alternativa al grassello di calce potrà essere utilizzata della calce idraulica naturale NHL 2 in rapporto di 1:2 con l'acqua (in caso di superfici molto porose occorrerà una maggiore diluizione).

Al fine di ovviare veloci degradi, dovuti agli agenti atmosferici ed inquinanti, dopo che la tinta si sia asciugata comunque non prima di circa quattro settimane, sarà consigliabile provvedere alla stesura di una mano di protettivo a base di silossani ovvero, dietro specifica indicazione della D.L., mani successive di soluzioni di silicato di potassio.

Specifiche: prima di iniziare l'operazione di tinteggiatura accertarsi che il supporto sia esente da fenomeni d'umidità poiché potrebbero generare, ad operazione ultimata, l'insorgenza di macchie. Nel caso in cui l'intervento dovesse adattarsi alla tonalità di colore di una preesistente tinteggiatura "storica" alla calce si ricorda che con l'uso dei pigmenti artificiali difficilmente potrà essere riprodotto lo stesso tono di colore; gli ossidi naturali risulteranno, pertanto, più consoni allo scopo. Per l'applicazione della tinta di calce sarà sconsigliato l'utilizzo del rullo.

La tinta a calce se applicata su di un intonaco di malta di calce aerea potrà essere stesa direttamente anche se lo strato non risulterà completamente asciutto mentre, se data su intonaco di malta di calce idraulica naturale o su tinteggiatura a calce preesistente dovrà essere preceduta dall'imbibizione, a più riprese, di tutta la superficie da trattare, con uno strato d'ancoraggio realizzato con una mano di latte di calce grassa su cui applicare a bagnato la tinta a calce operazione da eseguire con cura specialmente durante la stagione estiva ed in presenza diretta di irraggiamento solare così da evitare il fenomeno della "bruciatura" che comprometterebbe il risultato finale. La tinteggiatura a calce non dovrà essere applicata su supporti contenenti gesso né su superfici cementizie od intonacate con malte a base di cemento.

Nel caso di messa in opera di formulato con percentuali di resina acrilica sarà necessario invertire la procedura tradizionale ovverosia si dovrà stendere la tinta su supporto perfettamente asciutto. La durabilità di una tinta a calce additivata con resina acrilica crescerà in base alla percentuale di resina contenuta al fine di ottenere una durabilità elevata occorrerà una percentuale di resina intorno al 30-35% in volume sul secco a discapito però della trasparenza e della ritenzione di sporco.

Nel caso in cui la tinteggiatura avvenga su superfici esterne sarà necessario, dopo aver terminato l'applicazione, proteggere la superficie per alcuni giorni da eventuali piogge al fine di evitare "sbiancamenti" dovuti alla migrazione dell'idrossido di calcio.

Nel caso invece di applicazione in ambienti interni sarà consigliabile dopo avere terminato l'applicazione, arieggiare i locali per alcuni giorni per favorire l'indurimento del legante mediante il processo di "carbonatazione".

La tinteggiatura a calce dovrà essere, preferibilmente, eseguita in primavera o in autunno in quanto la calce subisce alterazioni irreversibili se utilizzata a temperature troppo rigide o elevate; in queste condizioni si verificano, in genere, due patologie di degrado: la calce "brucia" dando vita ad imbiancamenti diffusi e perdendo di coesione rispetto al supporto; la tinteggiatura "sfiamma" producendo superfici non omogenee in cui le pennellate risultano particolarmente evidenti. Applicare, pertanto, la tinta con temperature del supporto comprese tra i +5°C ed i +30°C e con umidità relativa inferiore all'80%; non tinteggiare in presenza di forte vento.

Trattamento all'acqua sporca (velatura)

Questo tipo di trattamento potrà avere la funzione di protettivo (e allo stesso tempo consolidante) su materiali come pietre, laterizi ed intonaci. L'applicazione acquosa del latte di calce (idrossido di calcio) dovrà essere realizzata su superfici perfettamente pulite (seguendo le metodologie indicate nell'articolo specifico sulle puliture) e, se necessario consolidate (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo inerente il consolidamento degli intonaci mediante iniezioni e a quello inerente i rappezzi d'intonaco); il supporto, infatti, dovrà presentarsi privo di lacune con le fessure di piccole dimensioni opportunamente stuccate (per maggiori dettagli si rimanda all'articolo inerente le stuccature). La preparazione della cosiddetta acqua sporca consisterà nel colorare leggermente l'acqua di calce mediante l'aggiunta di pigmenti colorati; un cucchiaino di pigmento naturale in un

secchio d'acqua (10-12 l). L'intervento verrà realizzato inumidendo, preventivamente, la parete da trattare per mezzo di un pennello morbido imbevuto d'acqua dopodiché, si procederà alla stesura del protettivo mediante l'uso di pennelli (preferibilmente a setola animale morbida), nebulizzatori o rulli. L'applicazione dovrà procedere a strati successivi (da sinistra a destra, o dall'alto verso il basso) in modo da garantire la copertura totale della superficie; dopo l'ultima mano potrà essere applicato un fissativo (caseinato di calcio) addizionato all'acqua.

In alternativa al latte di calce ricavato da grassello si potrà utilizzare 1 parte di calce idraulica naturale NHL 2 stemperata in 4-6 parti di acqua.

Tinteggiatura ad affresco

Tecnica pittorica da mettere in opera solo in casi particolari (a causa delle difficoltà operative-logistiche che necessitano una stretta collaborazione tra colui che applica l'intonaco e colui che dovrà "pitturare" la superficie), garantisce senza dubbio maggior brillantezza e durabilità ai colori i quali, penetrano all'interno della superficie intonacata ancora fresca partecipando all'essiccazione e diventano un tutt'uno con il supporto: la tinteggiatura durerà quanto durerà l'intonaco. Dal momento che in questa tecnica l'intonacatura dovrà anticipare di poco le operazioni di tinteggio, sarà indispensabile fissare con attenzione le aree di lavoro giornaliere in modo da localizzare opportunamente le "giunzioni" tra le successive stesure dell'intonaco in aree poco visibili. La "tinta", in questo caso, dovrà essere esente da alcun legante poiché composta solamente da pigmenti naturali accuratamente macinati e stemperati in acqua pura.

Su superfici murali nuove sarà necessario avere molta cura della stesura degli strati di rinzafo e arriccio e soprattutto, nelle operazioni di bagnatura della superficie prima e dopo l'arriccatura, così da evitare che parti non adeguatamente bagnate, sottraggano l'acqua alla malta provocando cavillature che potrebbero facilitare il distacco dell'intonaco. Secondo le indicazioni della D.L. si procederà alla messa in opera del velo (generalmente composto da 1 parte di grassello ben stagionato, ed 1 parte di polvere di marmo con l'eventuale aggiunta di 1 parte di sabbia silicea vagliata e lavata) solamente su quelle porzioni che potranno essere tinteggiate nel giro di 2 o 3 ore. Questa operazione potrà essere eseguita con frattazzo di legno, di acciaio o di spugna a secondo delle finiture dell'intonaco che saranno prescritte nel progetto. Nel caso che la superficie presenti una non perfetta levigatura sarà necessario intervenire mediante spazzolatura leggera eseguita con pennello morbido al fine di rimuovere i granuli di sabbia che, ancora mobili, impasterebbero la tinta.

Le tecniche di tinteggio a fresco vere e proprie potranno essere due: la prima darà una superficie compatta e dalla colorazione uniforme, la seconda darà una superficie a velatura. In entrambi i casi non si potrà iniziare a dipingere subito dopo avere steso il velo ma sarà necessario attendere circa 4/6 ore dalla stesura dell'intonaco, quando cioè premuto un dito sulla superficie, questa non lascia alcuna traccia; previa leggera bagnatura eseguita con nebulizzatore, potrà essere eseguita la tinteggiatura che dovrà essere stesa a pennello in due mani successive, intervallate da circa un'ora, incrociando le pennellate stese in precedenza. Il colore dovrà essere molto guazzoso ed abbondante, il segnale-spia di un intonaco non più fresco verrà fornito dalla mancata scorrevolezza del pennello. Prima di stendere il terzo ed ultimo strato sarà necessario rullare la superficie con cilindro di vetro (bottiglia di vetro o frattazzo di plastica duro) così da rompere la pellicola vetrosa e far trasudare l'acqua contenuta dalla calce. Compiuta questa operazione si procederà a stendere velocemente il terzo ed ultimo strato di tinta.

La seconda tecnica, quella della "velatura" dovrà lasciare intravedere la tramatura dell'intonaco sottostante il quale, per ovvi motivi, dovrà essere eseguito a perfetta regola d'arte. Previa bagnatura della superficie si stenderà una sola mano di colore che dovrà essere molto allungata con acqua. Una volta terminata la stesura del colore, per tutte e due le tecniche sopra descritte, sarà opportuno provvedere a nebulizzare acqua sopra la superficie intonacata così da ritardare l'essiccazione del velo e rendere i colori ancora più brillanti.

Una volta indurito l'intonaco le decorazioni ad affresco potranno essere ritoccate solo a secco.

Al fine di ovviare veloci degradi, dovuti agli agenti atmosferici ed inquinanti, dopo circa quattro settimane sarà consigliabile, come per le tinteggiature alla calce, provvedere alla stesura di una mano di protettivo a base di silossani.

Specifiche: una variante della tinteggiatura ad affresco è il “mezzo fresco” ovvero la tinteggiatura su intonaco già “stanco”, ossia quasi del tutto indurito; anche in questo caso si utilizzeranno pigmenti in polvere ma al posto dell’acqua verrà utilizzato come “legante” il latte di calce. Chimicamente il risultato che si ottiene sarà molto simile a quello dell’affresco, infatti il latte di calce subisce lo stesso processo di carbonatazione, ma visivamente il risultato è diverso: una parete decorata con il metodo del mezzo fresco risulterà più “sbiadita” rispetto ad una decorata ad affresco. Una sorta di variante rispetto all’affresco è la tecnica del “graffito”. Previa la stesura e la quasi asciugatura di una mano di velo diversamente pigmentato, di norma scuro (se non diversamente specificato si eseguirà un velo in grassello di calce, sabbia o pozzolana e carbone di legna polverizzato rapporto legante inerte 1:2) si stenderà un ulteriore intonachino costituito da calce e sabbia bianca per uno spessore di circa 2-3 mm. Una volta indurito l’ultimo strato si potrà procedere a tracciare a spolvero il motivo ornamentale voluto e successivamente si potrà passare ad incidere con spatole di ferro od altri attrezzi di varia forma, così di evidenziare il decoro attraverso il contrasto cromatico delle due superfici.

Pittura a tempera o a colla

La pittura a tempera prevede l’applicazione, su superficie bene asciutta, di una miscela composta da pigmenti colorati dispersi in acqua e di una sostanza legante predominante come la colla animale, la colla vegetale (preferibile perché meno grassa di quella animale) o più raramente l’uovo il latte e i suoi derivati. Fondamentalmente la tecnica della pittura a tempera potrà essere eseguita in tre modi:

- stemperare i colori con acqua e dipingere mischiando la soluzione con colla;
- dipingere con i colori senza legante ossia, stemperare con sola acqua i pigmenti e poi, quando la pittura sarà perfettamente asciutta vaporizzare delle soluzioni molto lunghe di colla;
- amalgamare le polveri colorate con la colla e diluire con acqua al momento di dipingere avendo l’accortezza di miscelare bene mediante frusta meccanica.

La quantità di legante (colla) dipenderà dalla sua qualità e dalla quantità dei colori, essendo questi più o meno assorbenti. In linea generale le colle andranno miscelate alle tinte così da conferire loro maggiore adesività; potendo fare con limitatissime quantità, si guadagnerà una maggior purezza della tinta, una maggiore durata, e nitidezza e le tinte risulteranno meno soggette ad alterarsi con il passare del tempo. Orientativamente sulla quantità di colla da utilizzare potranno essere fissate le seguenti regole: le tinte per esterni dovranno contenere più colla di quelle per interni; la prima mano di tinta dovrà essere più carica rispetto alle successive e le ultime mani dovranno essere progressivamente meno adesive. Sarà sempre necessario pertanto, eseguire delle prove al fine di valutare la consistenza della tinta.

La procedura prevedrà, previa stesura di imprimitura uniforme della parete a base di colla ed acqua (in rapporto di 1:2), due mani di colore intervallate da almeno 12 ore ovvero la seconda dovrà essere stesa solo quando la prima mano risulterà completamente asciutta.

Nella preparazione del primo strato sarà sempre consigliabile (obbligatorio per gli esterni) caricare la tinta con carbonato di calcio o caolino (cariche che resistono meglio all’azione degli agenti atmosferici) mischiati alle polveri colorate anch’esse ben stemperate. Questa miscela colorata dopo essere stata lasciata riposare e più volte miscelata dovrà prima essere filtrata con un setaccio poi, previa aggiunta di collante, potrà essere utilizzata come tinta. La tinta dovrà essere non troppo densa né troppo fluida.

Nella composizione della tinta finale si potranno utilizzare tutti i colori tenendo presente però che dovranno essere lasciati per un certo periodo di tempo in acqua così da dare modo ai colori in polvere di disciogliersi uniformemente. Sarà preferibile lasciare riposare la tinta per almeno 12 ore così da evitare, a tinteggiatura asciutta, eventuali striature. La tinta per l’ultima mano non dovrà essere né troppo diluita né troppo densa, dovrà essere fluida così da coprire bene senza fare croste.

Il pennello per l'applicazione dovrà essere a setola animale e la stesura dovrà procedere sempre nella stesa direzione (da sinistra a destra, o dall'alto verso il basso incrociando la direzione negli strati successivi). Nell'intingere i pennelli non si dovrà né toccare il fondo del recipiente né comprimere il pennello per fare uscire la tinta. Il grado di resistenza alla temperatura della tinteggiatura a tempera dipende dalle caratteristiche del legante utilizzato.

Specifiche: la tempera non risulterà indicata per le superfici intonacate con malte cementizie e con malte contenenti calce eminentemente o mediamente idraulica.

Tinteggiatura ai silicati

La pittura ai silicati si compone essenzialmente di silicato di potassio, sabbia di quarzo e pigmenti minerali. Le pareti da tinteggiare dovranno risultare asciutte sia in superficie che negli spessori retrostanti; questo requisito dovrà essere controllato anche con appositi apparecchi; l'umidità non dovrà superare il 14%. Questa pittura potrà essere applicata su intonaci a base di calce aerea, idraulica o cementizi previa eventuale mano (preferibilmente a spruzzo) di imprimitura:

- le pareti intonacate con malta di calce dovranno preventivamente essere trattate con una soluzione di 0,200 kg di acqua, 0,700 kg di latte non acido e 0,100 kg di grassello di calce;
- le superfici di cemento od intonacate con malta di cemento dovranno essere preventivamente lavate con una soluzione al 5% di acido cloridrico in acqua;
- le superfici in muratura dovranno preventivamente essere lavate con soluzione al 5% di acido solforico in acqua.

Eventuali efflorescenze saline che si rilevassero dopo l'essiccazione dei suddetti trattamenti preliminari dovranno essere asportate mediante spazzolatura prima di iniziare la tinteggiatura.

Le tinteggiature a base di silicati non dovranno essere eseguite su sopporti contenenti gesso.

L'inizio delle operazioni di tinteggiatura non dovrà aver luogo prima che siano trascorse almeno 12 ore dai trattamenti preliminari. Tra l'applicazione di una mano di tinteggiatura e l'altra dovranno trascorrere almeno 12 ore e lo strato successivo dovrà essere preceduto dalla accurata spolveratura di quello sottostante.

Il silicato, utilizzato come diluente e fissativo del colore, si presenterà come un liquido denso e trasparente che diluito con acqua pulita priva di sali (ad es. acqua distillata) e, aggiunto con una base di bianco (tipo bianco di Spagna, carbonato di calcio o bianco di zinco quest'ultimo poco coprente potrà essere utilizzato per raggiungere un effetto finale di trasparenza) e pigmenti minerali macinati finemente potrà essere steso in due mani mediante pennellesse rettangolari grandi a setola morbida, o spruzzo (con quest'ultimo sistema si otterrà un effetto più omogeneo); in linea generale la resa, in ragione del supporto, potrà essere stimata intorno ai 150-250 g/m² per la prima mano, 100-200 g/m² per la seconda passata. La tinta non dovrà essere applicata su pareti assolate, ed in genere nelle ore più calde, né in condizioni di vento; la tinta potrà essere applicata anche alla temperatura di zero gradi e con tempo umido.

La preparazione della tinta avverrà seguendo una precisa procedura ovverosia si disperderanno il bianco di base (bianco di zinco) e i pigmenti in acqua distillata fino a formare un miscuglio sciolto dopo si introdurrà il silicato in ragione, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, di 1:8 o 2:8 rispetto alla restante massa; il preparato a causa dell'instabilità del silicato di potassio, dovrà essere frequentemente amalgamato (in modo che i pigmenti siano sempre ben dispersi) e steso entro le 4 ore successive se si opererà all'interno, 6 se si utilizzerà all'esterno. Sarà pertanto consigliabile preparare sola la quantità di prodotto realmente utilizzabile nei tempi di lavoro previsti. Al fine di stabilizzare il silicato di potassio si potrà aggiungere alla miscela una quantità minima di resina in emulsione (< al 5%). La tinta ai silicati sarà tanto più scura quanto più silicato sarà utilizzato, pertanto sarà consigliabile preparare la tinta prima di mescolarvi il silicato di un tono più chiaro rispetto a quello previsto dal progetto.

Il silicato di potassio a contatto con la superficie d'intonaco genererà la formazione di silice che a sua volta legherà intimamente il pigmento con il sottofondo e lo consoliderà rendendolo durevole e resistente senza la formazione di film continuo (assenza di discontinuità tra finitura e supporto). Questo tipo di pittura renderà quasi del tutto impermeabile il supporto murario ma, allo stesso

tempo, manterrà una certa permeabilità al vapore (coefficiente di permeabilità < 90 m). Con il trattamento ai silicati si otterrà, inoltre, una finitura in grado di contrastare l'attacco da parte di agenti inquinanti (ritenzione dello sporco bassa), atmosferici e ai raggi ultravioletti senza sacrificare l'aspetto estetico. La stabilità cromatica di questo tipo di tinteggiatura permetterà, attraverso l'ausilio di spugna naturale o frattazzo, di mostrare ed esaltare la tessitura e la trama della finitura superficiale dell'intonaco.

Specifiche sui pigmenti: i pigmenti da impiegare con i silicati non stabilizzati sono quelli minerali utilizzati per la tecnica dell'affresco; sarà, tuttavia consigliabile eseguire delle campionature al fine di verificare la reale compatibilità: si scioglierà una minima parte di pigmento in una modesta quantità di silicato se il pigmento non precipita depositandosi sul fondo significherà che sarà idoneo all'uso.

Una volta terminata la tinteggiatura questa non dovrà presentare nessuno dei seguenti difetti: tinta non uniforme ed irregolare, macchie in superficie, croste ed efflorescenze, problemi di adesione, distacchi crostosi, colaggi di tinta, spolvero superficiale, zone lucide, striature, cretti e screpolature.

Tinte semitrasparenti ai silicati organici

Queste tinte si differenzieranno da quelle tradizionali in quanto conterranno, oltre all'agente silicato di potassio legante, una dispersione sintetica resistente agli alcali, cariche, additivi reologici e antibiodeteriogeni; la quantità totale di sostanze organiche potrà raggiungere al massimo il 5 % del peso, con riferimento al peso totale del prodotto finito. La dispersione sintetica contenuta in queste tinte organosilicatiche non darà vita a pellicola e perciò non sarà considerata agente legante; queste tinte risulteranno traspiranti ed invecchieranno per progressiva erosione e dilavamento superficiale. La dispersione sintetica avrà soltanto una funzione reologica e protettiva subito dopo l'applicazione della tinta fino a che la "silicificazione" non progredisce in modo sufficiente. Sovente in questa seconda tipologia di tinta ai silicati non si fa uso di pigmenti bianchi (con elevato potere coprente) di conseguenza risultando semitrasparenti potranno rilevarsi valide alternative alla tinta alla calce specialmente in ambienti esterni particolarmente aggressivi sia dal punto di vista climatico che atmosferico. L'invecchiamento di queste pitturazioni si manifesta con un degrado per successione erosione e dilavamento come per quelle alla calce ma molto più lento e controllato.

Indicazioni per l'applicazione

Le tinte ai silicati organici, come le tinte alla calce, non potranno essere applicate su supporti precedentemente trattati con pitture a base di leganti polimerici (in questi casi prima di eseguire la tinteggiatura sarà necessario rimuovere la vecchia pellicola pittorica mediante spazzolatura, raschiatura e/o sabbatura controllata fino ad asportazione completa).

Intonaco antico di malta di calce aerea e/o idraulica e in buono stato di conservazione: si potrà procedere, previa leggera pulitura ed eventuale spazzolatura con scopa di saggina dura al fine di asportare ogni residuo di polvere, direttamente alla stesura della mano di fissativo ai silicati e due mani di tinta, opportunamente diluite, stese con estrema accuratezza (il colore dovrà essere steso sempre nello stesso verso orizzontale o verticale, senza ripassare troppe volte sullo stesso punto, bisognerà fermarsi allorché la superficie diventa di nuovo assorbente) e a dodici ore (meglio dopo ventiquattro ore) di distanza l'una dall'altra. In alternativa al fissativo ai silicati la superficie potrà essere preparata con una o due mani di un composto a base di acqua, latte bollito e calce idrata nelle seguenti proporzioni: acqua 20 l, latte bollito 65 l, grassello di calce 25 dcm, calce idrata in fiore 30 dcm. Nel caso in cui siano presenti alghe, funghi, muschi, licheni sarà necessario bonificare e/o disinfestare l'intonaco con idonei biocidi.

Intonaco nuovo di malta di calce aerea e/o idraulica: è opportuno, prima di procedere alla stesura del fissativo ai silicati e alla doppia mano di tinteggiatura, attendere almeno 4 settimane dal completamento dello stesso; nel caso l'intonaco fosse realizzato in malta bastarda (calce e cemento) o di solo cemento è, inoltre, consigliabile provvedere ad un trattamento al fine di neutralizzare l'alcalinità e abbassare il pH dell'intonaco. Questa operazione risulta particolarmente indicata in caso di rappezzo di intonaco eseguito con malta bastarda: in questo caso, infatti, è basilare

uniformare il ph dell'intonaco così da evitare un diverso grado di igroscopicità tra intonaco antico e nuovo rappezzo ed il conseguente fenomeno della comparsa di macchie a tinteggiatura ultimata.

Superfici non omogenee (rappezzi): l'applicazione di queste tinteggiature (fissativo + 2 mani di tinta) su superfici non omogenee caratterizzate da rappezzi realizzati in epoche diverse od in presenza di efflorescenze saline, dovrà essere preceduta da un trattamento di fluatazione tramite l'utilizzo di fluosilicati di magnesio e alluminio, allo scopo di trasformare i sali solubili in acqua in composti insolubili, in tal modo vengono bloccati ulteriori possibilità di sviluppo di efflorescenze saline e, nello stesso tempo, viene omogeneizzata la struttura chimica del supporto, garantendo lo stesso livello di reattività alcalina. Il supporto su cui intervenire non dovrà, inoltre, presentare residui di pitturazioni sintetiche. Il trattamento con fluatanti è a base acida contrariamente alle pitture ai silicati che sono a base alcalina per cui è fondamentale evitare il contatto diretto tra pittura e fluatante ancora bagnato. In alternativa al lavaggio fluatante, dietro specifica indicazione delle D.L., si potrà operare un accurato lavaggio con acqua possibilmente calda e vaporizzata del vecchio intonaco avanti l'esecuzione dei rappezzi, e cosa indispensabile lasciare stagionare per almeno 4 settimane la superficie rappezzata.

Pietre naturali: prima di procedere si dovrà accertare che la superficie sia opportunamente asciutta, compatta, ben pulita, esente da efflorescenze saline. Dopo un pre-trattamento con fissativo ai silicati di procederà all'applicazione di due mani di tinta.

Specifiche: prima di iniziare la tinteggiatura ai silicati sarà opportuno schermare con cura le parti che non dovranno essere dipinte (in particolar modo le parti in vetro, in pietra, in ceramica e in metallo), gli eventuali spruzzi dovranno inoltre essere rimossi celermente con abbondante acqua e non lasciati asciugare in quanto la pittura al silicato risulta irreversibile una volta asciutta.

Applicazione trattamento antigraffito

I graffiti, generalmente presenti sulle superfici dei materiali che rivestono gli edifici, sono realizzati mediante vernici spray e pennarelli indelebili e come tali, particolarmente difficoltosa potrà risultare la loro asportazione; l'uso di solventi o della sabbiatura, anche se in parte metodi efficaci, risulteranno tecniche troppo aggressive tanto da alterare la natura stessa del supporto. Al fine di agevolare la rimozione di queste vernici, si potrà preventivamente trattare la superficie (pietra, laterizio ed intonaco) mediante formulati capaci di limitare i danni provocati dai graffiti ovvero impedire l'assorbimento delle vernici e degli inchiostri da parte del materiale; questi prodotti potranno essere permanenti (resistendo a più cicli di pulitura) o sacrificali (la loro durata si limiterà ad un solo intervento di pulitura). I protettivi permanenti si comporranno di sostanze fluorurate, resine poliuretatiche e miscele di resine sintetiche; quelli sacrificali invece, da cere microcristalline, polissaccaridi, resine acriliche e sostanze siliconiche. In entrambi i casi, i prodotti utilizzati dovranno essere: trasparenti (il più possibile in modo da non alterare l'aspetto cromatico della superficie), impermeabilizzanti, traspiranti, oleofobici e capaci di consentire la rimozione del graffito ricorrendo a tecniche che non implicino apparecchiature specifiche. Il prodotto, che dovrà essere messo in opera su superfici pulite ed asciutte, potrà essere applicato a pennello, rullo o a spruzzo; la temperatura di applicazione dovrà essere compresa tra i +5°C e i +35°C e in assenza di fenomeni come sole battente, pioggia o vento. Dopo la stesura, il prodotto dovrà asciugarsi e stagionarsi (il tempo sarà relazionato alle diverse tipologie di materiale) dopodiché risulterà efficace. La tecnica di rimozione del graffito dal protettivo antigraffito dipenderà dal tipo di prodotto utilizzato; generalmente per i protettivi non sacrificali verrà utilizzato lo specifico remover, asportato poi con acqua e spugna, mentre per quelli sacrificali potrà essere sufficiente acqua calda, spugna ed eventualmente spazzolino a setole morbide.

Specifiche: l'uso di protettivi sacrificali, in virtù della loro estrema reversibilità, risulterà particolarmente adatto per edifici di valenza storica.

Sagramatura

La procedura si pone l'obiettivo di proteggere e regolarizzare gli apparecchi "faccia a vista" in mattoni: avrà come caratteristica, principale, quella di lasciar trasparire la trama muraria

dell'apparecchio retrostante. Questa leggerissima velatura verrà realizzata applicando, su muratura abbondantemente bagnata, con l'ausilio di cazzuola o lama metallica uno strato di malta molto sottile (circa 1-2 mm), rifinito e lisciato con cazzuola americana o rasiera in legno in modo da seguire le irregolarità della cortina a mattoni.

L'impasto sarà a base di calce aerea in pasta e polvere di coccio pesto ad esempio per sagramatura a velo (spessore 1-1,5 mm) si potrà ricorrere ad un impasto composto da: 1 parte di grassello di calce, 1,5 parti di coccio pesto vagliato e lavato (granulometria impalpabile 000-00 mm) eventualmente pigmentato (massimo 5%) con terre naturali (terre rosse ventilate, terre di Siena bruciata, terre d'ombra ecc.) al fine di ritrovare l'intensità cromatica preesistente. In presenza di cortine non perfettamente arrotate o nel caso si debba mettere in opera una sagramatura semi trasparente (in ogni caso spessore massimo 2-3 mm), si potrà impastare 2 parti di grassello di calce, 0,5 parti di calce idraulica naturale bianca NHL 2, 4 parti di coccio pesto vagliato e lavato (granulometria polvere 0-1,2 mm), anche questo impasto potrà essere eventualmente additivato con pigmenti naturali. In ogni caso per la buona riuscita della procedura sarà opportuno dedicare attenzione alle operazioni preliminari di preparazione del supporto ovverosia: accurata pulitura (se non diversamente specificato negli elaborati di progetto) con spazzole di saggina e spray di acqua deionizzata; eventuale, successiva, rimozione (eseguita con l'ausilio di martelline, mazzette e scalpelli od altri strumenti esclusivamente manuali) delle malte degradate dei giunti e successiva stuccatura puntuale (con malta pigmentata o caricata con coccio pesto) di ogni soluzione di continuità presente sull'apparecchio murario; la stuccatura dovrà essere particolarmente curata ed eseguita da mano esperta; l'impasto che potrà essere steso con l'ausilio di cazzuolino cucchiariotto o piccole spatole a foglia d'olivo sarà costituito da calce aerea sabbia silicea vagliata e lavata e polvere di coccio pesto (granulometria 0-1,2 mm) in rapporto legante-inerte 1:3 (per maggiori dettagli sulla stuccatura di elementi in cotto si rimanda alla procedura specifica).

La tecnica tradizionale prevede la lisciatura eseguita mediante levigatura a mano con altro mattone più duro mantenendo al contempo bagnata la superficie affinché le materie (strato di malta e polvere di sfregamento) si possano impastare e colorare uniformando la cortina muraria.

Avvertenze: sovente, a lavoro ultimato si potrà riscontrare una mancanza di compattezza e uniformità nel colore causato dalla sagramatura; nel caso si volesse compattezza ed uniformità cromatica si potrà trattare la superficie con un passaggio di acqua sporca di terra colorante cosicché lo strato di malta possa assumere l'unità cromatica richiesta dagli elaborati di progetto (per maggiori dettagli sulla tecnica dell'acqua sporca si rimanda alla procedura specifica).

Patinatura

L'operazione di patinatura sarà eseguita mediante spolvero di pozzolana allo scopo di rendere (mediante velatura di colore) le eventuali integrazioni non troppo discordanti dagli elementi originali, e allo stesso tempo di unificare il grado di porosità con conseguente diverso assorbimento d'acqua piovana e umidità di risalita tra i materiali originali e quelli di restauro.

Dopo aver ben pulito con spazzole di saggina ed acqua i residui di malta presenti sulla cortina si procederà a gettare a mano, sulla superficie ancora umida, la polvere di pozzolana vagliata e ben asciutta (granulometria 0-1 mm) la quale si attaccherà in modo omogeneo sulla parete umida restando inglobata nel velo di carbonato presente sulla superficie della cortina. Passata una o due settimane la polvere non inglobata verrà rimossa mediante pennellina morbida da imbianchino, alla fine del cantiere (quando si smonteranno i ponteggi) si ripasserà sulla superficie con una leggera spazzolatura mediante spazzole di saggina.

Trattamento con olio di lino crudo e cere naturali

Il trattamento protettivo, (rivolto in modo particolare ai pavimenti in cotto) dovrà sempre avvenire su pavimento perfettamente pulito ed asciutto; pertanto sarà necessario intervenire, preventivamente, all'asportazione di sostanze inquinanti (efflorescenze saline, crescite microorganiche, concrezioni ecc.) o più generalmente con un trattamento di pulitura, sgrassatura o deceratura (al fine di rimuovere tutti i depositi superficiali compresi i residui di trattamenti

precedenti utilizzando ad esempio acqua deionizzata e spazzole morbide, prodotti sgrassanti, deceranti e sfilanti), inoltre dovranno essere stuccate le eventuali cavità o fessurazioni presenti sugli elementi in cotto e, se indicato dagli elaborati di progetto, gli stessi dovranno essere trattati mediante un consolidamento a base di silicato di etile. Passati almeno 20-30 giorni, dall'eventuale consolidamento a base di silicato di etile si potrà applicare (con l'ausilio di stracci, pennelli o rulli) una prima mano di olio di lino crudo in soluzione al 10% con acquaragia, ed una seconda mano al 20% sempre in soluzione di acquaragia, da effettuarsi solo dopo l'assorbimento del primo passaggio (cioè quando la superficie sarà in grado di assorbire ancora circa 3-4 h), passati circa 20-30 minuti dall'ultima passata, l'eventuale, eccesso di prodotto non assorbito verrà tolto con un pennello od un panno pulito. A superficie perfettamente asciutta (circa 6-8 giorni) si applicherà la stesura finale di cera naturale animale o vegetale (tipo cera d'api o cera carnauba) o minerale (cera paraffina o microcristallina) in modo uniforme, l'applicazione della cera dovrà essere ripetuta due o più volte (consumo medio del prodotto 10-20 l/m² in ragione del grado d'assorbimento del supporto), ad intervalli di 4/5 ore una dall'altra con minime quantità così da permettere il perfetto assorbimento. Se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto si utilizzerà la cera d'api naturale diluita in acqua ragia vegetale o essenza di trementina sia come finitura (o manutenzione ordinaria) di superfici lignee impregnate o laccate, sia su superfici in cotto o pavimenti in battuto alla veneziana. Ad avvenuta essiccazione si passerà all'operazione di lucidatura con panno o spazzola morbida.

In alternativa si potranno utilizzare le cere microcristalline le quali presenteranno migliori caratteristiche rispetto a quelle animali (cera d'api): repellenza verso l'umidità e verso i depositi superficiali, trasparenza, reversibilità anche dopo molto tempo, proprietà di flessibilità alle basse temperature, buona stabilità ai raggi UV, generalmente utilizzate in soluzione al 40% in toluene o in soluzione al 20% in ragia vegetale.

Le manutenzioni dei pavimenti in cotto andranno ripetute periodicamente. Previo lavaggio con blando detergente liquido non schiumogeno, sui pavimenti interni si effettuerà la stesura di cera liquida emulsionata alla quale seguirà lucidatura con feltro o panno di lana.

Protezione di cornici ed elementi decorativi aggettanti

La protezione delle cornici e degli elementi decorativi aggettanti al fine di ovviare all'infiltrazione delle acque meteoriche, potrà essere realizzata ricorrendo all'ausilio di elementi in metallo, comunemente denominati "scossaline", piegati e sagomati secondo le specifiche necessità. I materiali comunemente utilizzati sono: il piombo, il rame e la lamiera zincata. La procedura prevede la messa in opera, sull'elemento da proteggere, di una lastra (spessa circa 1,5 mm) più larga della superficie da coprire (almeno 10 cm per parte) tagliata e sagomata in opera. Nel caso in cui debbano essere protetti elementi aggettanti addossati alla muratura si procederà alla realizzazione di uno scasso (profondo non meno di 3 cm), lungo il profilo dell'oggetto, necessario per poter murare la lamina; lo scasso dovrà essere adeguatamente richiuso tramite accurata stuccatura rifinita a sguscio così da evitare gli inconvenienti legati al ristagno dell'acqua.

Dopo aver sagomato la lamina sulla superficie, si procederà ripiegando la parte eccedente del foglio di piombo sul bordo dell'oggetto (praticando dei tagli così da consentirne la piegatura) utilizzando, per questo, una tavoletta di legno appoggiata sul lembo piegato battendola, lievemente, con un'altra tavoletta in modo da farla meglio aderire alla superficie. Il materiale in eccesso potrà essere tagliato utilizzando un ferro piegato ad L dotato di punta sull'estremità: il passaggio del ferro sull'estradosso dell'oggetto garantirà il taglio della lamina. Le sovrapposizioni delle parti ripiegate potranno essere fermate tramite graffette così da impedirne il movimento. Si procederà poi nella pulitura, mediante spazzola metallica, dei lembi da saldare così da renderli scabri; la superficie dovrà essere scaldata con un cannello a gas applicando contemporaneamente la stearina (in modo da garantire la perfetta adesione del metallo al riporto) infine, si fonderà una barretta composta di una lega di stagno e piombo sul giunto da sigillare. La perfetta adesione e stabilità delle protezioni sommatali delle superfici aggettanti (specialmente se di considerevoli dimensioni) potrà essere ulteriormente garantita con la messa in opera di tasselli chiodati di cui si dovrà provvedere a

proteggere la testa con un rettangolo di piombo saldato alla lastra principale in modo da ostruire i fori, evitando possibili infiltrazioni di acqua.

Coperture provvisionali - protezione dei siti archeologici

La procedura prevede la messa in opera di particolari presidi di protezione al fine di salvaguardare i materiali e le strutture architettoniche dagli effetti delle condizioni patologiche generate da cause non direttamente affrontabili e risolvibili nell'ambito dell'intervento come ad esempio, la presenza di sostanze inquinanti nell'atmosfera, le piogge acide, il ruscellamento delle acque piovane ecc. Nei siti di scavo archeologico o, in presenza di manufatti ridotti allo stato di rudere risulterà essenziale la messa in opera di ripari, tettoie temporanee stagionali o fisse per evitare l'azione delle piogge e ridurre gli effetti delle variazioni termiche e del particolato atmosferico.

Nella scelta della tipologia di copertura da adottare dovrà essere tenuto conto della natura e dello stato di conservazione di ciò che necessita di protezione e delle effettive condizioni climatiche del luogo, evitando di utilizzare materiali che potrebbero innescare interazioni chimiche e fisiche con quanto è stato ritrovato; dovrà, inoltre, essere valutata la durata di esercizio del sistema di protezione poiché esiste una sostanziale differenza tra le coperture temporanee messe in opera in funzione degli interventi connessi con il cantiere archeologico (scavo, restauro ecc.) da quelle che dovranno poi permanere anche a lavori ultimati al fine di garantire una conservazione prolungata del sito.

Le coperture provvisionali comprenderanno: teli e strutture in elevazione.

I teli, in polietilene o in nylon, sono facili da applicare offrendo la possibilità di adattarsi a diverse situazioni; risultano essere impermeabili all'acqua e all'aria capaci inoltre, di fornire una buona resistenza all'azione meccanica di piogge molto forti. L'impermeabilità del materiale può essere la causa di pericolosi ristagni di acqua, causati da forti acquazzoni, nelle zone caratterizzate da superfici articolate; in questo caso la pressione del liquido solleciterà sia le strutture protette sia il telo che potrebbe strapparsi causando pericolose e inevitabili infiltrazioni. Per questo risulterà di basilare importanza la corretta messa in opera dei teli ed il loro periodico controllo dello stato di conservazione così da poter provvedere alla manutenzione o, se necessario, sostituzione. L'uso di teli per proteggere aree direttamente esposte all'irraggiamento solare è sconsigliato; sarà conveniente, inoltre, apporre i teli sollevati di qualche centimetro dalle strutture da proteggere poiché il mancato riciclo dell'aria potrebbe implicare la creazione di un microclima, tra telo e strutture, tale da favorire lo sviluppo di colonie batteriche e il lento disfacimento degli elementi che costituiscono i ritrovamenti. È opportuno, nel caso di permanenza prolungata dei teli sui reperti, effettuare un preventivo trattamento antibiotico per ovviare eventuali attacchi biologici.

In alternativa ai teli in polietilene potranno essere usati teli in tessuto (ottenuti dall'intreccio di fibre); si tratta di materiale traspirante che se messo in opera in tensione risulterà capace di proteggere il sito dalla pioggia inoltre, se di colore scuro potrà assolvere la funzione di oscurante. Particolare attenzione dovrà essere fatta nei punti di giunzione tra il telo e la struttura portante poiché, in caso di forti precipitazioni, potrebbero perdere la caratteristica di impermeabilità.

Le protezioni in elevazione saranno, in linea di massima, caratterizzate da una struttura portante che sostiene una copertura (tettoia). La struttura di copertura, indipendentemente dalla tipologia prescelta (a capanna, a tetto piano, a volta ecc.), dovrà possedere la prerogativa di essere reversibile ovvero, offrire la possibilità di essere montata e smontata senza arrecare nessun danno al sito, di essere neutrale vale a dire essere la più semplice possibile (evitando qualsiasi esercizio formale) e possedere un'altezza (tra i 3,5 m e i 4 m) tale da consentire tutte le operazioni legate al cantiere archeologico, come le procedure di scavo, le procedure di conservazione e quelle di documentazione come le riprese zenitali. Nel caso di siti ancora aperti sarà necessario che la tettoia sia abbastanza ampia in modo da garantire l'eventuale sviluppo dello scavo. Dovranno, inoltre, assicurare stabilità tanto da sopportare le sollecitazioni anche di forti venti ma allo stesso tempo, dovranno denunciare un numero limitato di sostegni così da evitare di interferire con le diverse unità stratigrafiche, pertanto sarà consigliabile cercare di sfruttare le eventuali mancanze per collocare le basi dei piedritti. La trasparenza della copertura dovrà essere tale da agevolare le

operazioni di scavo evitando però di implicare la crescita di vegetazione (macro e microflore) nel sito (non dovranno per questo essere eccessivamente trasparenti).

Le coperture in elevazioni se non diversamente specificato, potranno essere realizzate con una struttura portante metallica zincata (ad es., sistema dei tubi innocenti) ed orizzontamenti in materiale sintetico (polietilene, nylon ecc.) o metallico (lamiera grecata o microdogata) anch'esso zincato o quantomeno trattato con prodotto anti-corrosivo. Queste coperture, di facile impiego e di rapida messa in opera, offrono la possibilità di adattarsi alle diverse esigenze di scavo. Fattore prioritario a cui si lega l'effettiva efficienza sarà la corretta progettazione, per questo dovranno essere valutate attentamente le pendenze delle tettoie, gli scarichi delle acque piovane e calcolato i carichi a cui potranno essere sottoposte (soprattutto in relazione alle condizioni climatiche del luogo).

OPERAZIONI DI PROTEZIONE DELLE CRESTE DEI MURI

Lo scopo che si prefigge tale procedura è quello di garantire la conservazione delle sommità dei muri e delle parti in vista dei manufatti architettonici ridotti allo stato di rudere tramite la realizzazione di "superfici di sacrificio" che si degradano, nel tempo, al posto della muratura sottostante. Le porzioni di muratura superiori, soprattutto quando si tratta di manufatti archeologici, costituiscono la parte più debole e più esposta al degrado quella che più di altre è soggetta a subire l'azione meccanica della pioggia e l'aggressione dalle erbe infestanti; per questo, in assenza di un'adeguata protezione, l'infiltrazione delle acque e la disgregazione delle malte avviano il lento disfacimento della muratura. Le diverse tipologie di intervento indirizzate a salvaguardare le creste dei muri sono accomunate da alcuni accorgimenti preliminari indispensabili al fine di garantire la buona riuscita della specifica operazione di protezione. Indipendentemente dalla risoluzione che verrà prescelta, l'intervento di protezione dovrà risultare in ogni sua parte facilmente riconoscibile distinguendosi chiaramente dalla preesistenza così da non ostacolare e confondere la leggibilità dei muri e l'analisi stratigrafica.

Operazioni preliminari

Rilievo dello stato di fatto: pianta al livello del terreno e della cresta, sezioni verticali (intervallate ogni 30-60 cm) per tutta la lunghezza della cresta da proteggere;

- asportazione delle, eventuali, erbe infestanti presenti nella zona sommitale della muratura, verificando, preventivamente, se i loro apparati radicali si sono sviluppati in profondità, ramificandosi all'interno della muratura tanto da contribuire all'effettiva stabilità della struttura. La rimozione della vegetazione e delle, eventuali, incrostazioni di licheni nocivi rinvenuti (ricorrendo a trattamenti biocidi) dovrà essere realizzata seguendo quanto riportato negli articoli specifici;
- pulizia meccanica della superficie ricorrendo all'utilizzo di spazzole di saggina o di aspiratore e successivo lavaggio con acqua deionizzata allo scopo di rimuovere lo sporco rinvenuto (terra e depositi vari) seguendo le indicazioni riportate negli articoli specifici;
- consolidamento ed, eventuale, integrazione della muratura se necessario procedendo seguendo le indicazioni riportate negli specifici articoli;
- stuccatura delle eventuali fessure presenti tra i diversi elementi (previa rimozione della malta ammalorata) utilizzando malta di calce (eventualmente addizionata a cocciopesto) o con stoppa imbevuta di calce.

Protezione delle creste dei muri con la messa in opera di bauletto di malta

Previa esecuzione delle operazioni preliminari precedentemente descritte, questo tipo di protezione si effettua mediante la realizzazione, al disopra della cresta muraria, di uno strato di malta modellato a "schiena d'asino" (bauletto di malta), alto circa 10-15 cm e caratterizzato da una superficie omogenea, allo scopo di agevolare lo scorrimento delle acque piovane. La composizione della malta da impiegare dovrà avere un rapporto legante/inerte 1:3: il legante potrà essere costituito da una combinazione, in proporzione del 50%, di calce idraulica e calce grassa con inerti preferibilmente ricavati dalla triturazione di pietre analoghe a quelle costituenti la muratura da proteggere, così da evitare fenomeni dovuti ad una incompatibilità fisico-meccanica tra la malta e la

muratura antica (ad esempio: 2 parti di calce idraulica, 2 parti di grassello di calce, 12 parti di sabbia lavata e vagliata oppure, in alternativa, 0,5 di calce idraulica, 0,5 di grassello di calce, 1 parte di pietra calcarea a grana media, 1 parte di pietrisco a grana grossa, 1 parte di sabbia grana fine). Le cretture da ritiro potranno essere ovviate aggiungendo al composto prodotti antiritiro così da evitare inconvenienti riconducibili all'infiltrazione dell'acqua all'interno della muratura. Al fine di garantire una maggiore protezione alla cresta potrà essere inserita, tra la muratura e il bauletto, una lamina di piombo. Nel caso in cui si tratti di proteggere una cresta particolarmente estesa in lunghezza (oltre i 10 m) sarà opportuno interrompere il bauletto (ogni 6 m) interponendo dei giunti di dilatazione opportunamente sigillati con materiale a comportamento plastico/elastico.

Protezione delle creste dei muri con la messa in opera di malta e sassi infissi

La messa in opera di malta e sassi a protezione delle creste dei muri risulta essere, tra le diverse superfici di sacrificio realizzabili, l'operazione più semplice. Dopo aver effettuato le operazioni preliminari precedentemente descritte, si procederà alla messa in opera, direttamente sulla superficie delle creste, di una guaina (o tessuto-non-tessuto) il cui scopo, dovrà essere quello di assolvere una funzione strutturale (impermeabilizzante) così da prevenire l'eventualità sia di dannose infiltrazioni di acqua agevolate dal profilo frastagliato della cresta, sia di delimitazione dell'intervento facilitandone, allo stesso tempo, la rimozione. Al di sopra della guaina dovrà essere steso uno strato di malta (alto circa 5-8 cm) nel quale saranno infissi o sassi o frammenti di laterizio, in maniera tale da inglobarli, ma non ricoprirli, nella malta. La malta dovrà essere di calce idraulica naturale (o contenere limitate quantità di cemento bianco) all'occorrenza addizionata con prodotti antiritiro così da evitare il probabile inconveniente di cretture da ritiro e da gelività, causa principe di infiltrazioni d'acqua all'interno di murature. La composizione della malta dovrà tener conto delle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale costituente la muratura da proteggere allo scopo di evitare danni riconducibili ad una incompatibilità materica tra le due superfici. Lo scopo dei sassi è quello di ovviare ad una monotona uniformità delle superfici così da rendere la linea delle creste più frastagliata.

In relazione al materiale (sassi) che verrà messo in opera, varierà la composizione della malta: per pietre calcaree si potrà utilizzare una malta rapporto legante inerte 1:2,5 (3 parti di calce idraulica, 1 parte di grassello di calce, 10 parti di sabbia lavata e vagliata); nel caso di pietre silicee la malta potrà avere un rapporto legante inerte 1:3 (2 parti di calce idraulica, 1 parte di cemento bianco, 12 parti di sabbia lavata e vagliata); per la messa in opera di laterizi la composizione della malta potrà avere un rapporto legante inerte 1:2,5 (1 parte di calce idraulica, 3 parti di grassello di calce, 2 parti di cocchio pesto, 8 parti di sabbia lavata e vagliata).

L'operazione si concluderà con l'applicazione (per infiltrazioni o pennellature) del trattamento protettivo idrorepellente delle superfici; tale trattamento dovrà essere ripetuto nel tempo ad intervalli regolari così da mantenere l'efficacia e la durata della protezione.

Protezione delle creste dei muri utilizzando strati di sacrificio

Dopo aver eseguito le operazioni preliminari precedentemente descritte si procederà alla messa in opera, sopra alla cresta del muro, di uno spessore costituito da più filari (da 3 a 5 in relazione all'altezza del muro da proteggere), in laterizio o pietra. La procedura consiste nel posizionamento di più strati sovrapposti di altezza costante seguendo la linea frastagliata della parte sommitale del muro. La scelta del materiale che costituirà i diversi strati dovrà essere fatta tenendo conto che, ad intervento ultimato, la copertina dovrà ben distinguersi dalla muratura; tenendo presente questa priorità, i diversi filari potranno essere realizzati in diversi modi ad esempio, ricorrendo a materiali della stessa natura di quello presente nella muratura ma diversi per grandezza, con materiale reperito in situ da eventuali crolli, oppure differenti dall'originale tenendo conto però, che tale soluzione potrebbe comportare inconvenienti legati all'incompatibilità materica con la preesistenza. La malta da utilizzare per allettare i diversi filari dovrà essere tale da possedere caratteristiche meccaniche simili a quelle della muratura sottostante così da evitare fenomeni degenerativi riconducibili ai diversi comportamenti delle due superfici. La copertina dovrà essere, infine,

sottoposta a trattamento protettivo idrorepellente (per pennellatura o per infiltrazione) ripetuto, ad intervalli regolari, nel tempo. Al fine di demarcare meglio il confine tra la struttura e la copertina e, allo stesso tempo, garantire una buona impermeabilizzazione della muratura da proteggere, potrà essere interposta, tra la cresta e i filari, una guaina.

OPERAZIONI DI PROTEZIONE DI MATERIALI LIGNEI

Generalità

La salvaguardia del legno, dall'attacco di funghi o insetti, dovrà garantire la buona conservazione del materiale nel tempo; la protezione del legno avverrà mediante l'utilizzo di sostanze chimiche che lo renderanno tossico garantendone così la repellenza all'aggressione da parte di funghi, organismi marini e insetti. I protettivi da utilizzare saranno di vario tipo e potranno essere impiegati in base alla tipologia, l'esposizione e l'esercizio del manufatto da proteggere. Saranno, in ogni caso, da evitare applicazioni di prodotto in forti spessori, in quanto lo scopo dovrà essere quello di proteggere il legno e non isolarlo dall'ambiente.

I prodotti capaci di preservare i materiali lignei potranno essere; composti chimici semplici o miscele di diversi formulati come ad esempio, le sostanze sintetiche in solventi organici, i sali minerali solubili in acqua e i prodotti oleosi naturali.

Preparazione del supporto

Il legno dovrà risultare essiccato; nei legni placcati o compensati non dovrà essere presente, neppure in minima misura, l'acqua contenuta nella colla.

Nei trattamenti dei manufatti in legno si dovrà aver cura di verniciare oltre le superfici in vista anche tutte le loro parti in grossezza; inoltre, nel corso dei trattamenti dei manufatti stessi, si dovrà tener conto della eventuale presenza di corpi estranei, quali ad esempio chiodi o simili, ed adottare ogni accorgimento e provvedimento per evitare futuri danni alle pitture o vernici dipendenti appunto dai predetti corpi estranei.

Bagnatura

La bagnatura dovrà essere effettuata inumidendo la superficie del legno con acqua calda mediante una spugna; quando la superficie risulterà essiccata si procederà alla eliminazione delle fibrille mediante carta abrasiva dei numeri 80-180; la carteggiatura dovrà essere sempre fatta nella direzione delle fibre del legno.

Carteggiatura di preparazione

La carteggiatura di preparazione dovrà essere eseguita a secco con carte abrasive dei numeri 80-180, impiegando prima le carte di grana più grossa e procedendo poi con le carte di grana più fina. Ultimata la carteggiatura dovranno essere eliminati i residui legnosi, vetrosi e di ogni altra natura mediante soffiatura con aria.

Impregnamento con olio di lino cotto

Per l'impregnamento dei manufatti in legno dovrà essere impiegato olio di lino cotto, senza aggiungere essiccanti, coloranti od altre sostanze di qualsiasi natura e specie. L'impregnamento con olio di lino cotto dovrà essere effettuato esclusivamente a pennello. L'olio di lino cotto dovrà essere dosato con ogni cura per evitare sia la scarsa adesione in difetto d'olio, sia una pellicola troppo molle per sopportare i successivi trattamenti in caso di eccesso d'olio. L'eventuale eccesso d'olio dovrà essere asportato mediante un tampone. I successivi trattamenti di verniciatura non dovranno essere applicati se non prima che siano trascorsi almeno 30 giorni dall'impregnamento dei manufatti con olio di lino cotto. L'impregnamento con olio di lino cotto non dovrà essere effettuato nel caso che sia impiegato turapori alla nitro.

Turapori

L'applicazione del turapori dovrà essere effettuata a tampone e con forza così da assicurare la perfetta otturazione dei pori. Il turapori dovrà essere applicato prima nel senso trasversale alla fibra del legno e poi nel senso longitudinale. Subito dopo l'applicazione del turapori la superficie trattata dovrà essere ripulita con un panno per eliminare ogni eccesso del prodotto e per ottenere una migliore penetrazione del prodotto stesso. L'applicazione del turapori dovrà essere effettuata prima dell'essiccazione dell'olio di lino cotto impiegato per l'impregnamento.

Stuccatura

Le stuccature, per eliminare limitatissime e consentite difettose formazioni del sopporto, dovranno essere eseguite con stucco a spatola.

Carteggiatura di livellamento

La carteggiatura di livellamento dovrà essere effettuata ad umido con carte abrasive dei numeri 180-220, con apposite ed idonee emulsioni, oppure con carte abrasive autolubrificanti degli stessi numeri 180-220, e senza impiego di acqua; ad operazione ultimata si dovrà procedere alla asportazione, con segatura di abete, di ogni eccesso di liquidi e componenti oleosi della carteggiatura e quindi alla pulizia della superficie con stracci e con soffiatura d'aria.

Trattamento con prodotti vernicianti

I sistemi protettivi per il legno in esterni potranno essere classificati in:

- vernici trasparenti (flatting) a base di resine sintetiche monocomponenti. Queste vernici per effetto delle radiazioni solari (causa dell'indebolimento della pellicola pittorica) tenderanno a collassare nei punti critici come nodi, fessurazioni, giunti ecc.;
- vernici semitrasparenti a velatura (impregnanti) alla coppale (soluzioni di resina in essenza di trementina, eventualmente addizionate con modeste quantità di olio siccativo). Gli impregnanti penetreranno nel supporto, senza formare pellicola, offriranno una maggiore protezione dai raggi solari, rispetto alle vernici trasparenti per contro, però, potranno risultare più "sensibili" all'azione delle precipitazioni;
- vernici coprenti pigmentate (smalti) a base di resine sintetiche monocomponenti o resine naturali ed oli. I prodotti a base di resine naturali presenteranno il vantaggio di una minore nocività in fase d'applicazione in confronto ai prodotti sintetici ma al contempo avranno tempi d'essiccazione lunghi, perdita di brillantezza e, in alcuni casi, propensione alla formazione di muffe. Gli smalti grazie all'elevato spessore del film garantiranno una buona protezione delle strutture trattate, anche se, con il passare del tempo, potranno manifestare crepature e scrostature localizzate, soprattutto in corrispondenza dei nodi.

I sistemi coprenti nasconderanno completamente la fibratura ed il colore naturale del legno, le vernici trasparenti e gli impregnanti (sistemi semicoprenti a velatura) saranno utilizzati quando si vorrà lasciare a vista le venature della specie legnosa.

Verniciatura a smalto

I manufatti dovranno essere sottoposti al seguente trattamento:

- a) spolveratura con spazzole di saggina;
- b) bagnatura come specificato all'articolo 1.1. "preparazione del supporto";
- c) carteggiatura di preparazione, come specificato all'articolo 1.1.;
- d) impregnamento con olio di lino cotto, come specificato all'articolo 1.1.;
- e) applicazione di turapori, come specificato all'articolo 1.1.; solo nel caso di legno di abete se ne potrà omettere l'applicazione;
- f) stuccatura come specificato all'articolo 1.1.;
- g) carteggiatura di livellamento, come specificato all'articolo 1.1.;
- h) mano di pittura opaca di fondo;

i) due mani di smalto sintetico; la prima mano di smalto dovrà essere applicata soltanto quando il supporto sia perfettamente asciutto e non prima che siano trascorse almeno 24 ore dall'applicazione della mano di fondo. Qualora il colore prescelto sia di tonalità scura, la prima mano dovrà essere di colore visibilmente più chiaro, mentre se il colore finale dovrà essere chiaro la prima mano dovrà essere di tonalità visibilmente più scura.

Verniciatura con pitture oleosintetiche

Per la verniciatura di manufatti in legno con pitture oleosintetiche, da effettuare solo nei casi specificatamente previsti, si dovrà procedere così come prescritto per le verniciature a smalto ad eccezione delle due mani di smalto che saranno sostituite con due mani di pittura oleosintetica.

Lucidatura a spirito e gommalacca

La lucidatura a spirito dovrà essere effettuata come appresso:

- a) spolveratura con spazzole di saggina;
- b) bagnatura come specificato all'articolo 1.1. "preparazione del supporto";
- c) carteggiatura di preparazione, come specificato all'articolo 1.1.;
- d) impregnamento con olio di lino cotto, come specificato all'articolo 1.1.;
- e) applicazione di turapori, come specificato all'articolo 1.1.;
- f) carteggiatura di livellamento, come specificato all'articolo 1.1.;
- g) lucidatura mediante un tampone di ovatta imbevuto della soluzione di spirito e gommalacca. Il tampone dovrà essere ripetutamente passato con movimento circolare sulla superficie da lucidare facendo in modo che ogni passata insista su una superficie già asciutta ed evitando soste del tampone sulla superficie da lucidare. Ogni qualvolta il tampone risulterà asciutto lo si dovrà inumidire mediante aspersione della predetta soluzione. La lucidatura sarà considerata ultimata quando la superficie risulterà speculare riflettendo l'immagine. La lucidatura a spirito non dovrà essere eseguita sulle superfici dei manufatti esposte agli agenti atmosferici.

Verniciature trasparenti

I manufatti dovranno essere sottoposti al trattamento di preparazione previsto per la verniciatura a smalto (lettere a-b-c-d-e-f-g).

Particolare cura sarà posta nella eliminazione dell'eventuale eccesso di olio di lino. Il trattamento sarà completato con tre mani di vernice trasparente, da applicare a distanza di almeno 24 ore una dall'altra.

Trattamento con sistemi pellicolanti

Il trattamento dovrà, necessariamente, essere preceduto da un'adeguata preparazione del supporto realizzata mediante pulitura sgrassante al fine di rimuovere, ogni traccia di sostanze incoerenti, unti, grassi ecc.; successivamente, previa asportazione dei precedenti strati di vernici o pitture in fase di distacco (mediante raschiatura manuale o sverniciatura con decapante o altro sistema indicato negli elaborati di progetto), dovranno essere eseguite le necessarie stuccature con stucco sintetico o colla di legno (per maggiori dettagli sulle stuccature si rimanda a quanto detto all'articolo specifico) delle fessurazioni e la carteggiatura della superficie con carta abrasiva a secco (grana 80-100) al fine di eliminare il materiale eccedente e favorire l'adesione della nuova pitturazione. Prima dell'esecuzione del trattamento protettivo dovranno essere eseguite eventuali lavorazioni di ripristino di parti mancanti o, eccessivamente degradate (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo sulla tassellatura).

Eseguite le operazioni preliminari, si applicherà, tramite pennello a setola morbida o mini-rulli, il primo strato di pittura, trasparente o pigmentata, eventualmente diluita (ad es. con ragia minerale); particolare attenzione dovrà essere fatta nel coprire uniformemente il supporto e nell'evitare di lasciare colature di materiale. Quando lo strato di fondo sarà asciutto al tatto (circa 24 ore), ma non completamente essiccato, si procederà ad eseguire la mano di finitura che secondo le indicazioni di progetto, potrà essere brillante o satinata.

Specifiche: l'operazione dovrà avvenire con temperatura ambiente (+5°C, +30°C con U.R. inferiore al 70%), in assenza di vento; le superfici lignee trattate dovranno essere bene asciutte, inoltre, dovranno essere protette da pioggia battente ed umidità fino a completa essiccazione (almeno 5-6 giorni) del prodotto applicato.

Trattamento con olio di lino

Questo tipo di protezione verrà realizzata previa ispezione puntuale della superficie al fine di rilevare eventuali anomalie (marcescenze, parti mancanti ecc.) o deterioramenti (attacchi di insetti) che se riscontrati dovranno essere opportunamente risolti; dopodiché si procederà con il lavaggio sgrassante della superficie (utilizzando soda o altro materiale basico) allo scopo di eliminare tracce di sporco, unto e grasso, ultimando l'operazione con un lavaggio così da asportare il prodotto sgrassante. La superficie verrà successivamente raschiata (con l'ausilio di raschietti al fine di eliminare residui di pitture in fase di distacco) e carteggiata (con carta abrasiva a secco grana 80) in modo da garantire un maggiore aggrappaggio del trattamento successivo; la stuccatura delle fessure (e dei bordi delle eventuali parti ancora verniciate così da raccordare i dislivelli) potrà essere realizzata utilizzando stucco all'olio o, in caso di fessure considerevoli, con pasta di legno (polvere di legno e collante polimerico); dopo l'essiccazione dello stucco la superficie dovrà essere ulteriormente carteggiata allo scopo di togliere il materiale in eccesso.

Sul supporto verrà applicata una prima mano, mediante pennello, di primo fondo impregnante (a base di olio di lino e resine naturali) sulle parti di legno precedentemente preparate in modo da coprire uniformemente tutta la superficie assicurando la penetrazione all'interno delle venature del legno. Ad essiccazione avvenuta (circa dopo 2-6 giorni) previa verifica del suo stato (asciutta al tatto e ben aderente al supporto) si procederà alla levigazione della superficie mediante carteggiatura e la messa in opera del fondo di riempimento (olio di lino eventualmente pigmentato con minio di piombo nel caso si dovessero raccordare la superficie pitturata da quella al naturale) mediante pennelli o mini rulli stuccando con idoneo stucco l'eventuali, restanti parti lacunose; quando questo strato risulterà essiccato (2-6 giorni) e carteggiato, asciutto e pulito verrà applicata una prima mano di finitura (olio di lino eventualmente pigmentato con ossidi di ferro precipitati o terre naturali) con pennelli o mini rulli in modo da coprire tutta la superficie e, ad asciugatura avvenuta, una seconda mano facendo cura di proteggere le superfici dall'intemperie fino ad avvenuto essiccamento. Dopo circa 10-15 minuti dall'applicazione, l'eventuale eccesso di prodotto impregnante (non assorbito dal supporto) dovrà essere rimosso con l'ausilio di un panno morbido.

Avvertenze: l'applicazione del prodotto dovrà essere fatta con temperatura esterna compresa tra i +5°C e i + 35°C e, con un'umidità relativa non superiore al 70%, operando gli opportuni accorgimenti protettivi per superfici esposte al sole e al vento.

Trattamento con sostanze antitarlo, antimuffa e antifungo

La superficie lignea in oggetto dovrà essere priva di macroscopiche anomalie che potrebbero provocare l'insorgenza di degradi a trattamento ultimato (marcescenze, parti mancanti ecc.) e priva di residui di precedenti vernici, cere grassi e polveri, che dovranno essere rimossi secondo le tecniche esplicitate nell'articolo inerente la pulitura degli elementi lignei. Prima di effettuare il trattamento preservante la struttura dovrà essere puntualmente ispezionata (per tutta la superficie in maniera puntuale) ricorrendo a strumenti come punteruolo, scalpello e martello al fine di saggiare la consistenza del legno asportarne piccole porzioni da analizzare in laboratorio e battere il materiale al fine di individuare le zone, eventualmente, attaccate dagli insetti o funghi; se necessario si potrà ricorrere all'uso della lente d'ingrandimento per osservare gli eventuali fori di sfarfallamento e il rosime riscontrati (elementi in grado di rivelare la specie d'insetto e se l'attacco è ancora attivo); attraverso l'igrometro elettrico da legno sarà possibile misurare il contenuto d'umidità in modo da poter determinare se esiste o è in atto un attacco fungicida mentre, per accertare il reale stato conservativo si potrà utilizzare la trivella di Pressler che consentirà di effettuare piccoli carotaggi. È opportuno precisare che l'attacco da parte di insetti non sempre necessiterà di trattamento poiché alcuni di essi non depositano larve all'interno del materiale perciò, quando di queste specie (ad. es. i

Siricidi) si riscontreranno i fori di sfarfallamento significa che la fuoriuscita è già avvenuta; inoltre occorre tenere conto della datazione del materiale, se l'attacco si riscontra su strutture molto antiche (oltre un secolo) spesse volte non risulterà più attivo (è il caso ad. es. dei Cerambicidi che se attivi presenteranno dei fori di sfarfallamento dai margini netti e il rosone chiaro). Eseguito, l'eventuale, consolidamento della superficie (stuccature, sostituzioni parziali ecc.) si potrà eseguire la procedura. Il prodotto utilizzato per la protezione o disinfestazione dovrà presentare un bassissimo grado di tossicità, non dovrà formare una pellicola superficiale, produrre alterazioni cromatiche e dovrà consentire l'eventuale applicazione di una successiva verniciatura. L'applicazione del prodotto, potrà essere fatta a pennello o a spruzzo (in questo caso l'operatore dovrà ricorrere alle opportune protezioni per gli occhi e per le vie respiratorie) in modo da garantire una copertura uniforme della superficie; a tale riguardo potranno essere applicate più mani relazionandosi allo specifico prodotto utilizzato. Ad essiccazione del prodotto avvenuta (in media 4-6 ore) la parte trattata dovrà essere carteggiata (nel senso della venatura del legno ricorrendo all'uso di carta abrasiva di grana 100, 120) al fine di eliminare le eventuali, fibre legnose rialzate durante l'applicazione del prodotto. Nel caso in cui all'interno del materiale si dovesse riscontrare la presenza d'insetti si dovrà procedere alla disinfestazione puntuale.

Disinfestazione del legno

Dopo aver individuato con esattezza la tipologia d'insetto presente nel materiale si procederà con il trattamento disinfestante; questo dovrà essere fatto nel periodo di maggiore attività dell'insetto (generalmente primavera o inizio estate). I prodotti da utilizzare dovranno presentare una buona capacità di penetrazione all'interno del legno (tipo gli insetticidi disciolti in solvente organico), in modo da riuscire ad eliminare le larve e le crisalidi e, allo stesso tempo dovranno essere in grado di impedire la penetrazione di altri insetti, per questo il prodotto dovrà essere applicato anche in superficie; l'applicazione del prodotto potrà essere fatta a spruzzo o a pennello per la superficie mentre tramite iniezioni (ricorrendo a siringhe) per garantire la penetrazione all'interno dei fori creati dagli stessi insetti in modo da assicurare il trattamento anche in profondità; le iniezioni dovranno essere realizzate seguendo le indicazioni specifiche al riguardo dettate dalla D.L. Il trattamento varierà in relazione alla tipologia di insetto presente (Anobiidi, Termiti del legno secco, Cerambicidi ecc.); i disinfestanti utilizzabili al riguardo potranno essere diversi (impiegati, generalmente, in media 250/300 g/m² di legno) tra i più comunemente usati si potrà ricorrere a quelli a base di naftalina clorurata, paradichlorobenzolo, ossido tributilico di stagno ecc. Nel caso di Termiti sotterranee non sarà sufficiente limitare il trattamento alla struttura colpita ma dovrà essere interrotto il flusso degli insetti dal nido presente nel terreno dell'immobile; intorno a questo dovrà essere realizzata una barriera costituita da preservanti immessi direttamente nel terreno (dove non è possibile verranno realizzati dei fori nel pavimento più vicino al terreno) ricorrendo a prodotti a base di regolatori della crescita capaci di impedire la formazione della chitina in modo che le Termiti sopperiscano al momento della muta. Per ovviare l'attacco del materiale da parte dei funghi le sostanze utilizzabili potranno essere miscele a base di floruri (miscele di floruri con sali arsenicati di sodio); sarà importante, inoltre, mantenere i valori di umidità tra il 10% e il 15% (l'attacco dei funghi si manifesta generalmente quando il legno raggiunge un'umidità superiore al 20%). L'efficacia della procedura di disinfestazione sarà, in ogni caso, vincolata dall'accuratezza della messa in opera e soprattutto dal reale sviluppo su tutta la superficie: i punti delicati saranno le sezioni di testa, le giunzioni, gli appoggi e in genere le alterazioni dovute ad incastri, tratti di sega, buchi per chiodi; in questi tratti sarà essenziale porre la massima attenzione affinché il trattamento li coinvolga completamente.

Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, ed in accordo con la D.L. si potrà operare nel seguente modo: s'inserirà tra le due superfici di contatto, oppure sulle sezioni di testa, una pasta al 50% da sale biocida (ad es. utilizzando una miscela composta da fluoruri e sali arsenicati di sodio) e 50% d'acqua (di norma il consumo di pasta sarà di circa 0,75-0,80 kg/m² di superficie) e si ripasseranno, infine, tutte le connessioni e/o sezioni di testa con la medesima

soluzione salina. La procedura operativa dovrà essere seguita dopo 2 anni da un intervento a spruzzo con gli stessi sali, intervento che andrà ripetuto dopo 5 anni dal primo.

Trattamento con sostanze ignifughe

L'impiego di prodotti vernicianti di protezione dal fuoco, su strutture lignee, è previsto e normato dal Decreto Ministeriale 6 marzo 1992: "Norme tecniche procedurali per la classificazione di reazione al fuoco e omologazione dei prodotti vernicianti ignifughi applicati sui materiali legnosi".

Il trattamento delle superficie lignee mediante l'applicazione di sostanze ignifughe avrà lo scopo di abbassare la velocità di penetrazione della carbonatazione: le vernici sottoposte alle temperature elevate, presenteranno, infatti, la caratteristica di espandersi generando una schiuma isolante ed incombustibile che creerà uno strato coibente intorno alla struttura trattata. Il tempo di protezione al fuoco (classe della pittura) sarà in rapporto alla natura del supporto e allo spessore applicato; di norma i prodotti utilizzati per una corretta ignifugazione saranno a base di silicati di sodio o di potassio miscelati a talco o caolino (rapporto 80:20), da applicarsi a pennello in 3 spalmature.

I supporti oggetto di trattamento dovranno essere preventivamente puliti, asciutti ed esenti da polveri, muffe, grassi parti marcescenti; al fine di favorire l'aggrappaggio potrà rivelarsi utile irruvidire la superficie mediante leggera carteggiatura.

Avvertenze: sarà necessario che le sostanze ignifuganti non emettano in caso di incendio gas tossici per l'uomo, che assolutamente non corrodano eventuali parti metalliche e abbiano contemporaneamente una buona efficacia biocida.

OPERAZIONI DI PROTEZIONE DI MATERIALI METALLICI

Generalità

I manufatti metallici dovranno essere accuratamente verniciati in tutte le loro parti sia in vista che in grossezza; pertanto il collocamento in opera dei manufatti stessi, se non altrimenti disposto, non dovrà essere effettuato prima che sia stato eseguito l'intero ciclo di verniciatura previsto.

L'ultima mano di finitura, se così disporrà la D.L., dovrà essere applicata sul manufatto in opera.

Preparazione delle superfici

Pulizia manuale

La pulizia manuale dovrà essere effettuata con raschietti, spazzole metalliche od altri simili attrezzi; dovrà essere eseguita con ogni scrupolo ed essere accuratamente controllata per accertare che la pulizia sia completa e che risultino asportate la ruggine, la calamina in fase di distacco, i residui vari ed in genere ogni corpo estraneo. Particolare attenzione dovrà essere posta in corrispondenza delle giunzioni, delle chiodature, degli angoli e delle cavità.

Spazzolatura meccanica

La spazzolatura meccanica dovrà essere effettuata mediante macchine ad alta velocità, munite di spazzole metalliche con filo di acciaio da 0,5 mm.

Il supporto dovrà presentarsi pulito, privo di scaglie di calamina in fase di distacco, di ruggine e di ogni altro corpo estraneo.

Smerigliatura meccanica

La smerigliatura meccanica dovrà essere effettuata mediante macchine ad alta velocità dotate di mole abrasive di grana fina, e successiva passata con spazzola rotante di acciaio.

L'operazione dovrà essere eseguita con ogni scrupolo, così da non solcare il supporto, e dovrà essere protratta fino a togliere le scaglie di calamina in fase di distacco, la ruggine ed ogni altro corpo estraneo, così che il metallo si presenti completamente ed uniformemente lucido. Ultimato il trattamento di smerigliatura meccanica dovrà essere applicata, al massimo entro 24 ore, la prima mano di antiruggine al cromato di zinco o al cromato di piombo. Qualora nel suddetto intervallo di 24 ore, per particolari condizioni ambientali, si determinassero sulla superficie smerigliata lievi strati di ossido, questo dovrà essere eliminato, prima del trattamento antiruggine.

Sabbatura

La sabbiatura dovrà essere effettuata mediante un getto sulla superficie metallica di aria con sabbia silicea (non marina) o quarzifera, o con graniglia metallica, alla pressione di 5-8 atmosfere. Le sabbie o le graniglie dovranno avere granulometria tale che la profondità di attacco risulti di circa 10 micron per la sabbia e 25 micron per le graniglie metalliche.

Prima dell'inizio dei trattamenti protettivi i manufatti dovranno essere ripuliti da eventuali residui della sabbiatura mediante spazzolatura meccanica. Le superfici così preparate dovranno presentare interamente ed uniformemente aspetto argenteo, e pertanto essere prive di scaglie di calamina, ruggine ecc. È vietata la sabbiatura ad umido. Ultimato il trattamento di sabbiatura dovrà essere applicata immediatamente la prima mano di antiruggine al cromato di zinco o al cromato di piombo. Qualora, per particolari condizioni ambientali, si determinassero sulla superficie lievi strati di ossido, questo dovrà essere eliminato prima del trattamento antiruggine.

Sgrassatura

La sgrassatura dovrà sempre completare ogni trattamento di preparazione e sarà eseguita mediante energico lavaggio con idonei solventi (si veda l'articolo specifico inerente i solventi).

Sverniciatura

La sverniciatura dovrà essere eseguita quando sia necessario eliminare vecchi strati di pitture, vernici o smalti applicati sopra un supporto che non sia stato inizialmente preparato in modo idoneo; altrimenti si dovrà procedere ad una nuova preparazione. Per la sverniciatura dovranno essere impiegati idonei preparati (esenti da acidi, alcali, acqua) che, ammorbidendo la pellicola, ne consentano la facile asportazione a grandi lembi e strisce. Gli angoli, gli spigoli, gli incavi ecc. dovranno essere raschiati e ripuliti con la massima cura. La superficie sverniciata dovrà essere ripulita da ogni residuo mediante spazzole metalliche e quindi lavata con idonei solventi.

Protezione mediante verniciatura a smalto

Manufatti siderurgici non zincati

I manufatti metallici siderurgici non zincati dovranno essere sottoposti al seguente trattamento:

- a) preparazione delle superfici mediante sabbiatura. Solo in casi eccezionali, e dietro specifica autorizzazione della D. L., la sabbiatura potrà essere sostituita con la smerigliatura meccanica o la spazzolatura meccanica. La pulizia manuale potrà essere autorizzata per iscritto dal Direttore dei Lavori solo per preparazione di particolari manufatti e che interessino superfici limitate;
- b) spolveratura con spazzole di saggina;
- c) sgrassatura come specificato all'articolo 1.1 "preparazione delle superfici";
- d) prima mano di antiruggine al cromato di zinco o al cromato di piombo;
- e) seconda mano della stessa antiruggine da applicare non prima di 24 ore dalla mano precedente. La seconda mano dovrà avere una tonalità di colore diversa dalla precedente;
- f) due mani di smalto sintetico da applicare non prima di 24 ore dalla seconda mano di antiruggine. Qualora il colore prescelto sia di tonalità scura, la prima mano dovrà essere di colore visibilmente più chiaro, mentre se il colore finale dovrà essere chiaro la prima mano dovrà essere di tonalità visibilmente più scura. Tra la prima e la seconda mano dovrà trascorrere, un intervallo di almeno 24 ore.

Manufatti siderurgici zincati

I manufatti siderurgici zincati dovranno essere sottoposti al seguente trattamento:

- a) spolveratura con spazzole di saggina;
- b) sgrassatura come specificato all'articolo 1.1 "preparazione delle superfici";
- c) protezione del supporto nei punti in cui la zincatura si presenti deteriorata mediante pulizia delle eventuali ossidazioni o di altri guasti, e applicazione di due mani, intervallate di almeno 24 ore una dall'altra, di pittura anticorrosiva al cromato di zinco;
- d) mano di pittura anticorrosiva al cromato di zinco;
- e) due mani di smalto sintetico così come prescritto alla lettera f) dell'articolo 2.1 "manufatti siderurgici non zincati", da applicare non prima di 36 ore dall'esecuzione della mano di pittura anticorrosiva al cromato di zinco.

Verniciatura con pitture oleosintetiche

Per la verniciatura di manufatti metallici siderurgici, non zincati o zincati, con pitture oleosintetiche, nei casi specificatamente previsti, si dovrà procedere così come precisato rispettivamente ai precedenti articoli 2.1 e 2.2., ad eccezione delle due mani di smalto che saranno sostituite con due mani di pittura oleosintetica.

DEUMIDIFICAZIONE

Premessa metodologica

L'acqua all'interno delle strutture murarie assume i caratteri di una patologia nociva quando la sua presenza non è più legata a residui di lavorazione o di cristallizzazione ma il rapporto tra il suo volume e quello dei capillari presenti nel materiale è tale per cui iniziano ad innescarsi vari fattori degenerativi di natura: fisica (cicli di gelo-disgelo), chimico-fisica (cristallizzazione dei sali) e biologica (patine biologiche, vegetazione infestante, muschi, licheni ecc.). La presenza dell'acqua all'interno delle murature può avere diverse provenienze, tra le quali: direttamente dal terreno (umidità ascendente), per infiltrazione di piogge battenti, guasti idrici ecc. Le risoluzioni attuabili con il fine di ovviare a questo problema hanno lo scopo di allontanare o, quantomeno, ridurre l'azione disgregante dell'acqua per mezzo della messa in opera o del ripristino di elementi in grado di evitare l'impregnazione della muratura. La scelta della risoluzione più adeguata al caso specifico deve essere fatta dopo aver acquisito delle conoscenze dettagliate sull'ambiente e sul manufatto oggetto d'intervento; per questo occorre verificare sia la natura morfologica del terreno, l'altezza della falda freatica, l'eventuale presenza di acque sotterranee sia il reale stato conservativo del manufatto controllando gli impianti di adduzione e di scarico delle acque per uso domestico, gli impianti di riscaldamento e di ventilazione, i sistemi di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche (canali, pozzetti e pluviali) in modo da poter capire se le cause che hanno provocato il fenomeno sono riconducibili a problemi legati alla mancata manutenzione della struttura oppure sono indirettamente connessi a questa dalla situazione al contorno.

Le cause dirette sono facilmente risolvibili poiché è sufficiente riparare il danno che ha generato la perdita sostituendo o aggiustando le strutture mallesse, mentre, per quando concerne le cause indirette non sempre è possibile eliminarne per cui, la procedura deve essere relazionata all'insistenza del fenomeno. Le tecniche meno invasive, che non alterano la configurazione strutturale del manufatto, prevedono la messa in opera di risoluzioni (vespai, drenaggi, intercapedini, contropareti, intonaci macroporosi, elettrosmosi attiva blanda ecc.) che ostacolano l'accesso dell'acqua e allo stesso tempo consentono la traspirabilità della muratura; nei casi in cui queste risoluzioni risultano inefficaci è possibile operare interventi direttamente sulla struttura del manufatto come ad esempio: taglio della muratura, sifoni, barriere chimiche ecc. è opportuno tenere sempre presente, indipendentemente dalla risoluzione adottata, che difficilmente un trattamento può ritenersi completamente risolutivo e che ogni procedura ha i suoi limiti e le relative controindicazioni per cui può risultare conveniente ricorrere a sistemi integrati di più tecniche in modo da poter attuare una compensazione reciproca capace di annullare, in parte, le diverse limitazioni insite in ogni intervento. I fenomeni relativi all'umidità risultano, spesse volte, difficili da eliminare per questo lo scopo che deve prefiggersi l'intervento è quello di attenuarli in modo da renderli meno nocivi per la struttura. Il tecnico deve disporre di un ampio ventaglio di risoluzioni e un'analisi dettagliata dello stato di fatto, al fine di poter pianificare un progetto globale di controllo dell'umidità su tutto il manufatto strettamente relazionata alle specifiche esigenze evitando così, come contrariamente avviene nella pratica, sia lo scaglionarsi nel tempo di una serie illimitata di operazioni circoscritte poco risolutive sia l'estensione, arbitraria, di una medesima risoluzione a tutto il fabbricato.

OPERAZIONI DI DEUMIDIFICAZIONE DI APPARECCHI MURARI

Generalità

I lavori di deumidificazione delle murature, qualsiasi sia il sistema di risanamento adottato (drenaggi, vespai, intonaci macroporosi, iniezioni con miscele idrofobizzanti ecc.) necessiteranno di

analisi preventive, al fine di stabilire la natura del degrado e, di conseguenza, stabilire la metodologia da adottare più appropriata per risolvere lo specifico problema.

Drenaggi, intercapedini, vespai

Le procedure d'intervento si riferiscono a varie tecnologie atte a fronteggiare la presenza dell'umidità; le operazioni si relazionano principalmente a fondazioni o muri controterra poiché elementi che possono facilmente impregnarsi d'acqua, in fase liquida, proveniente direttamente dal sottosuolo, per capillarità. L'assorbimento si potrà verificare al piede delle fondazioni, sulle pareti laterali e sulle pavimentazioni a diretto contatto con il terreno (mancanza del primo solaio a terra).

Tutte queste procedure implicheranno demolizioni e scavi che potrebbero risultare dannosi per l'equilibrio statico del manufatto; per questo, prima di procedere dovranno essere attuate appropriate indagini preliminari allo scopo di definire un preciso quadro diagnostico sia sul terreno sia sulla muratura al fine di conoscere la reale configurazione e natura geologica del suolo, nonché il reale stato conservativo delle murature interrato. L'eliminazione di una consistente parte di terreno con funzione di contenimento per la parte di muro fondale, potrebbe innescare cedimenti e provocare quadri fessurativi. Nella probabilità che ciò possa verificarsi sarà basilare intervenire preventivamente con il consolidamento delle strutture e, in seguito, con lo scavo della trincea. Maggiori specifiche sulle modalità di scavo potranno essere attinte dagli articoli specifici sugli scavi (scavi in genere, scavi di sbancamento, scavi in trincea ecc.).

Drenaggi, pozzi assorbenti

L'intervento, da effettuarsi all'esterno del manufatto, ha lo scopo di evitare il contatto diretto tra la muratura ed il terreno umido; la tecnica è in grado di convogliare lontano dalla muratura le acque di scorrimento e quelle derivanti dalla falda freatica. Questo tipo di dispositivo potrà essere localizzato, sia in aderenza agli apparecchi murari, (questi si riveleranno utili ad intercettare le acque in pendii vicini al manufatto) sia distaccato; nel primo caso si renderà necessario posizionare, a contatto con il muro, una barriera impermeabile costituita da membrane bitume polimero elastomeriche, o realizzata mediante vernici impermeabilizzanti (minimo 2 mani a distanza di 24-48 ore per uno spessore finale di circa 2-3 mm ed un consumo di almeno 2-2,5 Kg/m²).

Previa la rimozione, o la demolizione dell'eventuale marciapiede perimetrale, dovrà essere realizzato uno scavo (eseguito a mano o con l'ausilio di piccoli escavatori a cucchiaio) per piccoli cantieri successivi, al fine di creare una trincea di profondità e larghezza dettate dalle disposizioni di progetto; in assenza di queste si procederà fino all'estradosso della fondazione o, quantomeno, ad una quota inferiore a quella dei pavimenti interni (larghezza minima 40-50 cm, altezza circa 70-80 cm) eseguendo gli eventuali, quanto opportuni, sbatacchiamenti in presenza di terreno incoerente o con terreno che non offra assolute garanzie di sicurezza. Successivamente, previa accurata ripulitura della parete controterra (con tecnica indicata da disposizioni di progetto, ad es. acqua deionizzata ed energica spazzolatura con l'ausilio di spazzole di saggina) messa al vivo, al fine di rimuovere ogni traccia di terreno ed eventuali residui umiferi, si procederà alla stuccatura dei giunti con malta di calce idraulica ed all'eventuale messa in opera di un nuovo intonaco (spessore consigliato 20 mm) con malta sempre a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 caricata con coccio pesto (per es. 1 parte di calce, 2 parti di sabbia fine, 1 di coccio pesto). In alternativa, in presenza di apparecchio "faccia a vista", potrà essere sufficiente stillare i giunti di malta con apposita malta di calce idraulica caricata con coccio pesto ovvero pozzolana (rapporto legante-inerte 1:2). Tirato e consolidato l'intonaco si applicherà la guaina isolante bituminosa che potrà essere a teli saldati a caldo (caratteristiche medie: spessore 4 mm, armata con tessuto non tessuto di poliestere imputrescibile, flessibilità a freddo di -20 °C, resistenza a trazione long. 970 N/cm² e trasv. 700 N/cm², allungamento a rottura long. 50 % e trasv. 50 %, resistenza alte temperature >150°C) o liquida data a pennello od a rullo (prodotto a consistenza liquida a base di bitumi con elastomeri e filler in dispersione acquosa, allungamento a rottura ca. 1000%, resistenza alte temperature >150°C, flessibilità a freddo -10°C, resistenza a trazione long. 16 N/cm² e trasv. 20 N/cm², tempo di

essiccazione superficiale ca. 1 h); per l'applicazione su superfici cementizie sarà opportuno prevedere la stesura preventiva di apposito primer.

Al fine di evitare che il riempimento danneggi lo strato isolante potrà essere utile posizionare delle idonee membrane bugnate in polietilene ad alta densità HDPE (spessore ca. 6-10 mm, volume d'aria tra le bugne ca. 5,3-5,5 l/m³, resistenza alla pressione > 200 kN/m², stabilità termica da -30°C a +80°C, resistente agli agenti chimici, agli urti, alle radici, non degradabile). Queste membrane, applicate con le bugne rivolte verso la parete (avendo cura di avere una sormonta longitudinale di almeno 10-20 cm) mediante tasselli ad espansione o chiodi in acciaio inox muniti di appositi bottoni con maglia 100x100 cm avranno, allo stesso tempo, la funzione di agevolare la circolazione dell'aria e di proteggere la barriera isolante. Nel caso in cui si dovessero montare membrane bugnate munite di strato di geotessuto non tessuto drenante in polipropilene a filo continuo si dovrà invertire la posa in opera ovverosia, il lato bugnato dovrà essere rivolto verso il terreno così da permettere al geotessuto un costante filtraggio delle particelle del terreno impedendo l'intasamento dei canali. In alternativa alla membrana bugnata si potranno realizzare dei pannelli in laterizio pieno posti in opera a coltello ed allettati con malta di calce idraulica.

Il drenaggio vero e proprio sarà costituito dal riempimento a secco della trincea, precedentemente scavata, con ciottoli, scheggioni (costituiti da materiali poco porosi ed assorbenti come pietre laviche) disposti a mano su terreno ben costipato mediante spianatura, bagnatura e battitura, al fine di evitare cedimenti, o su piano costituito in magrone di cls; in ogni caso il piano dovrà essere tirato in modo da avere una pendenza intorno ai 2-4% così da favorire il deflusso delle acque. Il drenaggio sarà integrato con un tubo drenante (f 200-400 mm) in materiale cementizio forato avente la corona superiore molto permeabile e la parte inferiore compatta ed impermeabile, posto sul fondo della fossa con la funzione di raccolta ed allontanamento delle acque nelle condotte principali di fognatura bianca, od in zona idonea al non ritorno dell'acqua reflua dal drenaggio. Il materiale di riempimento sopra il primo strato di ciottoli e scheggioni di grosse dimensioni (100-150 mm) dovrà essere di granulometria diversificata, sempre più fine a mano a mano che ci si avvicina alla superficie; una granulometria di riferimento potrà essere composta da ciottoli di 30-60 mm, ghiaia di 5-10 mm, rifiorimento in sabbia 1,5-3 mm. Tra i vari strati di granulometria diversa, se il progetto lo prevede, potrà essere inserito un foglio di tessuto non tessuto.

Al fine di impedire infiltrazioni d'acqua piovana si renderà necessario creare o ripristinare un marciapiede lungo tutto il perimetro dell'edificio di larghezza maggiore a quella della trincea drenante e d'inclinazione tale da allontanare l'acqua dalla parete. In tal modo l'assorbimento d'umidità sarà ridotto al solo piano di appoggio della fondazione.

Avvertenze: l'intervento, se correttamente eseguito ed affiancato all'interno dell'edificio dalla messa in opera di intercapedini o vespai areati, potrà risultare efficace e risolutivo nei casi in cui la risalita capillare dell'umidità non superi i 40-50 cm. In presenza di murature soggette ad elevata umidità di risalita sarà necessario evitare questo tipo di procedura ed orientarsi verso sistemi combinati più efficaci. Nel caso in cui lo scavo dovrà essere abbassato al di sotto della quota di fondazione, sarà opportuno (ai fini della sicurezza statica) posizionare la trincea drenante ad almeno due metri dalla stessa per evitarne il possibile scalzamento.

Pozzi assorbenti

In presenza di una successione di terreni che, dalla superficie verso il basso, si presentano con strati saturi di acqua (livello fondazioni) e, poi, a profondità maggiori con strati di suolo assorbente (per es. un banco di ghiaia sciolta anche mista a sabbia, argille molli ecc.) può rivelarsi conveniente procedere al risanamento dei locali interrati ricorrendo alla creazione di pozzi assorbenti. Questi pozzi potranno essere realizzati, secondo le disposizioni di progetto, o in pietrame o in mattoni pieni messi in opera in modo da lasciare aperti numerosi vuoti fra l'interno del pozzo ed il terreno limitrofo. Normalmente il pozzo sarà affondato per circa 30-40 cm all'interno dello strato assorbente e terminerà in superficie con un chiusino in cemento, asportabile per le periodiche ispezioni sulla condizione del pozzo.

Tali pozzi lasciano filtrare al loro interno l'acqua proveniente dal suolo saturo, convogliandola verso il sottostante banco assorbente. Con questo tipo di drenaggio si otterrà un abbassamento del livello della falda acquifera ed un rapido prosciugamento delle acque piovane che, per gravità, penetrano nel terreno.

Avvertenze: questa procedura determina un calo della falda acquifera superficiale, pertanto potrà essere messa in opera solo se il progetto avrà considerato i possibili fenomeni di tipo statico (assestamenti, avvallamenti ecc.) che potrebbero verificarsi nelle strutture del manufatto ed abbia previsto o adottato adeguate misure di salvaguardia; sarà, pertanto consigliabile, prima di procedere all'installazione del pozzo, consolidare la struttura muraria.

Intercapedini, scannafossi

L'intervento prevede la formazione di un'intercapedine ventilata perimetrale (circa 40-80 cm di larghezza per una profondità di almeno una volta e mezzo l'altezza dell'umidità di risalita; ad es. per umidità fino ad 1 m scannafosso profondo 1,5 m) con la funzione di realizzare il completo distacco tra il terreno umido e la faccia verticale della muratura interrata; così facendo si favorirà l'aerazione delle murature del manufatto e di, eventuali, locali seminterrati. Con la messa in opera di questo tipo di dispositivo la muratura potrà assorbire acqua soltanto dalla base e non più lateralmente, scaricandola nell'intercapedine sotto forma di vapore condotto, poi, verso l'esterno attraverso canali di ventilazione, griglie, aperture dirette ecc.

Previe operazioni di scavo, simili a quelle eseguite per il drenaggio, si procederà alla realizzazione, ad una distanza dettata dalle disposizioni di progetto (minimo 12 cm), di una controparete in mattoni pieni, in calcestruzzo armato o in elementi prefabbricati in c.a. (mezzi tubi f 400 mm o elementi a "C" 400x400 mm) a seconda delle modalità descritte negli elaborati di progetto. L'intercapedine, indipendentemente dal materiale impiegato per costruirla, andrà realizzata in maniera indipendente rispetto alla struttura muraria dell'edificio interessata dall'intervento. Si eseguirà, pertanto, una struttura portante, parallela al perimetro delle murature, alla quale si appoggerà il sistema di chiusura che potrà essere realizzato con griglie metalliche, in tavelloni e massetto armato, in piastre in c.a. prefabbricate ecc. (in caso di intercapedine chiusa si dovranno necessariamente prevedere delle griglie di aerazione intervallate ogni 4-5 parti chiuse, da dimensionarsi rispetto alla grandezza del manufatto).

L'interno dello scannafosso andrà completamente impermeabilizzato tramite applicazione di guaina bituminosa liquida stesa a pennello od a rullo (prodotto a consistenza liquida a base di bitumi con elastomeri e filler in dispersione acquosa, allungamento a rottura ca. 1000%, resistenza alte temperature >150°C, flessibilità a freddo -10°C, resistenza a trazione long. 16 N/cm² e trasv. 20 N/cm²); nel caso di parete controterra "faccia a vista" potrà essere sufficiente stillare i giunti di malta con apposita malta di calce idraulica naturale NHL 3,5 caricata con cocchio pesto, ovvero pozzolana (rapporto legante-inerte 1:2). L'intercapedine dovrà, inoltre, essere ispezionabile mediante la creazione d'idonei pozzetti rimovibili e presentare il fondo conformato in modo da raccogliere l'acqua e farla defluire (pendenza 2-4%) verso idonei pozzetti di raccolta collegati al sistema fognario. Tramite fori passanti nelle murature perimetrali (f 10-20 mm), eseguiti con apposite carotatrici, le intercapedini potranno essere collegate con eventuali vespai aerati presenti all'interno della costruzione.

I vantaggi di un sistema di questo tipo risiedono nel miglioramento delle condizioni termigrometriche dei locali interrati confinanti con lo scannafosso; la possibilità di effettuare aperture di finestre a bocca di lupo migliorando, così, le condizioni di aerazione e, quindi, di abitabilità; inoltre, il vuoto crea una barriera alle vibrazioni meccaniche provenienti dalle strade e dai terreni limitrofi.

Controparete interna

Questa procedura risulta particolarmente adatta nei casi in cui è difficile, se non addirittura impossibile (sia per problemi economici sia strutturali), operare all'esterno. L'intervento si pone l'obiettivo di ottenere un'adeguata aerazione dei locali interrati e, allo stesso tempo, sfruttando i moti convettivi che si originano nell'intercapedine, ridurre per evaporazione, l'umidità relativa con

un conseguente miglioramento delle condizioni di salubrità e di benessere dei locali interni. In linea generale una controparte dovrà:

- non presentare contatti con la parete umida (per essere efficace, anche contro l'umidità di condensazione, la camera d'aria dovrà essere di circa 6-7 cm);
- non avere alcuna comunicazione tra l'aria umida dell'intercapedine ed il locale da risanare;
- impostarsi su uno strato di materiale impermeabile (guaina bituminosa posizionata sul massetto);
- avere un ricambio dell'aria umida verso l'esterno od in modo naturale o tramite elettroaspiratore (solo in caso di umidità ascendente dal terreno);
- nel caso di umidità da condensazione dovrà possedere una chiusura ermetica anche verso l'esterno.

La procedura prevede, previa l'eventuale eliminazione dell'intonaco o di altro tipo di rivestimento sul lato interno della parete e successiva pulitura con acqua deionizzata e spazzolatura, la messa in opera di una controparete leggera e sottile costituita, seguendo le modalità indicate negli elaborati di progetto, da mattoni forati posti in piano o di coltello, ovvero da tavelline o lastre di calcestruzzo cellulare preverniciate con un impermeabilizzante sul lato interno ed unite con malte idrofughe. Per migliorare la resistenza termica della controparte dovrà essere posizionato un sottilissimo foglio d'alluminio che potrà rivestire indifferentemente, previa intonacatura rustica, l'una o l'altra faccia.

La soluzione di ventilazione più comune sarà data da una doppia fila di canali di aerazione (f 20-40 mm) capaci di assicurare il collegamento dell'interno dell'intercapedine con l'esterno realizzate ogni 100-150 cm in corrispondenza della quota del pavimento e del soffitto (circa a 15 cm). In presenza di umidità ascendente, e se il progetto prevede una ventilazione forzata, si potrà, in alternativa, disporre le bocche d'aerazione in alto verso l'interno e, quelle in basso, verso l'esterno.

Nel caso di intercapedine ventilata si otterrà, generalmente, un minore isolamento termico in quanto, l'aria esterna che entra a contatto con quella dell'intercapedine, scambia direttamente il calore con quest'ultima; sarà, tuttavia, assicurato lo smaltimento del vapore acqueo che si creerà nei locali ed all'interno dell'intercapedine per evaporazione dell'acqua eventualmente filtrata dalla parete esterna.

Particolari precauzioni dovranno essere adottate per la realizzazione dei fori di ventilazione i quali, al fine di evitare l'entrata di acqua esterna all'interno dell'intercapedine, dovranno essere eseguiti con pendenza verso l'esterno ed essere protetti da un cappelletto (in metallo, pietra o laterizio) ad uso di gocciolatoio che impedisca l'ingresso della pioggia e del vento diretto.

Vespai orizzontali

L'intervento si rivolge a quei locali interrati o seminterrati che hanno il pavimento a diretto contatto con il terreno umido, che presentano, sia problemi di umidità legati alla condensa, sia dipendenti dalle condizioni termoigrometriche. La procedura si pone come obiettivo quello di isolare il pavimento dalle masse umide del terreno attraverso la formazione di un vespaio orizzontale eventualmente collegato, tramite apposite bocchette, con intercapedine d'aerazione esterna. La suddetta predisposizione di bocchette di ventilazione, potrà essere omessa, sia nei casi in cui il progetto preveda la messa in opera di un massetto di cls, con spessore minimo 10 cm, sul quale stendere una membrana impermeabile a base bituminosa, sia nel caso in cui il riempimento sia costituito da materiale asciutto e termoisolante.

I vespai, dove possibile, dovranno sempre avere sviluppo nord-sud, in modo da garantire un minimo di movimentazione d'aria ed un'altezza minima pari a circa 30-40 cm, ottenibile attraverso uno scavo di sbancamento, eseguito a mano o con l'ausilio di piccoli strumenti meccanici, o diminuendo l'altezza del locale (maggiori specifiche sulle modalità di scavo potranno essere attinte dagli articoli specifici sugli scavi).

I vespai fondamentalmente sono di due tipi:

- a camere d'aria;
- a riempimento.

Vespai a camera d'aria

La procedura prevede l'eliminazione del contatto diretto tra pavimento e terreno attraverso la creazione di un vano vuoto, asciutto e termicamente coibente messo in opera al disotto della quota del primo solaio, con la funzione di fermare l'acqua ascendente dispersa nel terreno e di agevolare la riduzione della condensa atmosferica. Nei locali con almeno una parete che confina con l'esterno, il vespai potrà essere collegato al di fuori mediante bocchette d'aerazione mentre, nei locali interni, il riciclo d'aria potrà mancare o, altrimenti, essere realizzato sfruttando un camino di tiraggio, cioè una condotta d'aerazione verticale che arrivi fino al tetto; il tiraggio di questi camini andrà calcolato in rapporto al carico disponibile ed alla portata.

Gattaiolato

Questo tipo d'intervento può essere messo in opera nei casi in cui si ha la possibilità sia di rimuovere la pavimentazione esistente (per maggiori dettagli su questa procedura si veda quanto prescritto all'articolo specifico), sia di eseguire uno scavo di circa 80-100 cm di profondità. Una volta eseguito lo scavo il piano dovrà essere regolarizzato mediante un magrone (dosato 1,5-2 q/m³) di calce idraulica naturale NHL 5 di circa 8-10 cm eventualmente armato con rete elettrosaldata f 6 mm maglia 200x200 mm; lo spessore del piano di posa sarà dimensionato in funzione del carico operato dagli strati superiori. Sopra il piano potrà essere collocata una guaina isolante bituminosa che avrà un risvolto verticale sulle pareti perimetrali per tutta l'altezza del vespai più una decina di centimetri sopra il pavimento o, in alternativa, (se il progetto non prevede il ripristino dell'intonaco) si potrà fermare a filo pavimento. Il gattaiolato vero e proprio sarà costituito da muretti di sostegno (ovvero dei pilastri minimo a due teste) in mattoni pieni ad una testa intervallati da 80-100 cm e di altezza variabile, secondo le prescrizioni di progetto, da un minimo di 30 cm ad un massimo di 80 cm; questi muretti dovranno essere muniti di fori di ventilazione (ad intervalli di circa 50 cm) ricavati lasciando spazi tra i corsi di mattoni. Sopra ai muretti si potranno posizionare tavelloni in laterizio (dim. medie 100x25x8 cm), lastre di cls leggero (dim. medie 100x50x6 cm) od altro materiale idoneo a creare un piano di sottofondo. Al di sopra di questo piano verrà gettata la soletta in calcestruzzo alleggerito con argilla espansa (spessore minimo di 10-12 cm) armata con rete elettrosaldata di acciaio Fe B 38 K adeguatamente dimensionata (ad es. tondi f 6 mm e maglia 100x100 mm) o rete in polipropilene (PP) bi-orientata prodotta per estrusione (maglia 42x30 mm). L'impasto di calcestruzzo da utilizzare dovrà avere i requisiti richiesti dagli elaborati di progetto con una resistenza minima di 250 Kg/cm². Sulla soletta prima dell'esecuzione del sottofondo per il pavimento, potrà, se previsto dagli elaborati di progetto, essere posizionato, previa stesura di foglio separatore (in carta lana o carta Kraft), uno strato di materiale termocoibente (caratteristiche medie di pannelli termocoibenti in polistirene espanso sintetizzato a celle chiuse: spessore minimo 30-35 mm, densità 30-35 Kg/m³, reazione al fuoco classe 1, conducibilità termica 0,025-0,028 Kcal/mh°C, resistenza a compressione 2,45-3,0 Kg/cm², esente da assorbimento d'acqua per capillarità).

In alternativa, per creare un gattaiolato di modesto spessore, (altezza scavo 40-45 cm per una intercapedine di circa 12-15 cm) si potranno montare, a guisa dei muretti di sostegno, dei filari costituiti da laterizi pieni o forati posti di coltello con interasse variabile in funzione della successiva collocazione di un piano ottenibile con tavelloni o anche semplicemente con altri mattoni (in questo caso l'interasse sarà di 25 cm). I filari dovranno consentire il flusso d'aria tra i vari comparti collegati alle condotte d'aerazione. La stillatura dei giunti dovrà essere eseguita con malta di calce idraulica naturale.

Se previste dalle disposizioni di progetto potranno essere aperti, mediante carotaggi sui muri d'ambito, dei canali d'aerazione (minimo f 120 mm interasse 4-5 m) in modo da creare correnti d'aria (l'orientamento consigliato sarà: a nord la presa d'aria e a sud l'emissione della stessa); ogni camera d'aria dovrà possedere almeno due aperture munite esternamente di griglie metalliche, così da consentire l'omogenea ventilazione di tutte le parti del solaio; nessuna apertura dovrà consentire il riflusso di aria verso l'ambiente interno; il sistema di canalizzazione dovrà permettere la naturale ventilazione aspirando e riversando aria in direzione di sbocchi aperti verso l'esterno.

Vespai con casseri prefabbricati a perdere

L'intervento può essere considerato la variante moderna del gattaiolato; il supporto della pavimentazione verrà gettato direttamente su casseri a perdere prefabbricati in polipropilene riciclato di varie dimensioni (minimo 50x50 cm massimo 75x100 cm) ed altezze (minimo 10 cm massimo 70 cm) dalla forma ad igloo quadrilateri svuotati ai fianchi al fine di consentire la circolazione d'aria nelle quattro direzioni. Questa tecnologia offre la possibilità di posizionare in ogni direzione tubazioni, condutture e cavi.

I moduli, dotati di nervature per potenziare le caratteristiche meccaniche e il sistema d'incastro rapido senza necessità di fissaggio, verranno accostati per ricavare l'intercapedine ed, al tempo stesso, il piano per il getto della soletta (che dovrà essere minimo di 4-5 cm ed armata con rete elettrosaldata di acciaio Fe B 38 K f 6 mm e maglia 200x200 o rete in PP bi-orientata a maglia 42x30 mm, da posizionare direttamente sopra il cassero). Si procederà con la messa in opera dei pannelli termoisolanti e del pavimento con il relativo sottofondo. I moduli poggeranno su sottofondo di livellamento realizzato in ghiaia e magrone (dosato 2 q/m³) di calce idraulica naturale NHL 5 di almeno 10 cm armato con rete elettrosaldata f 6 mm maglia 200x200 mm. Attraverso perforazioni sulle pareti perimetrali si potranno aprire bocchette d'aerazione (si veda le considerazioni fatte per il gattaiolato).

Vespai a riempimento

Questo tipo di intervento è adottato quando, pur avendo la possibilità di rimuovere la pavimentazione esistente, non risulta possibile effettuare lo scavo necessario per la realizzazione del vespaio aerato; in ogni caso il piano di posa dovrà essere preparato tramite la realizzazione di uno strato di magrone (dosato 1,5 q/m²) di calce idraulica dello spessore minimo di 8-10 cm o, in alternativa, mediante semplice livellamento e battitura del terreno.

Il vespaio sarà ottenuto dall'accostamento di elementi lapidei asciutti, poco porosi, ottenuti da frantumazione di rocce dure, preferibilmente silicee, con struttura compatta; dovranno essere banditi materiali porosi ed assorbenti (tipo calcarei teneri, tufi, arenarie ecc.) e ghiaie di granulometria fine. La disposizione delle pietre (per una altezza di circa 25-30 cm) non dovrà seguire il criterio della massiciata ma, al contrario, gli elementi dovranno essere posizionati in modo accurato collocando gli elementi con dimensioni decrescenti dal basso verso l'alto e facendo sì che si formino delle continuità di spazi tra di essi, spazi che, collegandosi con idonei cunicoli d'aerazione messi in opera rudimentalmente con gli stessi elementi lapidei, nel senso della circolazione determinata dalle bocchette sulle pareti esterne, consentiranno all'aria una libera circolazione.

Al di sopra delle pietre sarà sistemato uno strato di ghiaione o colaticcio di fiume (rifornimento) di conveniente granulometria (sino ad arrivare al piano prescritto di norma 6-8 cm) al fine, sia di creare una sorta di piano al massetto della pavimentazione, sia di impedire che questo penetrando nel vespaio, occulti gli spazi vuoti predisposti. Il massetto sarà composto esclusivamente di calce idraulica caricata con granulato d'argilla espansa (per uno spessore minimo di 10-12 cm) eventualmente armata con rete elettrosaldata d'acciaio Fe B 38 K adeguatamente dimensionata (per es. tondi f 6 mm e maglia 200x200 mm). L'intervento terminerà con la messa in opera d'idonea membrana bituminosa (spessore 10 mm) e del successivo pavimento con relativo sottofondo. Sarà sempre opportuno far salire, verticalmente, la guaina per almeno 20-30 cm sulle pareti d'ambito; nel caso in cui gli elaborati di progetto non dovessero prevedere il rifacimento dell'intonaco o in presenza di apparecchio "faccia a vista", la guaina potrà essere tagliata subito al di sotto della quota del pavimento.

Applicazione di intonaco macroporoso

La procedura descrive una metodologia volta al prosciugamento di murature fuori terra, interessate da fenomeni di umidità di risalita, mediante l'applicazione di intonaci ad elevata porosità in grado di aumentare la velocità di evaporazione dell'acqua, presente all'interno della muratura, di quel

tanto che basta affinché la stessa non sia in grado di umidificarsi in seguito al contatto ed al conseguente assorbimento d'acqua dal terreno umido. Questo tipo di operazione è consigliata quando risulta impossibile (per motivi tecnici e/o economici) intervenire con sbarramenti, deviazioni od altri sistemi più invasivi per cui non resta altra risoluzione che intervenire direttamente sull'apparecchio murario aiutandone la capacità di traspirazione. L'intonaco macroporoso, applicabile su tutti i tipi di muratura, potrà essere utilizzato anche su superfici di locali interni soggetti a forti concentrazioni di umidità o per ridurre i fenomeni di condensa sulle pareti degli ambienti confinanti, fermo restando un attivo ed efficiente sistema di aerazione. Questo tipo di intervento non sarà adatto in presenza di un costante contatto con acqua di falda.

L'intonaco macroporoso non sarà in grado di assicurare da solo nessun effetto di deumidificazione (ad eccezione di problematiche circoscritte a murature inferiori ai 30 cm interessate da modesti fenomeni d'umidità), ma assicurerà un buon prosciugamento dei residui d'acqua (specialmente nella stagione calda e secca) una volta limitata la fonte principale d'adescamento; inoltre, non essendo in grado di opporsi all'ingresso dell'acqua meteorica nel muro, dovrà essere trattato superficialmente con sostanze idrorepellenti ma traspiranti al vapore acqueo (ad es. pitture ai silicati), o con intonachino di finitura comunque additivato con idrorepellenti.

Questo tipo di intonaco sarà, di norma, ottenuto miscelando malte di base (ad es. calce idraulica naturale ed inerti leggeri selezionati o coccio pesto in rapporto 1:3) con agenti porogeni (additivi in grado di creare vuoti all'interno della massa legante come ad es. silicati idrati di alluminio espanso, perossido di calcio, agente tensioattivi ecc.) o sostanze di per sé porose (perlite, polistirolo ecc.). L'intonaco così ottenuto sarà ricco di macropori (>35-40% del volume) intercomunicanti tra loro con la funzione, sia di aumentare la superficie di evaporazione sia di immagazzinare i sali cristallizzati senza pericolo di disgregazione meccanica dell'intonaco.

La procedura operativa prevede le seguenti fasi esecutive:

Asportazione intonaco

Si procederà con l'accurata spicconatura dell'intonaco danneggiato da acqua e sali fino ad un'altezza sopra la linea evidente dell'umidità, pari come minimo, a tre volte lo spessore della muratura (sarà consigliabile, comunque, non scendere al di sotto di un metro) facendo cura sia di rimuovere tutti gli eventuali materiali non compatibili estranei alla muratura (ad es. elementi metallici, lignei ecc.), sia di raschiare i giunti fra mattone e mattone (per almeno 2-3 cm di profondità) allo scopo di assicurarsi l'asportazione di sporco, muffe ed altri elementi contaminanti presenti tra gli interstizi, il materiale di scarto dovrà essere rimosso celermente dallo zoccolo del muro in quanto inquinato di sali (per maggior specifiche sulla asportazione dell'intonaco si rimanda all'articolo specifico).

Lavaggio della superficie

La superficie, portata al vivo della muratura, dovrà essere pulita mediante un accurato lavaggio effettuato con l'ausilio di idropulitrice, o con getto di acqua deionizzata a bassa pressione, spazzolando la superficie mediante spazzole di saggina, o con altro idoneo sistema prescelto dalla D.L. In caso di consistenti concentrazioni saline sarà opportuno ripetere l'operazione più volte. Durante questa fase dovranno essere asportate le parti mobili e quelle eccessivamente degradate sostituendole con elementi nuovi e, nel caso di parti mancanti, od accentuati dislivelli, sarà opportuno procedere alla ricostruzione con cocci di mattoni e malta di calce (per maggior specifiche si rimanda all'articolo riguardante le "rincocciature").

Ristilatura dei giunti

Stuccatura dei giunti mediante malta a base di leganti idraulici ed inerti scelti e selezionati, eventualmente caricata con coccio pesto (per maggior specifiche si rimanda all'articolo riguardante le "risarciture-stilature dei giunti di malta").

Eventuale primer antisale

In presenza di umidità elevata ed in condizioni di alte efflorescenze saline, previo periodo di traspirazione diretta della muratura, sarà consigliabile applicare a pennello od a spruzzo con un ugello erogatore di circa f 2-4 mm

(ad una pressione di circa 1 atm), su superficie perfettamente punita ed asciutta un primer inibitore delle salinità e promotore della traspirazione costituito da emulsione polimerica, incolore, esente da solventi, ad alto contenuto ionico, traspirante, al fine di eliminare il problema della comparsa di efflorescenze saline senza la formazione di pellicola superficiale non traspirante. L'operazione dovrà essere eseguita su superfici non direttamente esposte ai raggi solari, alla pioggia, in presenza di vento; (temperature limite di esecuzione +5°C +35°C) dovrà essere, inoltre, eseguita dall'alto verso il basso, in più passate, bagnato su bagnato, facendo percolare per gravità, interrompendo l'applicazione solo quando la muratura sarà satura (ovverosia quando la superficie impregnata rimarrà lucida per almeno 10 secondi). Le eventuali eccedenze di prodotto rimaste sul supporto dopo il completamento del trattamento dovranno, necessariamente, essere asportate o, se sarà possibile, fatte penetrare nella muratura con applicazioni di solo solvente diluente.

Alla fine del trattamento si provvederà a proteggere la zona d'intervento dagli agenti atmosferici fino alla completa stabilizzazione della miscela applicata (tempo variabile da 12 a 48 ore).

Strato di rinzaffo risanante

Previa bagnatura con acqua pulita della muratura (seguendo le accortezze in uso per l'applicazione di un normale intonaco) si procederà ad applicare, senza l'ausilio di guide e mediante cazzuola, lo strato di rinzaffo (dello spessore variabile di 20-30 mm) a cui sarà demandato il compito di preparare un fondo ruvido atto all'adesione per il successivo strato di intonaco macroporoso. Il rinzaffo, che dovrà essere applicato a copertura totale del supporto, sarà costituito da una malta a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 resistente ai solfati, rafforzata e stabilizzata con cocchio pesto vagliato e lavato (granulometria 3-8 mm) o, in alternativa pozzolane naturali di primissima qualità, unitamente a sabbie silicee e carbonatiche selezionate (granulometria: 2 parti 1,5/5 mm + 1 parte 0,5/1,2 mm) ed eventualmente additivata con idoneo agente porogeno/aerante così da essere caratterizzato da una porosità calibrata sottile (di norma 0,100-0,150 Kg per 100 Kg di legante) (rapporto legante-inerte 1:3). Caratteristiche medie dell'impasto: resistenza a compressione 6-8 N/mm², resistenza a flessione 2-3 N/mm², resistenza alla diffusione del vapore ca. 12-15 m, porosità >25 %.

Strato di arriccio macroporoso

Dopo almeno 24-48 ore, cioè solo quando il rinzaffo inizierà ad rapprendersi, si procederà ad applicare, previa bagnatura del supporto, il successivo strato di intonaco macroporoso /macroporosità controllata) mediante cazzuola, per uno spessore minimo di 20 mm (in due strati di 10 mm/cad) eventuali strati superiori (fino ad un massimo di 30 mm) si applicheranno in strati successivi a distanza di 24 ore uno dall'altro (caratteristiche medie dell'impasto: granulometria 0,5-2 mm, resistenza a compressione 2-4 N/mm², resistenza a flessione 1-2 N/mm², resistenza alla diffusione del vapore ca. 6-8 m, porosità > 35 %, conduttività termica 0,30-0,42 W/mK). La stesura dell'intonaco dovrà essere eseguita avendo l'accortezza di non esercitare alcuna pressione su di esso; inoltre andrà lavorato unicamente con staggia o cazzuola americana (al fine di non ostruire i vuoti) evitando l'uso di frattazzo fine o lisciate a cazzuola. L'impasto dell'arriccio macroporoso sarà a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e grassello di calce caricate con sabbia vagliata (0,5-1,5 mm) e cocchio pesto (grana 1-5 mm) o pozzolana selezionata di alta qualità con l'aggiunta di idoneo additivo pirogeno/aerante se non diversamente specificato si potrà utilizzare un impasto costituito da: 1 parte di grassello di calce, 1 parti di calce idraulica naturale, 2 parti di sabbia, 2 parti di cocchio pesto, 0,04 parti di agente porogeno/aerante (di norma 0,200-0,250 Kg per 100 Kg di legante).

Passati almeno 20 giorni si potrà procedere (secondo le disposizioni di progetto), alla stesura della rasatura superficiale che potrà essere tirata a frattazzo o rasata, colorata in pasta o meno, fermo restando le condizioni tassative di un alto valore di permeabilità al vapore acqueo; infine si potrà applicare un'eventuale coloritura che non alteri le caratteristiche di traspirabilità dell'intonaco come, ad esempio, le pitture alla calce o ai silicati (per specifiche sui trattamenti di finitura e/o protezione-coloritura si rimanda agli articoli specifici).

Avvertenze: nel caso di utilizzo di prodotti premiscelati le modalità ed i tempi di applicazione potranno variare secondo la natura del prodotto e sarà obbligo seguire accuratamente le istruzioni

del produttore, sia per quanto riguarda la preparazione degli impasti sia per i vari strati da applicare; ad esempio, alcuni produttori omettono il primer antisale in quanto già compreso nella malta da rinaffo, oppure, altri, non prevedono il rinaffo con copertura totale ma solo uno strato al 60% sopra il quale applicare un primo strato antisale macroporoso (spessore 15 mm) ed uno di risanamento sempre macroporoso (spessore minimo 20 mm).

Nel caso di spessori di malta maggiori di 30-40 mm potrà essere consigliabile inserire una rete di supporto che aiuterà anche la non creazione di fessurazioni; preferibilmente sarà montata una rete in polipropilene (PP) bi-orientata a maglia quadrangolare (ad es. 30x45 mm) caratterizzata da totale inerzia chimica, elevate doti di deformabilità ($\geq 13\%$) e leggerezza (peso unitario 140 g/m²), si ricorda che pannelli di rete adiacenti dovranno essere posati in modo da garantire almeno una sovrapposizione di due maglie.

Nel caso sia prevista l'applicazione dell'intonaco macroporoso soltanto su di una porzione di parete (ad es. per 150 cm), la linea di giunzione tra i due intonaci si potrà rivelare, nel tempo, un elemento critico: le diverse composizioni degli intonaci potrebbero far nascere cretti o piccole fessurazioni che demarcherebbero il nuovo intervento, si potrà cercare di ovviare a questo inconveniente mettendo sia in opera intonaci il più simile possibile (sia come leganti, sia come inerti) a quelli preesistenti sia posizionando, lungo la linea di giunzione (per un'altezza di circa 30-40 cm) una rete antifessurazione in polipropilene a maglia quadrangolare (ad es. 13x16 mm), le bande di rete potranno essere semplicemente appoggiate sulla malta ancora fresca procedendo dall'alto verso il basso, ed in seguito annegati con l'aiuto di un frattazzo o di una spatola, sarà, oltremodo, consigliabile sovrapporre eventuali teli adiacenti per un minimo di 10 cm.

Formazione di barriera chimica idrofobizzante

L'intervento si pone l'obiettivo di interrompere la risalita dell'umidità trasmessa dalle parti interrate del manufatto, tramite uno sbarramento (mediante impregnazione a lenta diffusione o per iniezione a bassa pressione) di natura chimica continua, orizzontale e/o verticale, capace di impedire l'infiltrazione capillare d'acqua. Questa procedura basa il suo funzionamento sul fatto che l'altezza della risalita d'umidità dipende dalla tensione superficiale delle pareti degli alveoli presenti all'interno dei materiali da costruzione. L'intervento sarà praticabile su qualsiasi tipo di muratura (ad eccezione, forse, di quelle a secco dove sarà consigliabile intervenire, con tecniche e con impregnanti diversi, sul contorno piuttosto che nel riempimento), sia fuori terra, sia interrata, in qualsiasi periodo dell'anno, salvo tenere presente che, a basse temperature, i tempi di indurimento dei formulati possono aumentare anche del 50%. La procedura operativa prevedrà le seguenti fasi esecutive:

Indagine preventiva

Prima di procedere all'impregnazione della muratura dovranno essere appurati vari fattori: la conformazione delle malte presenti, l'omogeneità della struttura, la misurazione indicativa del livello di umidità e l'analisi chimica dei materiali e dei tipi di sali eventualmente presenti; alcuni di essi potrebbero, infatti, influire negativamente nella deumidificazione e, in ogni caso, sarà opportuno eliminarli trasformandoli da idrosolubili in solubili.

Al fine di riuscire ad individuare la linea di perforazione sarà conveniente conoscere la differenza di quote tra interno ed esterno. Il livello sarà segnalato ad un'altezza pari a circa 15-20 cm sopra la quota 0,00 che coinciderà con quella rilevata più alta; l'andamento di tale livello potrà essere orizzontale, verticale od obliquo a seconda dei casi specifici e delle prescrizioni di progetto. Prima di eseguire le forature sarà opportuno accertarsi che la porzione di muratura interessata dall'intervento presenti uno spessore costante; in caso contrario sarà necessario segnare sulla muratura dove avviene il cambiamento di spessore riportando le eventuali, differenti misure così da poter perforare rimanendo sempre entro i 5-8 cm al di sotto dello spessore del muro.

Andrà, inoltre, accertato che, nella porzione interessata dall'intervento, non siano presenti elementi estranei, come tubazioni od impianti elettrici che potrebbero essere danneggiati con la perforazione, o fessurazioni che favorendo la dispersione del liquido, renderebbero inefficiente l'intervento; pertanto, nel caso di fessurazioni, si procederà al loro ripristino seguendo le procedure indicate agli

articoli specifici (la messa in opera di una barriera chimica non arreca alcun mutamento alla statica del manufatto e non esistono riserve per il suo impiego in apparecchi lesionati o sconnessi escluso, ovviamente, la possibilità di insuccesso dell'intervento). Nel caso si debba operare su di una muratura particolarmente disgregata si renderà necessario, prima di iniziare le operazioni di perforazioni, consolidare la muratura in modo da garantire il suo equilibrio statico durante e dopo l'intervento. Il consolidamento seguirà i criteri dettati da ogni caso specifico. Se, invece, si tratterà di operare su di una superficie intonacata distaccata o particolarmente degradata, prima di perforare sarà vantaggioso eseguire l'asportazione dell'intonaco, da terra fino a 20-30 cm, sopra la linea di demarcazione delle forature e realizzare una fascia d'intonaco contenitiva per mezzo di malta con struttura molto debole (per es. 300 kg di calce idrata per 1,00 m³ di sabbia) in modo da poter essere rimossa con estrema facilità alla fine dell'operazione.

Perforazione della muratura

La muratura verrà perforata, con l'ausilio di un trapano a lenta rotazione a punta lunga, al livello prestabilito (generalmente ad una altezza di 15-20 cm dalla quota più alta dei due pavimenti che delimitano la stessa parete) così da ottenere dei fori perpendicolari alla muratura (iniezione a pressione), ovvero leggermente inclinati verso il basso di circa 20° (lenta percolazione), con un diametro in ragione alla dimensione e alla tipologia dei diffusori di norma f 10 mm per il sistema a pressione, f 15-30 mm per i diffusori, distanziati tra loro reciprocamente dai 10-12 cm ai 15-25 cm e profondi quanto lo spessore della muratura meno 8-10 cm in caso di diffusione lenta; in caso di diffusione a bassa pressione la profondità sarà limitata a 10-12 cm. Il numero e la distribuzione delle perforazioni e, di conseguenza, la quantità di miscela da immettere seguiranno le disposizioni di progetto; in ogni caso saranno in rapporto alle caratteristiche strutturali, alle dimensioni delle murature, nonché al potere assorbente dei materiali. Per uno spessore di muratura inferiore ai 50-60 cm si potrà sempre realizzare la corsia di fori da un solo lato per una profondità pari a circa l'80% della sezione muraria; per spessori maggiori sarà consigliabile interferire su entrambi i lati lasciando il solito margine di 8-12 cm al fine di evitare la trasudazione del formulato all'esterno.

Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, le perforazioni saranno eseguite sul materiale (pietra, mattone ecc.) e sul letto di malta se ambedue presenteranno potere assorbente, viceversa solo sui giunti di malta se il materiale sarà particolarmente compatto (ad es. muratura in laterizio pieno: una sola corsia di fori eseguiti nei giunti di malta o nell'elemento in cotto; muratura in elementi lapidei non assorbenti o muratura mista pietra e laterizio: doppia fila di forature eseguite solo nei giunti indicativamente la prima a 10-12 cm dal piano 0,00 ed una seconda a 20-25 cm). Se il progetto prevede più file di fori, sarà consigliabile che queste siano disposte a quinconce, così da avere una sorta di maglia triangolare che potrà assicurare uno sbarramento continuo ed uniforme; particolare attenzione dovrà essere fatta dove la muratura presenti lesioni o soluzioni di continuità. In presenza di murature umide controterra sarà consigliabile praticare le perforazioni in verticale fino a superare circa 50-60 cm la quota di livello del terrapieno. Terminata l'operazione di perforazione dovrà, necessariamente, essere eseguita la pulitura dei fori da eventuali residui mediante aria compressa o scovolini.

Il fissaggio del diffusore o degli ugelli di iniezione (secondo la tecnica prescelta) alla muratura sarà realizzato in modo da ovviare l'eventuale fuoriuscita del liquido, con l'ausilio di una malta a presa rapida a base di calce idraulica esente da sali oppure con apposita guarnizione di tenuta. terminate le operazioni di iniezione si procederà alla rimozione degli iniettori presenti all'interno della muratura ed all'asportazione del materiale utilizzato per l'adesione dei diffusori alla muratura.

Specifiche sul liquido idrofobizzante

La tipologia dei formulati impregnanti è varia (silossano oligomero in solvente alifatico dearomatizzato, microemulsione silosillanica in solventi eteropolari idrolizzati, silano in acqua demineralizzata ecc.); le caratteristiche che accrediteranno una buona miscela idrofobizzante dovranno essere:

– bassa tensione superficiale, bassa viscosità, basso peso specifico e buon potere bagnante al fine di conferire la massima facilità di penetrazione del liquido nella muratura;

- bassa velocità di polimerizzazione e capacità di polimerizzazione anche in presenza di acqua per consentire un rapido funzionamento della barriera ed evitare che, nel tempo successivo all'operazione, agenti estranei ne disperdano l'efficacia;
- valore di pH nullo, assenza di componenti tossici, nessuna efflorescenza in asciugatura.

In ogni caso i formulati dovranno rispettare i requisiti richiesti dalla Raccomandazione NorMaL 20/85.

Attivazione barriera chimica mediante lenta diffusione

La tecnica sarà caratterizzata dalla lenta immissione del formulato prescelto introdotto all'interno della muratura mediante dei trasfusori composti, generalmente, da tre elementi: un recipiente graduato (a tasca, a bicchiere ecc.) dove verrà contenuto e misurato l'impregnante, un tubo iniettore, munito di regolatore di flusso, e "gommini diffusori" (in spugna sintetica, cellulosa pressata ecc.), talvolta è lo stesso tubo iniettore a compiere anche la funzione di diffusore.

Il formulato idrofobizzante potrà essere immesso, seguendo le disposizioni di progetto, in più riprese, impregnando, in genere, murature porose in poche ore, mentre quelle più compatte, saranno saturate in poco più di 24 ore. La procedura diventerà "operante" come idrofobizzante dopo circa 24-48 ore in ambienti molto areati mentre, in ambienti chiusi o con poca ventilazione, il tempo di completa polimerizzazione si potrà dilatare per qualche settimana (fino ad arrivare ad oltre un mese) in funzione al grado di umidità relativa ed della sezione della muratura.

Attivazione barriera chimica mediante iniezione a pressione

La tecnica sarà caratterizzata dall'impregnazione della muratura con il formulato idrofobizzante prescelto utilizzando un sistema di iniettori di rame (ca. f 10 mm) muniti di valvola di tenuta collegati ad un compressore a bassa pressione (ca. 1-2 atm, nella fase conclusiva si potrà salire fino a 3-4 atm). In una muratura a mattoni compatti si potrà operare con pressioni di 4-5 atm; in quelle in pietra compatta, dove le iniezioni verranno eseguite nei letti di malta, non si dovrà superare le 2 atm; in ogni caso il formulato sarà immesso, in più cicli, che non dovranno superare i 40-45 secondi, così da evitare il pericolo di creazioni di fessurazioni nell'apparecchio murario. La quantità di liquido introdotto sarà in funzione dello spessore e della tipologia della muratura nonché dal grado di umidità presente; in ogni caso, senza che si verificano perdite non attese, potrà rifarsi a circa 0,5 litri per metro lineare/cm di spessore. Nell'eventualità di murature di rilevante spessore (e se previsto dagli elaborati di progetto) l'iniezione potrà essere eseguita con applicazione progressiva avvicinando la perforazione all'iniezione, estendendo la profondità dei fori non appena la sezione di parete trattata si dimostrerà satura: in questo modo si impregneranno sezioni di muro sempre più profonde.

PER LE SUPERFICI INTONACATE REMOVIBILI

Eliminazione dell'intonaco degradato

Dopo aver eseguito il trattamento sarà opportuno rimuovere le superfici intonacate fino al vivo delle murature, (almeno 30/50 cm sopra il segno lasciato dall'umidità di risalita) al fine di agevolare l'asciugatura delle pareti dopo l'intervento; il ripristino dell'intonaco potrà avvenire solo dopo aver controllato il livello di umidità e dopo che la muratura si sia asciugata (minimo due settimane) (per maggior specifiche sulla asportazione dell'intonaco si rimanda alla procedura specifica).

Ripristino intonaco

Previe operazioni preliminari di pulitura ed eventuale trattamento con primer antisale si opererà il ripristino di idoneo intonaco macroporoso al fine di completare l'operazione di deumidificazione (per maggiori specifiche si rimanda a quanto detto riguardo la procedura sull'applicazione di intonaco macroporoso).

SUPERFICI INTONACATE NON REMOVIBILI

Pulitura e consolidamento intonaco

Nel caso in cui le superfici intonacate non possano essere asportate (per es. per la presenza di affreschi o decorazioni da tutelare) si opererà una desalinazione localizzata mediante impacchi

assorbenti (carta giapponese o polpa di cellulosa ed acqua deionizzata) dopodiché si procederà con il consolidamento della superficie intonacata (per maggiori specifiche si rimanda a quanto detto riguardo alle procedure di consolidamento di superfici intonacate).

Avvertenze: generalmente si rivelerà difficile verificare se il materiale trasfuso abbia realmente impregnato, in modo omogeneo e tale da renderlo idrofobo, l'intero strato orizzontale di muratura oggetto di intervento; in ogni caso sarà da tenere presente che la sola riduzione, anche elevata della sezione assorbente, non impedirà all'acqua di risalire attraverso la strozzatura. Pertanto o l'intercettazione dell'umidità da risalita capillare sarà ottenuta al cento per cento della sua sezione orizzontale o, nel tempo, potranno apparire di nuovo patologie legate all'umidità, anche se rallentate ed in misura inferiore.

In caso di perdite di liquido idrofobizzante sul pavimento o su altre superfici di finitura si dovrà prevedere all'immediata pulitura; sarà, pertanto, buona norma stendere della segatura od altro materiale assorbente alla base del muro su entrambi i lati della perforazione, prima di iniziare la procedura operativa.

Formazione di barriera elettrosmotica

Intervento si pone l'obiettivo di prosciugare la muratura in maniera diffusa e basa la sua tecnica sull'inversione del fenomeno fisico dell'elettro-osmosi, per mezzo di una differenza di potenziale elettrico tra due masse liquide separate da un corpo poroso quale può essere la muratura. Il terreno agisce, normalmente, da polo positivo pertanto, le forze elettro-osmotiche tenderanno a trasportare le molecole d'acqua verso il muro, che agisce da catodo (polo negativo): l'intervento realizzerà l'inversione di polarità, trasportando il polo negativo nel sottosuolo ed il polo positivo (anodo) nella muratura da risanare. La procedura, di norma, troverà buona applicabilità in tutti quei casi in cui sarà necessario abbassare in modo consistente il contenuto d'acqua presente in materiali porosi. Mediante questa procedura operativa si potrà diminuire, nei materiali a grande assorbimento (ad es. murature in tufo), il contenuto d'acqua sino al 25%; al contrario, in murature di materiali mediamente porosi come i laterizi, i risultati non potranno essere gli stessi (dall'iniziale 30% non si riuscirà a scendere al di sotto del 12-14%). Con un sistema di questo tipo si lasceranno evaporare solo le molecole d'acqua in prossimità della superficie del muro; al suo interno, invece, le correnti d'umidità torneranno per capillarità nel sottosuolo dal quale originariamente provengono.

Barriera elettrosmotica attiva

La procedura prevedrà l'esecuzione di una traccia orizzontale sulla muratura, per un'altezza variabile dai 3 a 30 cm (a seconda del tipo di anodo), nell'intonaco o nei giunti di malta al massimo livello visibile raggiunto dall'umidità all'interno o all'esterno del setto murario o, in alternativa se il progetto lo prevede, rimozione totale degli intonaci degradati (per maggiori specifiche sulla procedura di rimozione intonaco si rimanda all'articolo specifico).

Si procederà con il fissaggio orizzontale, all'interno della traccia precedentemente realizzata, del semiconduttore elettrico (polo positivo) che potrà essere costituito da una rete metallica nel caso sia essa stessa conduttrice di corrente o di materiale plastico nel caso in cui la corrente sia attivata mediante una piattina conduttrice fissata sulla sua parte superiore; l'altezza della rete dovrà essere di circa 250-270 mm per uno spessore di 10 mm. In alternativa allorché occorra intervenire in maniera meno invasiva possibile (ad es. sopra capitelli, cornici, pareti affrescate ecc.) si potrà ricorrere ad anodi lineari continui costituiti di poliuretano-carbonio con anima in lega di acciaio-tungsteno, a forma di "stringa" ovvero piattina alta 10-12 mm con uno spessore di 6-8 mm così da poter essere inserite lungo le tracce eseguite nei giunti di malta. La collocazione degli anodi seguirà le disposizioni di progetto, in assenza di queste si potranno localizzare poco sopra la linea di massima risalita (massimo $h = 250$ cm), lungo tutta l'estensione della muratura da trattare così da creare un circuito elettrico chiuso. Qualora la presenza di umidità superasse l'altezza di 300 cm sarà opportuno installare uno o più anodi supplementari (impianto a cascata) in parallelo alla fascia di base così da garantire la deumidificazione, anche, della zona murale superiore. Successivamente alla messa in opera delle reti o piattine si procederà all'eventuale ripristino dell'intonaco con

impasto macroporoso (per maggiori dettagli sull'applicazione di intonaco macroporoso si rimanda all'articolo specifico).

Previa esecuzione nel terreno, in prossimità della muratura da trattare, di perforazioni profonde 120-150 cm distanziate tra loro di circa 200-300 cm (distanza strettamente relazionata alla conducibilità elettrica del terreno) si procederà all'inserimento di puntazze di carbonio munite di conduttore vulcanizzato antifiamma con funzione di semiconduttori negativi lunghe circa 50-65 cm e con un diametro di 16-27 cm (in rapporto allo sviluppo dell'anodo) successivamente collegate tra loro al fine di creare un anello a circuito elettrico chiuso.

I due circuiti dovranno essere collegati in parallelo alla centralina di alimentazione attraverso idonei cavi elettrici inguainati. La centralina elettronica digitale (allacciata alla comune rete elettrica di 220 V) fornirà al sistema corrente continua ad impulsi con valori che non provocheranno corrosione su metalli ed intonaci; la tensione sarà mantenuta bassa tale da non superare i 2,8 V e 2 mA d'intensità massima per metro lineare di muro (qualsiasi siano lo spessore e la tipologia della muratura).

Eventuale ciclo di pulitura

Gli eventuali sali che dovessero emergere sulla superficie, generati dall'evaporazione dell'acqua presente nell'intonaco, potranno essere rimossi, secondo i casi specifici, o tramite pulitura dell'intonaco o, dove è consentito, con la rimozione ed il ripristino di uno nuovo.

Avvertenze: occorrerà fare particolare attenzione ad eventuali interruzioni di corrente; in questo caso sarà indicato riattivare l'interruttore di alimentazione magneto-termico localizzato accanto alla centralina. La corretta riuscita dell'operazione si legherà all'esatto posizionamento dell'elettrodo positivo, se introdotto al di sotto del limite orizzontale dell'area umida-asciutta potrà insorgere una parziale stagnazione di acqua di ritenuta presente al di sopra della barriera elettrica. Il sistema potrà essere ripetuto, su di una superficie, più volte generando il cosiddetto impianto a "cascata" composto da diverse fasce di anodi con relativo circuito; a tale sistema si ricorrerà quando sarà necessario ridurre l'eccessiva ed estesa stagnazione di sali a più livelli (si userà questo sistema in presenza di affreschi).

Barriera elettrosmotica passiva

Il sistema dovrà essere limitato a costruzioni in mattoni, o pietre arenarie. Previa esecuzione di fori (ca. f 35-40 mm profondità 160-180 cm) inclinati di 45° nella muratura (a circa 80 cm dal piano di campagna) intervallati di circa 50-60 cm, si provvederà all'inserimento di sonde metalliche (ad es. tondini di ferro rivestiti con gomma vulcanizzata, tondini in acciaio inox ecc.) ed al loro successivo inghisaggio con boiaccia cementizia. Il sistema non sarà alimentato da corrente elettrica e sfrutterà il principio del campo elettrico esistente dando vita ad una inversione di poli per corto circuito (terreno polo negativo; setto murario, polo positivo). Questo intervento sarà efficace ma limitato nel tempo, infatti, le sonde metalliche si consumeranno lentamente fino ad annullare le proprie "facoltà".

Avvertenze: attraverso questa tecnica si potrà eliminare solamente quella porzione di acqua che risale la muratura per elettro-osmosi ma non quella che ascende per capillarità; sarà, pertanto, consigliabile coadiuvare a questo sistema l'applicazione di intonaci macroporosi traspiranti alle pareti al fine di migliorare l'evaporazione dell'acqua capillare di risalita (per maggiori dettagli sull'applicazione di intonaco macroporoso si rimanda all'articolo specifico). Un problema connesso a questa procedura sarà costituito dalla polarizzazione degli elettrodi che, a seconda del materiale utilizzato, si potranno deteriorare sotto l'effetto di correnti vaganti, con la conseguente diminuzione della resistenza del circuito dovuta alla loro corrosione.

Tecnica del sifone atmosferico

La procedura, mossa dalla necessità di aumentare la superficie esterna di evaporazione e ridurre, al tempo stesso, la sezione orizzontale della muratura (così da diminuire la quantità d'acqua trasportata per capillarità) si baserà sul principio che l'aria esterna, più asciutta e, di conseguenza, più leggera di quella che si troverà all'interno del manufatto, salendo all'interno del canale di aerazione sposterà l'aria umida e pesante, accumulata dentro il sifone, verso l'esterno.

L'intervento sarà caratterizzato dalla messa in opera di idonei sifoni prefabbricati (lunghezza variabile dai 10 cm ai 50 cm) di materiale poroso dotati di un canale centrale (realizzato in cotto, plastica ecc.) di forma triangolare, circolare o pentagonale. Questi sifoni saranno alloggiati in fori (eseguiti dall'esterno verso l'interno per una profondità pari a circa la metà dello spessore del muro) di sezione possibilmente rettangolare (dim. medie 70x90 mm) eseguiti a mano o con l'ausilio di apposita carotatrice (minimo f 120 mm). Se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto si realizzerà una fila orizzontale di perforazioni ad una quota non inferiore ai 20-25 cm dal piano di campagna in ragione di 3 per ogni metro lineare di muratura. In presenza di murature particolarmente umide si potrà ricorrere ad una seconda fila parallela di perforazioni così come, in presenza di elevate sezioni (> 90 cm) sarà vantaggioso disporre, a passo alternato, i sifoni su entrambe le facce della muratura.

L'inserimento dei sifoni all'interno dei fori (fino a toccare la parete interna del foro) avverrà previa creazione di idonea pendenza verso l'esterno (circa 30°) con apposita malta porosa (ad es. un impasto abbastanza asciutto potrà essere composto da: 1 parte di calce idraulica naturale esente da sali, 1 parte di sabbia silicea fine lavata 0,5-2 mm, 2 parti di sabbia silicea grossa 2-4 mm). Passato il tempo necessario a far "tirare" la malta si procederà ad introdurre il sifone, inglobandolo nella stessa malta del letto, fino a raggiungere la parete posteriore del foro che dovrà essere più lungo di 2-3 cm, al fine di sistemare una griglia di protezione, posta con il vertice verso l'alto.

Specifiche: in commercio esistono delle cartucce che si basano sul medesimo principio (scambio termico tra la temperatura all'interno del muro e l'aria esterna dell'ambiente) ma presentano il vantaggio di avere dimensioni molto ridotte rispetto al sifone classico (f cartuccia < 18 mm) e di non fare uso di malta. L'installazione, infatti, si risolverà praticando dei fori (con trapano a sola rotazione munito di punta f 18 mm) della lunghezza di circa due terzi del muro, con una inclinazione di 25-30° ad una altezza dal piano di calpestio paria a 15-18 cm e distanziati 15-20 cm previo pulitura della cavità con aria compressa si inserirà la cartuccia dotata di spinotto munito di doppio foro da 4 mm.

Taglio meccanico della muratura con inserimento di barriera impermeabile

L'obiettivo dell'intervento sarà di operare un risanamento delle murature interessate da fenomeni di risalita capillare dell'acqua e dell'umidità interrompendone il flusso tramite la realizzazione di uno sbarramento orizzontale impermeabile inserito, previo taglio meccanico, all'interno del muro; questa tecnica sarà impiegata, in special modo, nelle strutture (verticali e/o orizzontali) che si troveranno a diretto contatto con il terreno umido o con acque di falda anche se, questo tipo d'intervento, dovrà necessariamente essere circoscritto ai soli casi in cui non risulterà possibile ovviare al problema dell'umidità di risalita utilizzando altre tecniche meno invasive. Le superfici, di mattoni o di pietra, interessate dall'intervento dovranno essere sufficientemente compatte, non lesionate e con uno spessore che non superi 1,50 m; considerato l'impatto che questo tipo d'operazione avrà sulla muratura, si riterrà inadatta per essere applicata in costruzioni eccessivamente degradate con problemi statici e sconnesse caratterizzate da ricorsi irregolari, in murature a secco o miste e, soprattutto, in quelle poste sotto tutela. Prima di procedere con il taglio si dovrà provvedere all'asportazione dell'intonaco, portando a nudo la muratura sottostante della superficie esterna della parete, per un'altezza che superi i 10 cm la linea definita per il taglio ed accertarsi dell'eventuale presenza d'impianti che potrebbero essere danneggiati durante l'intervento sul muro. Nei casi in cui le murature si presenteranno eccessivamente umide, ricche di sali solubili, il vecchio intonaco ammalorato potrà non essere rimosso e servire come superficie assorbente per i sali in evaporazione.

Indipendentemente dal tipo di macchinario, il taglio orizzontale dovrà interessare: tutto lo spessore della muratura ed essere realizzato per porzioni successive in modo da riempire e sigillare la cavità con la barriera impermeabile prima di avanzare con il cantiere successivo. La lunghezza dei tratti potrà variare tra i 20 cm ed i 200 cm mentre, l'altezza, dai 10 mm (murature inferiori ai 50 cm) ai 15 mm. In presenza di muri particolarmente sconnessi e di materiali decoesi, i tagli dovranno essere di ridotte dimensioni (10-15 cm). Il taglio dovrà, inoltre, essere realizzato in prossimità della base

del muro, ad un'altezza dal suolo che si relazionerà al tipo di macchinario utilizzato e, preferibilmente, lungo il giunto di malta presente tra due corsi, così da evitare l'eventuale insorgenza di danni strutturali; dopodiché sarà effettuato un lavaggio della cavità con l'ausilio di scopinetti o aria compressa, allo scopo di eliminare residui di materiale. È opportuno precisare che, prima di ripristinare lo strato d'intonaco precedentemente asportato (realizzato in modo tale da garantire la traspirabilità della muratura) dovrà essere passato un lasso di tempo sufficiente a garantire la completa traspirazione diretta della muratura e, allo stesso tempo, ricorrendo ai trattamenti consoni ad ogni singolo caso, si dovranno asportare dalla superficie muraria polveri, croste nere, efflorescenze saline ecc. I macchinari più comunemente utilizzati per realizzare il taglio sono la sega, la carotatrice ed il filo. La sega con lama a catena dentata risulterà indicata per murature (arenarie, tufo ecc.) caratterizzate da filari orizzontali con spessori di malta uguali o superiori ad 1 cm; il macchinario si costituisce di un carrello mobile, poggiato su due palanche, sul quale verrà montata la sega a motore, del tipo a catena, fra due pulegge dentate, regolabile in senso verticale; con la sega a catena non si potranno tagliare muri spessi più di 1,50 m. La carotatrice ad asse orizzontale è un mezzo meccanico, azionato da un motore elettrico (di circa 0,7 kW), capace di funzionare con vibrazioni ed urti ridotti e con moto rotativo uniforme, così da poter essere in grado di operare tagli profondi oltre i 5 m su strutture in laterizio ed in pietrame. I fori potranno avere un diametro variabile tra i 35 mm e i 100 mm e, l'interasse, sarà a discrezione dell'operatore; una seconda serie di fori dovrà essere realizzata al fine di consentire l'asportazione delle parti di murature rimaste tra i primi fori. Il taglio con filo diamantato risulterà indicato per operare su pareti d'elevato spessore in blocchi di pietra o in calcestruzzo armato; la macchina è costituita da una grossa puleggia motrice che fa ruotare un filo (formato da più elementi tra loro accoppiabili) tenendolo in tensione tramite un sistema idraulico che agisce sull'asse della stessa puleggia motrice. Il filo sarà introdotto all'interno della muratura mediante due fori eseguiti all'estremità dell'allineamento del macchinario.

I materiali impermeabili comunemente utilizzati per realizzare lo sbarramento orizzontale sono: fogli di polietilene, fogli in vetroresina (in questo caso il riempimento avverrà con malte cementizie antiritiro ed il taglio si realizzerà con catena dentata), lamine, in acciaio inox al cromo, inserite direttamente nelle fughe della muratura, profilati nervati in PVC (adatti anche in zone sismiche, solitamente larghi circa 10 cm; il taglio verrà eseguito con sega dentata e, il riempimento potrà essere fatto sia con malta cementizia antiritiro, sia con resine poliestere od epossidiche); mentre, i leganti da iniettare a saturazione, potranno essere delle resine poliestere od epossidiche o malta di calce idraulica eventualmente additivata con pozzolana e/o cocchio pesto. Le resine poliestere e quelle epossidiche saranno entrambe costituite da resina pura e carica formata da inerte grossolano (polvere di marmo, polvere di quarzo ecc.) con volume non inferiore all'85% di quello da riempire; il taglio, in questo caso, verrà eseguito tramite carotatrice o filo (la poliestere impiegata per tagli maggiori di 14 mm, l'epossidica adatta per tagli di qualsiasi dimensione).

La messa in opera di fogli di materiale impermeabile dovrà prevedere: il dimensionamento in modo tale che la loro sporgenza dal filo muro sia di almeno 2 cm, che si sovrappongano reciprocamente per 5-6 cm e la possibilità di introdurre a pressione delle zeppe di ancoraggio in resina termoindurente (per il 50% del volume del vuoto realizzato riempiendo lo spazio restante con malta cementizia additivata con agenti fluidificanti) allo scopo di mantenere la continuità statica del muro tagliato. L'operazione terminerà con la messa in opera del nuovo intonaco, prima nella parte sovrastante il taglio e, poi, in quella sottostante facendo cura di tagliare la parte di foglio impermeabilizzante che fuoriesce dall'intonaco.

La messa in opera di lamine in acciaio dovrà prevedere la scrostatura (per un'altezza di circa 1 cm) della fuga in cui dovrà essere inserito il foglio di lamiera, l'introduzione della lamina impermeabilizzante nella muratura mediante l'utilizzo di apparecchi a percussione e il successivo collegamento, per sovrapposizione, tra le porzioni di lamina al momento dell'inserimento nel taglio. La messa in opera di profilati nervati dovrà prevedere l'iniezione fino a saturazione del taglio con malte cementizie addivate con agenti espansivi, l'ammorsamento dei tratti di profilato utilizzato, il

loro inserimento nel taglio ad impasto ancora fresco e, la pulitura della superficie dalla malta in eccesso fuoriuscita.

La messa in opera di resine fluide dovrà prevedere l'asciugatura della muratura (per ragioni legate al processo di solidificazione della resina stessa), la stesura sulla base del taglio di un foglio in polietilene (spesso 5-100 cm), l'introduzione di zeppe di sostegno della muratura fino ad avvenuto indurimento della resina ed, infine, la sigillatura delle facce aperte del taglio mediante stucco o malta a presa rapida. L'applicazione delle resine potrà essere fatta sia per gravità sia per iniezione; nel primo caso dovranno essere fissate, sulle due facce del muro, delle vaschette di livellamento, munite di tubicini, contenenti la resina (distanziate di circa 80 cm) la colatura della resina sarà operata solo su di un lato continuando l'immissione fino alla sua fuoriuscita dall'altra faccia della parete mentre, per iniezione, si dovrà prevedere il fissaggio di tubicini di plastica sul taglio (distanziati di circa 80 cm) attraverso i quali verrà iniettata la resina con l'ausilio di una pompa a bassa pressione. In entrambi i casi, l'operazione terminerà con la rimozione delle zeppe di sostegno, con il taglio dei tubicini, l'eliminazione della malta eccedente sulle facce del taglio colmato ed, infine, con il ripristino dell'intonaco.

I diversi procedimenti metodologici illustrati, tenuto conto della complessità dell'intervento, richiedono un'esecuzione realizzata da personale altamente specializzato nel settore; il taglio della muratura risulta essere, infatti, un'operazione delicata capace di alterare il comportamento statico della struttura dal momento che la sua realizzazione costituisce un piano preferenziale di rottura in caso di fenomeni sismici o franosi; per questo motivo è sconsigliabile in presenza di zone sismiche adottare questo tipo di risoluzione. A tale riguardo la delibera emanata dalla Presidenza del Consiglio superiore dei LLPP (20 giugno 1996) riporta nel punto c. 5 del DM 24-1-86 "che la muratura portante debba essere costituita da mattoni o blocchi, ovvero elementi di pietra squadrata, uniti da malta cementizia. È previsto altresì l'uso di muratura listata, con l'impiego di malta cementizia"; nel punto c. 9 è stabilito che "ove gli edifici non possiedano i requisiti indicati nel punto c. 5 è obbligatoria la verifica sismica dell'edificio" ed infine ritiene che gli interventi di taglio possano essere realizzati anche in zone ad alto rischio sismico purché siano rispettate le prescrizioni citate nel paragrafo "Campi di applicazione" e che siano effettuate delle prove al fine di riuscire a valutare se l'introduzione all'interno della muratura di un strato di materiale diverso per fattura e consistenza da quello originale possa indurre a comportamenti anomali sotto l'azione del sisma.

Avvertenze: dopo la messa in opera della barriera impermeabile si potrà verificare, in special modo nelle murature in mattoni, un ristagno d'acqua nella parte inferiore al taglio ed un essiccamento del materiale nella parte superiore; tale inconveniente potrà essere ovviato solo nella parte della muratura inferiore alla barriera tramite l'inserimento di una camera d'aria di tipo aperto allo scopo così di agevolare l'evaporazione dell'acqua.

Rivestimento impermeabilizzante osmotico

La procedura in oggetto potrà essere utilizzata al fine di sanare ambienti delimitati da murature sature d'umidità di risalita od a diretto contatto con acqua di falda. Questi tipi di rivestimenti avranno la capacità di occludere i pori della struttura una volta penetrati a fresco al suo interno per pochi millimetri; questo processo consentirà l'impermeabilizzazione del manufatto grazie ad una barriera fisica che impedirà all'acqua di permeare completamente il supporto e, allo stesso tempo, garantirà la traspirazione del muro. L'utilizzo di questo tipo di rivestimenti potrà essere fatto, sia su strutture in calcestruzzo, sia in muratura e, nello specifico, si potranno attuare impermeabilizzazioni di ambienti ai piani terreni, seminterrati, pareti controterra, vasche, vano ascensore e per locali, come ad esempio cucine e bagni, soggetti ad una forte produzione di vapore. Il prodotto si costituirà in genere da un legante idraulico (preferibilmente calce idraulica naturale esente da sali), sabbia di quarzo a granulometria selezionata (0-0,6 mm) ed aggregati pozzolanici e betoniti (caratteristiche medie: resistenza a compressione 26-32 N/mm², resistenza allo strappo 1 N/mm², impermeabilità all'acqua > 8 atm, modulo elastico 16000-18000 N/mm², pH 11, tempo di lavorabilità a 20°C ca. 60 minuti, temperatura di applicazione limite tra i +8°C e i +30°C).

Prima dell'applicazione del prodotto su strutture in calcestruzzo si dovrà provvedere alla rimozione delle parti incoerenti e distaccate; si dovranno, inoltre, scarnificare i nidi di ghiaia, aprire le fessurazioni e provvedere alla loro risarcitura (per maggiori specifiche si rimanda a quanto indicato nell'articolo sulla ricostruzione di coprifermo e/o della sezione resistente); a fine operazione si dovrà pulire accuratamente la superficie eliminando oli, polveri ecc. Per realizzare la perfetta continuità tra superfici orizzontali e verticali (ad es. intersezione pavimento-pareti) si renderà necessario creare un idoneo guscio di raccordo tra le due superfici. L'area da impermeabilizzare dovrà essere bagnata a più riprese fino a saturazione (eliminando gli eventuali ristagni con stracci, spazzole o getto d'aria prima dell'applicazione), dopodiché si procederà con la stesura (mediante pennello o spatola) del preparato, a consistenza di boiaccia, eseguita a copertura totale in strati successivi (di norma 3) di 1-1,5 mm per mano (per uno spessore totale di circa 3 mm); la prima stesura dovrà penetrare bene nel supporto e dovrà essere asciutta prima di procedere con la mano successiva (tempo di attesa tra le mani dalle 6 alle 24 ore in ragione della temperatura e dello spessore dello strato applicato). Particolare cura dovrà essere fatta nell'applicazione del materiale in prossimità degli angoli e degli spigoli, infine, a presa avvenuta, si liscerà con la pannellessa la superficie in modo da chiudere le eventuali porosità ed ottenere, così, uno strato uniforme.

Per quanto concerne le strutture in muratura (laterizio, tufo ecc.) prima di procedere con l'applicazione del legante osmotico si dovrà provvedere alla pulizia della superficie rimuovendo da questa qualsiasi traccia di rivestimento (intonaco, vernici o pitture) mediante procedura indicata dagli elaborati di progetto (per maggiori specifiche si rimanda a quanto indicato negli articoli inerenti le puliture) e, se necessario si opererà un consolidamento delle parti friabili o distaccate, inoltre anche in questo caso, sarà consigliabile realizzare un raccordo curvo tra parete e pavimento. Per le superfici in muratura, previa abbondante bagnatura delle stesse, si procederà applicando una prima mano di boiaccia osmotica con funzione di primer dopodiché, sul fresco, al fine di ottenere un supporto piano ed omogeneo, verrà applicato un intonaco costituito da una malta a base di calce idraulica naturale, sabbia silicea vagliata, eventualmente additivata (al fine di migliorare l'aggrappaggio) con lattice di polimeri acrilici (ad es. 1 parte di calce idraulica, 2 parti di sabbia, 0,4 parti di resina) per uno spessore minimo di 2 cm ed eventualmente armata con rete in polipropilene; dopodiché la procedura seguirà le fasi operative precedentemente indicate per il calcestruzzo.

Specifiche: sarà necessario proteggere le superfici d'applicazione fresca dall'insolazione diretta, dalla pioggia e dal vento per almeno le 24-48 ore successive all'ultima applicazione. La procedura, inoltre, non dovrà essere realizzata su supporti gelati in via di disgelo o con rischio di gelata nelle 24 ore successive all'applicazione.

DOCUMENTAZIONE

DOCUMENTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

Nell'ottica della documentazione dovrà, necessariamente, assumere fondamentale importanza, specialmente se rapportato al "piano di manutenzione" del manufatto, tutto quanto concerne la registrazione delle informazioni delle operazioni di restauro realmente eseguite.

Le indicazioni generiche riportate sovente nelle schede tecniche di intervento (ad es. consolidamento dell'apparecchio murario con iniezioni di malta a base di calce, oppure consolidamento d'intonaco con resina acrilica) non potranno essere di nessun aiuto per un futuro intervento di manutenzione: esistono, infatti, svariati tipi sia di calce idraulica che d'inerti; diventa, pertanto, fondamentale, oltre che indicare il tipo di calce e di inerte utilizzato, indicare anche il loro rapporto, così da poter dedurre la qualità di malta messa in opera e ricavare utili informazioni. Alla stessa stregua sarà possibile trovare, in commercio, non solo diverse categorie di resine acriliche ma anche varianti dello stesso tipo; ad esempio la resina acrilica solida, è presente in varie tipologie contraddistinte da caratteristiche anche molto diverse tra loro. È facilmente intuibile che, se non verranno indicati il tipo di resina, la sua concentrazione nonché il genere e la percentuale del solvente utilizzato, capire il tipo di penetrazione e la quantità di resina introdotta diventa un'operazione tutt'altro che facile.

Nella documentazione di corredo di fine lavori dell'intervento di restauro dovranno, necessariamente, essere compilate delle schede di restauro (ovvero aggiornare quelle redatte dalla D.L. in fase di progetto) dove, sarà cura dell'operatore in contraddittorio con la D.L. appuntare le eventuali modifiche apportate durante i lavori. Nel caso in cui la D.L. non avesse preliminarmente redatto schede di questo tipo sarà cura dell'appaltatore redigerle. Le informazioni peculiari che dovranno essere riportate sono le seguenti:

- tipo di prodotto utilizzato con relativo nome commerciale affiancato dall'eventuale sigla industriale e nome della ditta produttrice. Occorre tenere presente che alcune fabbriche producono un'ampia gamma del medesimo prodotto. Questa attenzione dovrà essere adottata non solo per i prodotti di tipo chimico ma anche per le calce, gli inerti e i prodotti premiscelati (intonaci, tinteggiature ecc.).
- solvente utilizzato (ad esempio: acqua, acetone, diluenti nitro, trielina, acquaragia ecc.); risulta importante conoscere il tipo di solvente utilizzato dal momento che può influenzare vari fattori tra i quali: la penetrazione della resina nel supporto (se una soluzione è resa più viscosa da un solvente questa riuscirà con più difficoltà a penetrare nel materiale da consolidare). L'eventuale resa "estetica" della resina applicata sulla superficie corticale (effetto perlante); la volatilità e, di conseguenza, il tempo di "essiccazione" della resina; un solvente molto volatile può, a causa della veloce evaporazione, trasportare in superficie la resina dando vita a strati superficiali con conseguente limitata distribuzione della resina in profondità;
- tipo di diluizione usata il tipo di concentrazione o di diluizione a seconda se si tratta rispettivamente di soluzioni (p/v) o emulsioni (v/v); per determinare il rapporto tra legante ed inerte si ricorrerà al rapporto v/v1# ad es. calce idraulica 1 parte (volume), grassello di calce 3 parti (volume), sabbia silicea lavata 8 parti (volume), cocchio pesto 2 parti (volume), il rapporto legante-inerte che ne risulta è pari a 1:2,5; le sabbie impiegate nell'impasto dovrebbero essere asciutte, se si ricorre a sabbie umide (come normalmente capita in cantiere) si dovrà tenere conto di incrementare il loro volume mediamente del 15-20% rispetto a quello che si sarebbe impiegato nel caso di sabbie asciutte;
- numero e modalità di applicazione (a spruzzo, a pennello, a tasca, per percolazione, per iniezione ecc.), queste informazioni sono utili per verificare l'efficacia o meno di un trattamento nel tempo e per riprodurlo o, eventualmente, modificarlo.

Definizioni

Dispersione miscela eterogenea nella quale il soluto è presente come aggregato di molecole soprattutto solidi costituiti da macromolecole (tipo certe resine sintetiche).

Soluzione miscela omogenea di molecole in cui la componente solida (resina) è disciolta in un solvente liquido (ad. es. acqua, acetone, trielina, diluenti nitro ecc.), il calcolo della percentuale si realizza, pertanto, con il rapporto peso (solido) su volume (solvente) che si esprimerà p/v. Nelle soluzioni, le particelle solide sono equidistanti e circondate dal solvente, che ha la funzione di lubrificante facendole scivolare facilmente l'una sull'altra. Le soluzioni sono facilmente assorbite dal sistema capillare dei materiali dove sono depositate dall'evaporazione del solvente, il quale, una volta completamente evaporato, consente alla resina di riacquistare le proprie caratteristiche iniziali. Le soluzioni sono sempre trasparenti e la loro viscosità è, generalmente, bassa.

Emulsione composto dove due elementi non miscelabili (resina ed acqua) sono tenuti uniti da elementi (detti tensioattivi o saponi) capaci di legarsi con entrambi. Il calcolo della percentuale si realizza, pertanto, con il rapporto volume (prodotto da diluire) su volume (solvente) che si esprimerà v/v. Le emulsioni sono sempre lattiginose, hanno notevoli poteri adesivi ma, una volta secche, sono difficili da rimuovere. Un'emulsione è formata da microsfele con un attrito interno piuttosto alto, pertanto, a parità di concentrazione, un'emulsione è più viscosa di una soluzione. Generalmente sono utilizzate su fessure o distacchi medio-piccoli, su cui la resina in soluzione tenderebbe ad essere troppo fluida e a non colmare i vuoti fra le fessure.

Concentrazioni si parlerà di concentrazione nel caso di dissoluzione di un solido in un liquido e verrà indicata con il rapporto p/v. (ad es. un'etichetta che riporta la sigla p/v 5% indicherà che 5

grammi di prodotto solido sono stati disciolti in 100 ml di solvente); un altro modo semplice per esprimere la concentrazione è la percentuale in peso, che dice quanti grammi di soluto sono presenti in cento grammi di soluzione, intesa come insieme di solvente e di soluto (% in peso).

Diluizioni si parlerà di diluizione nel caso di miscela di un liquido in un altro liquido, verrà indicata con il rapporto v/v. Il principio corretto per realizzare nonché indicare la reale diluizione sarà il seguente: un'etichetta che riporta la sigla v/v 20% dovrà indicare che 20 ml di un liquido sono stati mescolati a 80 ml (e non come sovente erroneamente accade a 100 ml) di un altro liquido (solvente); ne risulteranno 100 ml di soluzione il cui il primo liquido (ad es. una resina acrilica in emulsione) sarà presente nella misura di 20 ml.

PARTE II - PROCEDURE OPERATIVE DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE

CONSOLIDAMENTO MURATURE

Premessa metodologica

Le tecniche d'intervento per il consolidamento delle strutture in muratura devono essere prescelte in riferimento a delle riflessioni operate sulla prioritaria necessità di salvaguardare testimonianze della tradizione edile rappresentative non solo per se stesse ma anche di un insieme accomunato dagli stessi aspetti caratterizzanti; quindi, pur tenendo conto delle necessità imposte dalle normative vigenti riguardo agli adeguamenti strutturali e, soprattutto, sismici dovrà essere fatta particolare attenzione al fine di non stravolgere la struttura al punto di perdere la sua originale conformazione. La richiesta e la necessità di ridare "sicurezza" ed efficienza alla costruzione, non dovrebbe comportare necessariamente il mutamento, in alcuni casi, radicale degli aspetti costruttivi dell'apparato murario, così come erroneamente accade sovente, dove i setti portanti vengono privati dell'originale funzione strutturale e trasformati in tamponature di "rassicuranti" aggiunte strutturali in cemento armato. L'intervento di consolidamento non deve tradursi nell'introduzione di strutture che pur garantendo una elevata resistenza meccanica risultano corpi estranei per la muratura; l'incompatibilità materica genera un ibrido strutturale che difficilmente può mantenere un comportamento solidale in presenza di sollecitazioni. Questo dato comprovato in riferimento ad interventi passati decisamente intrusivi ha fatto riflettere su come sia sconsigliabile attuare a priori un consolidamento prescindendo dalla conoscenza dei materiali e della rispettiva tecnica costruttiva di messa in opera.

L'intervento dovrà, infatti, essere redatto in riferimento a delle indagini preventive indirizzate all'effettiva conoscenza della struttura, gli approfondimenti dovranno essere di tipo storico indispensabili sia al fine di capire a fondo la tecnica costruttiva sia per poter delineare la panoramica dei vari avvicendamenti subiti nel corso degli anni come, ad esempio, interventi precedenti relazionati a problemi congeniti o legati ad eventi sismici mentre, quelli di natura diagnostica saranno finalizzati alla conoscenza del reale stato conservativo dei materiali. Delle diverse tipologie di indagini diagnostiche sarà preferibile ricorrere a quelle non distruttive onde evitare asportazioni, anche se ridotte, di materiale che in alcuni casi potrebbero implicare l'aggravarsi del precario equilibrio strutturale. La fase conoscitiva della struttura dovrà essere in grado di rilevare i punti critici, quelli più delicati, la presenza di cavità, discontinuità materiche, vuoti ecc. al fine di poter modificare l'intervento adattandolo secondo le necessità dettate dalla struttura. Capire, inoltre, le eventuali sollecitazioni che potranno colpire la struttura in tempi futuri, aiuterà a definire interventi puntuali e, soprattutto, cautelativi in modo da rendere meno vulnerabile l'organismo nei confronti di futuri stati tensionali. Notizie utili potranno essere ricavate anche, dalla lettura stratigrafica delle murature poiché i dati ricavati potranno svelarci il susseguirsi delle attività antropiche avvallando o smentendo quanto desunto dalle notizie storiche.

Tenendo presente che le diverse tecniche costruttive cambiano, in base al periodo di costruzione, da luogo a luogo relazionandosi, alla tipologia di materiale locale disponibile, al reperimento dello stesso e soprattutto in diretta connessione con l'abilità delle maestranze nell' eseguirle per cui, non è da escludere rilevare di ogni tecnica varianti sostanziali per cui nonostante le numerose analisi e ricerche preventive operate, considerata la concomitanza di questi fattori, la messa a punto dell'intervento potrà concretamente essere operata solo a cantiere aperto interagendo materialmente con la struttura. Il consolidamento, dovrà tenere conto dei fattori principali che hanno caratterizzato la resistenza e il comportamento statico della muratura tra i quali: la natura dei materiali, la caratteristica delle malte di allettamento, la tipologia di messa in opera e la sezione della muratura.

A parità di tipologia di dissesto, tra le varie risoluzioni disponibili, il tecnico dovrà scegliere quella più confacente la specifica tipologia di apparecchio murario da consolidare; le eventuali sostituzioni di porzioni eccessivamente ammalorate o l'introduzioni di elementi di irrigidimento dovranno essere operate non solo nel pieno rispetto della struttura ma soprattutto tenendo conto dei limiti imposti dalla sua intrinseca conformazione e comunque, laddove l'irrigidimento strutturale, per ovvie ragioni pratiche relazionate al caso specifico, non potrà essere realizzato in piena rispondenza

di quanto sino ad ora esposto potrà risultare consono al caso garantirsi, almeno in parte, la possibilità di rendere l'intervento reversibile.

OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO APPARECCHI MURARI

Generalità

Le procedure di consolidamento, per quanto possibile, dovranno essere giudicate compatibili dalla D.L. e dagli organi competenti per la tutela del bene, inoltre dovranno essere riconoscibili e distinguibili dai manufatti originari ed eseguite in modo da garantire una loro, eventuale, reversibilità.

Le procedure che seguiranno daranno le indicazioni, ed i criteri generali, circa le metodologie d'intervento per i consolidamenti statici, mossi con il fine sia di aumentare le caratteristiche di resistenza dei setti murari, sia di ridurre eventuali tensioni indotte nei materiali da forze esterne. Dovrà essere, in ogni caso, interessamento della D.L. fornire, a completamento o a miglior spiegazione di quanto prescritto, delle idonee tavole di progetto munite d'ulteriori e/o diverse indicazioni. Il rilievo del quadro fessurativo costituirà il fondamento essenziale per la corretta impostazione delle adeguate operazioni di salvaguardia e di risanamento statico: il rilievo e il controllo delle lesioni dovranno essere eseguiti con appropriati strumenti al fine di verificare con esattezza se il dissesto sarà in progressione accelerata, ritardata o uniforme, oppure se sarà in fase di fermo in una nuova condizione di equilibrio. Nel caso d'avanzamento accelerato del dissesto si potrà rilevare utile un intervento di emergenza attraverso idonei presidi provvisori, in conformità alle disposizioni della D.L. Nel caso, invece, di arresto e di una nuova conformazione di equilibrio sarà doveroso controllare il grado di sicurezza dello stato di fatto, per operare in conformità della prassi prescritta negli elaborati di progetto; vale a dire protocolli indirizzati a stabilizzare la fabbrica nell'assetto raggiunto o integrare gli elementi strutturali con consolidamenti locali o generali al fine di preservare, con un conveniente margine, la sicurezza di esercizio. Gli interventi di consolidamento dovranno essere realizzati in quelle porzioni dell'apparecchio murario affette da dissesto (lesione isolata o quadro fessurativo complesso) o caratterizzate da fenomeni d'indebolimento locale quali, ad esempio la presenza di canne fumarie o intercapedini di qualsiasi genere, carenze di ammorsature ai nodi, ecc.

In linea generale gli interventi strutturali sulle pareti murarie ove sarà possibile, dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe, o quantomeno il più compatibile possibile, con quelle dei materiali in opera.

I lavori di consolidamento delle murature dovranno essere condotti, ove applicabili, nei modi stabiliti dal DM 2 luglio 1981, n. 198, dalle successive Circolari Ministeriali 10 luglio 1981, n. 21745 e 19 luglio 1981, n. 27690, DM 27 luglio 1985, DM 20 novembre 1987, Circolare Ministeriale LLPP 4 gennaio 1989 n.30787, DM 14 gennaio 2008, norme e regolamenti successivi inerenti i Beni Culturali).

Ricucitura delle murature mediante sostituzione parziale del materiale (scuci e cuci)

L'operazione di scuci e cuci consisterà nella risarcitura delle murature per mezzo della parziale sostituzione del materiale; le murature particolarmente degradate, al punto da essere irrecuperabili ed incapaci di assolvere la funzione statica, ovvero meccanica, saranno ripristinate con "nuovi" materiali compatibili per natura e dimensioni. L'intervento potrà limitarsi al solo paramento murario oppure estendersi per tutto il suo spessore. La scelta del materiale di risarcitura dovrà essere fatta con estrema cura, i nuovi elementi dovranno soddisfare diverse esigenze: storiche (se l'intervento sarà operato su strutture monumentali), estetiche e soprattutto tecniche; dovrà essere compatibile con la preesistenza per dimensioni (così da evitare discontinuità della trama muraria e l'insorgenza di scollamenti tra la parte vecchia e quella nuova) e per natura (una diversità di compattezza potrebbe, ad esempio, implicare un diverso grado di assorbimento con conseguente insorgenza di macchie). Laddove le circostanze lo consentiranno, potrà essere conveniente utilizzare materiale recuperato dallo stesso cantiere, (ricavato, ad esempio, da demolizioni o crolli) selezionandolo accuratamente al fine di evitare di riutilizzare elementi danneggiati e/o degradati.

Prima di procedere con l'operazione di scuci e cuci si dovrà realizzare un rilievo accurato della porzione di muratura da sostituire al fine di circoscrivere puntualmente la zona da ripristinare dopodiché, dove si renderà necessario, si procederà alla messa in opera di opportuni puntellamenti così da evitare crolli o deformazioni indesiderate.

La porzione di muratura da sanare verrà divisa in cantieri (dimensionalmente rapportati alla grandezza dell'area interessata dall'intervento di norma non più alti di 1,5 m e larghi 1 m) dopodiché, si procederà (dall'alto verso il basso) alternando le demolizioni e le successive ricostruzioni, in modo da non danneggiare le parti di murature limitrofe che dovranno continuare ad assolvere la funzione statica della struttura. La demolizione potrà essere eseguita ricorrendo a mezzi manuali (martelli, punte e leve) facendo cura di non sollecitare troppo la struttura evitando di provocare ulteriori danni; ad asportazione avvenuta la cavità dovrà essere pulita con l'ausilio di spazzole, raschietti o aspiratori, in modo da rimuovere i detriti polverulenti e grossolani (nel caso sia necessario ricorrere ad un tipo di pulitura che preveda l'uso di acqua l'intervento dovrà attenersi alle indicazioni specificate presenti negli articoli inerenti le puliture a base di acqua). La messa in opera del materiale dovrà essere tale da consentire l'inserimento di zeppe in legno, tra la nuova muratura e quella vecchia che la sovrasta, da sostituire, solo a ritiro avvenuto, con mattoni pieni (ovvero con materiale compatibile) e malta fluida. La malta di connessione, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà essere una malta di calce idraulica naturale NHL 5 (o in alternativa una malta NHL-Z 5) con inerte costituito da sabbia silicea, cocchio pesto e pozzolana vagliati e lavati (rapporto legante inerte 1:2 o 1:3). Se espressamente indicato dagli elaborati di progetto, l'intervento di scuci e cuci potrà essere denunciato così da tutelare la stratigrafia stessa dell'edificio, realizzando la nuova porzione di muratura in leggero sottosquadro o soprasquadro, tenendo presente però che la non complanarietà delle due superfici, costituirà una zona facile da degradarsi.

Specifiche: la tecnica dello scuci e cuci non risulterà particolarmente idonea, nonché di difficile esecuzione, per le murature incoerenti (ad esempio strutture murarie in scaglie di pietra irregolare), murature costituite da elementi di elevate dimensioni e murature a sacco.

Consolidamento mediante iniezioni di miscele leganti

La procedura è indicata, in generale, in presenza di lesioni diffuse e per apparecchi murari in pietra, dove spesso è possibile riscontrare dei vuoti e delle soluzioni di continuità interne presenti fin dall'origine oppure, formatesi a causa di dissesti o fenomeni di alterazione di diversa natura. L'intervento dovrà prevedere una preventiva attenta analisi della struttura al fine di individuare l'esatta localizzazione delle sue cavità, la natura e la composizione chimico-fisica dei materiali che la compongono.

Le indagini diagnostiche potranno essere eseguite attraverso tecniche comuni come la percussione della muratura oppure, ricorrendo a carotaggi con prelievo di materiale, a sondaggi endoscopici o, in funzione all'importanza del manufatto e solo dietro specifica indicazione, ad indagini di tipo non distruttivo (termografie, ultrasuoni, radarstratigrafie ecc.). In presenza di murature particolari, con elevati spessori e di natura incerta, sarà, inoltre, obbligatorio attuare verifiche di consolidamento utilizzando differenti tipi di miscele su eventuali campioni tipo così da assicurarsi che l'iniezione riesca a penetrare fino al livello interessato.

In presenza di murature in pietrame incerto potrà risultare più conveniente non rimuovere lo strato d'intonaco al fine di evitare l'eventuale, eccessivo, trasudamento della miscela legante.

La procedura operativa conterà nell'iniettare una miscela entro fori convenientemente predisposti, e presenterà due varianti:

- realizzazione di perforazioni regolarmente distribuite sull'apparecchio murario ed estrusione, ad una pressione variabile, di boiaccia idraulica che riempiendo le fratture e gli eventuali vuoti (sostituendosi e/o integrando la malta originaria) consoliderà la struttura muraria così da ripristinare la continuità della struttura anche in caso di muratura a sacco;
- realizzazione di perforazioni localizzate solo in zone limitate dell'apparecchio murario (ad es. le ammorsature tra muri d'angolo e di spina, o le strutture voltate ed arcate), con l'aggiunta

dell'introduzione di barre in acciaio, seguendo una disposizione configurate a "reticolo", che funziona, nel complesso, come una sorta di cordolo, così da aumentare la resistenza agli sforzi di trazione.

Sarà sconsigliato effettuare qualsiasi procedura di consolidamento o, più in generale, l'utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, (in caso di utilizzo di materiali organici dovranno essere segnati gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzati), le modalità ed i tempi di applicazione.

Consolidamento mediante iniezioni non armate

L'intervento sarà da attuarsi allorché l'apparecchio murario, sottomesso per lungo tempo a dilavamento o percolazione di acque meteoriche, o per la particolare tipologia costruttiva (ad es. a sacco), si presenta con cavità interne. Nessun beneficio si potrà ottenere da questa procedura se il setto murario, oggetto di intervento, non presenta cavità e fessure grossolane. L'apparecchio murario dovrà, quindi, essere sufficientemente iniettabile, ovverosia dovrà presentare una struttura con una appropriata continuità tra i vuoti e, allo stesso tempo, la boiaccia legante dovrà essere pensata in modo da assicurare un'idonea penetrabilità ossia una fluidità atta a rispettare i tempi di esecuzione richiesti. La procedura operativa conterà delle seguenti fasi esecutive.

Preparazione del supporto

Stuccatura e/o sigillatura, su entrambe le facce della muratura, di tutte le fessure, sconnessioni, piccole fratture dei conci di pietra e/o laterizio e dei giunti di malta così da avere un apparecchio murario "perfettamente chiuso" capace di ovviare l'eventuale trasudamento esterno delle malte da iniettare: qualora si operasse su murature intonacate sarà necessario accertare l'idoneità del rivestimento per l'esecuzione delle successive fasi; (per maggiori dettagli sulle procedure sopra descritte si rimanda agli articoli sulle stuccature e sui consolidamenti).

Esecuzione dei fori

Esecuzione di perforazioni seguendo le indicazioni di progetto in base al quadro fessurativo ed al tipo di struttura (in assenza di queste si potranno operare 2-4 fori ogni m²); detti fori, di diametro opportuno (mediamente sarà sufficiente un f 16-24 mm), saranno eseguiti mediante strumento a sola rotazione, munito di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia. Negli apparecchi murari in pietrame, i fori dovranno essere, se non diversamente prescritto, perpendicolari alle superfici ma con leggera pendenza (circa il 10%) a scendere verso l'interno così da facilitare l'introduzione della miscela, eseguiti in corrispondenza dei giunti di malta ad una distanza di circa 60-80 cm in ragione alla consistenza del muro, mentre nelle murature in laterizi pieni la distanza tra i fori non dovrà superare i 50 cm. In ogni caso, si raggiungeranno risultati migliori con un numero elevato di fori di piccole dimensioni piuttosto che con un numero modesto di grosso diametro.

Sarà necessario eseguire le perforazioni con cura, verificando l'effettiva sovrapposizione, e comunicazione, delle aree iniettate (disposizione a quinconce), tramite l'utilizzo di appositi tubicini "testimone" dai quali potrà fuoriuscire l'esubero di miscela iniettata. I tubicini (con un diametro di circa 20 mm) verranno introdotti, per almeno 10-12 cm ed in seguito, sigillati con la stessa malta di iniezione a consistenza più densa (diminuendo cioè il quantitativo d'acqua nell'impasto). Durante questa operazione sarà necessario evitare che le eventuali sbavature vadano a degradare in modo irreversibile l'integrità degli strati di rivestimento limitrofi; nel caso di fuoriuscite di colature queste dovranno essere celermente pulite mediante spugnette assorbenti (tipo Blitz-fix) imbevute di acqua deionizzata. Al fine di garantire una corretta diffusione della miscela, sarà consigliabile praticare dei fori profondi almeno quanto la metà dello spessore dei muri.

In presenza di spessori inferiori ai 60-70 cm le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; oltre i cm 70 sarà necessario operare su entrambe le facce, nel caso in cui lo spessore risulterà ancora maggiore, o ci si troverà nell'impossibilità di iniettare su entrambe le facce, si dovrà perforare la muratura da un solo lato per una profondità del foro tra i 2/3 e i 3/4 dello spessore del muro e mai di valore inferiore ai 10 cm. In presenza di cortine murarie in laterizio pieno sarà utile prevedere perforazioni inclinate di almeno 40-45 gradi verso il basso fino a ottenere una profondità di 30-35 cm (in ogni caso stabilita in rapporto alla sezione del muro) tale operazione sarà conveniente al fine di ripartire meglio la boiaccia e per rendere partecipi i diversi strati di malta. Precedentemente all'iniezione (almeno 24 ore prima) dovrà essere iniettata acqua nel circuito chiuso d'iniezione al fine di saturare la massa muraria e di mantenere la densità della miscela. L'operazione di prelavaggio (eseguita con acqua pura, eventualmente deionizzata) sarà, inoltre, conveniente sia per confermare le porzioni delle zone oggetto d'intervento, (corrispondenti alle zone umide), sia per segnalare l'esistenza d'eventuali lesioni non visibili. Durante la suddetta fase di pulitura-lavaggio si dovranno effettuare, se necessarie, le eventuali operazioni supplementari di rinzafo, stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni.

Iniezione della boiaccia legante

L'iniezione delle miscele (che, di norma dovranno essere omogenee, ben amalgamate ed esenti da grumi ed impurità) all'interno dei fori dovrà essere eseguita, preferibilmente, a bassa pressione (indicativamente tra 0,5 e 1,5 atm in ogni caso non superiore alle 2 atm) così da evitare la formazione di pressioni all'interno della massa muraria con le conseguenti coazioni con le cortine esterne; inoltre andrà effettuata tramite idonea pompa a mano o automatica provvista di un manometro. Nel caso in cui il dissesto risulterà circoscritto ad una zona limitata sarà opportuno dare precedenza alle parti più danneggiate (utilizzando una pressione non troppo elevata e, se sarà necessario eseguire un preconsolidamento con boiaccia molto fluida colata mediante imbuto, prima delle perforazioni, in tutti gli elementi di discontinuità presenti nella muratura), per poi passare alle rimanenti, utilizzando una pressione maggiore. Le iniezioni procederanno per file parallele, dal basso verso l'alto dai lati esterni e, simmetricamente, verso il centro al fine di evitare squilibri di peso ed impreviste alterazioni nella statica della struttura. Il volume di miscela iniettata non dovrà superare i 100-120 l per m³.

Previa verifica della consistenza materica della muratura oggetto di intervento, si inietterà la miscela all'interno degli ugelli e boccagli precedentemente posizionati, la pressione sarà mantenuta costante fino a quando la boiaccia non fuoriuscirà dai tubicini adiacenti, a questo punto si chiuderà il tubicino e si proseguirà con il foro limitrofo seguendo il piano di lavoro. L'iniezione ad un livello superiore sarà eseguita, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, solo quando tutti i tubi di iniezione, posti alla medesima quota, risulteranno intasati. Sarà, inoltre, opportuno aumentare la pressione d'immissione in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature. L'aumento potrà essere di 1-2 atmosfere ogni 3-3,5 m di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. In edifici a più piani le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal livello più basso.

In alternativa, e solo dietro specifica indicazione di progetto, si potrà iniettare la boiaccia per gravità; nel caso in cui la muratura risulti in uno stato avanzato di degrado tale da non poter sopportare sovrappressioni o perforazioni si potrà far penetrare la miscela dall'alto attraverso appositi boccagli ad imbuto localizzati in lesioni o lacune (eventualmente "aiutate" asportando materiale deteriorato). Questa tecnica non permetterà la chiusura di tutti i vuoti ma solo delle lacune maggiori.

Ad indurimento della miscela (circa 2-3 giorni), i boccagli potranno essere rimossi ed i fori sigillati con malta appropriata (si rimanda a quanto detto agli articoli riguardanti le stuccature).

Specifiche sulle miscele: la boiaccia per iniezioni potrà essere composta, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, da una miscela di sola calce idraulica NHL 3,5 o NHL-Z 3,5 (esente da sali solubili, con 85% dei granuli di dimensione < a 25 µm, calore d'idratazione unitario < di 135KJ/Kg) ed acqua in rapporto variabile da 0,8 a 1,2. Dal momento che, in genere, in una miscela di questo tipo si otterrà la fluidità necessaria per un'efficace iniezione con rapporti legante-

acqua superiore ad 1, al fine di evitare eventuali fenomeni di segregazione sarà consigliabile aggiungere alla boiaccia additivi fluidificanti (in misura dell'1-2% rispetto al peso del legante) ed agenti espansivi antiritiro (ad es. polvere di alluminio da 0,2% a 0,3% del totale in peso) al fine di controllare anche gli eventuali fenomeni naturali di ritiro di assestamento in fase plastica (ovverosia nelle prime ore che seguiranno la messa in opera) e di ritiro igrometrico (ritiro che si manifesterà nel materiale indurito, dopo circa 28 giorni, e si protrarrà per periodi molto lunghi, di norma sarà ritenuto completato dopo circa 2 anni dalla messa in opera).

In alternativa, potrà essere utilizzata una miscela binaria (da utilizzare in presenza di vere e proprie cavità, specie nei muri a sacco) composta da calce idraulica naturale NHL 2, (o da una calce idraulica pozzolanica ottenuta miscelando calce idrata cotta a bassa temperatura e, completamente idrata, con metacaolino anch'esso cotto a bassa temperatura, la calce idrata potrà essere sostituita anche da grassello di calce stagionato minimo 24 mesi) sabbia ed acqua (rapporto legante-acqua 1:3 fino ad 1:5 nel caso di iniezioni per gravità) con l'aggiunta di gluconato di sodio (con funzione fluidificante) e polvere di alluminio (come agente espansivo). La sabbia dovrà essere sempre di granulometria molto fine (< al 35-40% della minima larghezza delle fessure) e, preferibilmente, con granuli arrotondati; in alternativa, potrà essere impiegato carbonato di calcio scelto e micronizzato o perlite superventilata (se si ricercherà una boiaccia a basso peso specifico) od ancora, metacaolino ad alta reattività pozzolanica (o polvere di coccio pesto vagliata e lavata) per migliorare le proprietà idrauliche della boiaccia (nel caso di utilizzo di grassello di calce o calce idrata, la carica con caolino, coccio pesto o pozzolana sarà obbligatoria al fine di rendere idraulico il composto); in ogni caso l'inerte sarà il 10% rispetto al peso del legante. La boiaccia, sia se verrà preparata in cantiere, sia se si utilizzerà un prodotto premiscelato dovrà presentare le seguenti caratteristiche:

- sufficiente fluidità al fine di penetrare profondamente (svuotamento del cono di Marsh di un litro di miscela < di 30 secondi),
- assenza di segregazione e di acqua essudata (blending); la separazione dell'acqua dalla boiaccia determinerebbe, in seguito alla successiva evaporazione, la presenza di vuoti all'interno della massa del nucleo,
- tempo di presa compatibile con quello della lavorazione,
- alto scorrimento,
- sviluppo calore in fase di presa temperatura massima < +30°C,
- dilatazione termica compatibile con quella della muratura originale,
- resistenza caratteristica a rottura per compressione > 12 N/mm² dopo 28 giorni,
- peso specifico modesto < 1,8 kg/l,
- resistenza ai sali comunemente presenti nella muratura (solfati, ammine),
- modulo elastico allo stato secco comparabile con quello della muratura (3000-6000 N/mm²),
- non presentare fenomeni di ritiro che ridurrebbero l'efficacia del contatto.

Avvertenze: non sarà assolutamente consentita, salva diversa prescrizione della D.L., la demolizione d'intonaci e stucchi; sarà anzi necessario provvedere al loro preventivo consolidamento e/o ancoraggio al paramento murario, prima di procedere all'esecuzione della suddetta procedura (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto agli articoli specifici). Il collaudo del consolidamento andrà eseguito dopo 90 giorni dall'esecuzione delle iniezioni.

Consolidamento mediante iniezioni armate

L'intervento potrà essere attuato strettamente localizzato ed in caso di assoluta necessità quando, ad esempio, si dovranno realizzare efficienti rinforzi localizzati tra le murature d'angolo, ammorsamento di muri ortogonali, ricongiungimenti di parti lesionate ecc. e non si potrà ricorrere all'uso di altre procedure. L'intervento, simile alle iniezioni di miscele leganti, avrà la finalità di assicurare alla muratura per mezzo dell'utilizzo di cuciture metalliche, un consistente aumento della resistenza agli sforzi di trazione; queste cuciture saranno costituite da armature di lunghezza variabile (circa 2-3 volte lo spessore delle murature), dipendente dal livello di aderenza sia tra malta e barre, sia tra malta e tessitura preesistente, disposte in perfori (f variabile da 32 a 40 mm) alla distanza di circa 40-50 cm l'uno dall'altro, preferibilmente, inclinati (di circa 45°) in successione

verso l'alto e verso il basso. L'esercizio svolto dalle armature nei pannelli di muratura, in prevalenza compressi, sarà quello di contenere la deformazione laterale, collaborando ad un miglioramento della resistenza dell'elemento. Nei setti murari non esclusivamente compressi, la presenza dell'armatura potrà partecipare alla resistenza a taglio del setto stesso.

La procedura operativa seguirà le fasi descritte per le iniezioni di miscele leganti ad eccezione che, nei fori di iniezione dovranno essere, preventivamente, inserite barre di acciaio inossidabile ad aderenza migliorata Fe B 44 K (minimo f 12 mm massimo 20 mm), o barre filettate di acciaio AISI 316L, (minimo f 14 mm) munite di distanziatori perimetrali al fine di evitare il contatto diretto con la muratura; lo schema distributivo, l'inclinazione il calibro e la lunghezza delle barre dovranno essere relazionati: alle disposizioni di progetto o indicazioni della D.L., ai dissesti riscontrati dall'esame del quadro fessurativo del manufatto o delle variazioni, apportate nel corso dei lavori di restauro agli equilibri dei carichi. L'inserimento di detta armatura avrà lo scopo di fornire resistenza a trazione tra le due cortine esterne della muratura, specialmente nei casi in cui l'altezza di libera inflessione sia tale da poter dar luogo al fenomeno del carico di punta. Al fine di realizzare un promotore d'adesione tra le barre e la malta delle iniezioni si potrà spalmare la superficie dell'armatura con boiaccia anticarbonatante, reoplastica-pennellabile realizzando uno strato continuo di almeno 1 mm.

Specifiche sui materiali: le miscele leganti da utilizzare saranno uguali a quelle esaminate per le iniezioni non armate con l'ulteriore specifica che in questo caso dovranno, necessariamente, presentare maggiore capacità di aderenza, antiritiro, e di resistenza, così da garantire la collaborazione tra armature e muratura, visto che in questo caso si localizzeranno nelle zone più sollecitate.

Avvertenze: talvolta potrà essere necessario consolidare preventivamente la muratura mediante semplici iniezioni di boiaccia (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo specifico). In ogni caso questa procedura dovrebbe essere messa in opera, preferibilmente, su murature di buona qualità, in un discreto stato di conservazione prive però, d'adeguate ammorsature tra le pareti ortogonali. Nei muri di modeste sezioni (30-50 cm) le chiodature non avranno alcun effetto benefico nei confronti del setto murario, in quanto la ridotta lunghezza della barra non permetterà il trasferimento per aderenza degli sforzi tra malta d'inghisaggio ed il ferro. Affinché questo trasferimento avvenga sarà necessario che la barra presenti una lunghezza minima di 40 f o, in alternativa che sia ancorata risvoltandola all'esterno della muratura ed, eventualmente, collegandola con l'armatura di paretine di malta a ritiro compensato realizzate su una o entrambe le facce del pannello murario (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo specifico).

Consolidamento mediante placcaggio di superficie (betoncino armato)

L'intervento si realizzerà con l'apposizione, su una o possibilmente entrambe le facce del muro, di lastre verticali di materiale a base idraulica realizzate in cantiere opportunamente armate da rete metallica elettrosaldata e, rese solidali alla muratura originale con ferri trasversali passanti nel muro.

Lesioni diffuse

Questa procedura consentirà di migliorare le caratteristiche di resistenza del maschio murario, grazie all'incremento della sezione resistente apportato dalle paretine e dall'effetto di confinamento esercitato sulla muratura degradata. Questa tecnica potrà risultare adatta unicamente su murature particolarmente dissestate (e comunque non caratterizzate da particolari valenze storico-architettoniche) con quadri fessurativi estesi e complessi, e quindi non più in grado di eseguire a pieno la loro funzione statica, ma che in ogni modo dovranno essere mantenute parzialmente o integralmente. Questo sistema di consolidamento, pertanto, dovrà essere utilizzato con le dovute cautele, mai in maniera generalizzata, dietro specifiche prescrizioni di progetto o indicazioni della D.L. e, con il benessere degli organi preposti alla tutela del bene oggetto d'intervento. La procedura operativa conterà delle seguenti fasi esecutive.

Preparazione del supporto

Dietro specifica autorizzazione della D.L., si procederà alla rimozione dell'eventuale intonaco, dei rivestimenti parietali, delle parti incoerenti ed in fase di distacco, e della malta dei giunti tra gli elementi lapidei o laterizi per una profondità minima di 2-3 cm, fino a raggiungere la parte sana della struttura (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto agli articoli specifici). Le, eventuali, lesioni andranno ripulite, allargate e spolverate con l'ausilio di aria compressa e strumento aspiratore, nonché stuccate con idonea malta a presa rapida (sarà sufficiente utilizzare un impasto a base di calce idraulica naturale e pozzolana simile a quello utilizzato nelle procedure di stuccature dei materiali lapidei diminuendo però il quantitativo d'acqua nell'impasto). Successivamente la parete dovrà essere spazzolata e lavata con acqua pulita al fine di rimuovere polveri e depositi incoerenti.

Armatura parete

Al fine di inserire i connettori trasversali si dovranno eseguire perforazioni, (con strumento a sola rotazione) passanti in senso obliquo se l'intervento riguarderà entrambe le facce, per 3/4 dello spessore del muro qualora la muratura venga trattata su una sola superficie (esterna o interna); il numero dei tiranti potrà variare in relazione alle disposizioni di progetto, tuttavia sarà opportuno non scendere al di sotto dei 2 tiranti al m² di parete (di norma si utilizzeranno 4-6 spillature al m²). All'interno di queste perforazioni si collocheranno i tondini di acciaio, lasciandoli sporgere dalla struttura per almeno cm 10 da ogni lato. Le barre saranno del tipo e, del diametro indicato dagli elaborati di progetto ovvero ordinato dalla D.L. con f minimo di 4-8 mm, in assenza di specifiche potranno essere utilizzate barre di acciaio inossidabile ad aderenza migliorata Fe B 44 K (in alternativa si potrà utilizzare acciaio zincato o acciaio precedentemente trattato con boiaccia passivante anticarbonatante per uno spessore minimo di 1 mm). In corrispondenza delle aperture potrà essere omessa la formazione della lastra al fine di non ridurre la luce delle medesime, avendo cura, però, di raddoppiare le legature perpendicolari al piano del muro, disponendole a quinconce.

Una volta stuccate l'eventuali lesioni, fessure o parti di struttura situate sotto i fori con la malta prescritta, si potranno posizionare reti metalliche elettrosaldate (preferibilmente in acciaio inossidabile) su entrambi i lati del muro. Le reti avranno diametro e maglia come specificato negli elaborati di progetto o comandati dalla D.L., diversamente potranno essere formate da tondini di f 6-8 mm con maglie 100x100 o 150x150 mm risvoltate per almeno 50-100 cm in corrispondenza degli spigoli laterali così da collegare ortogonalmente le nuove pareti armate con le altre strutture portanti. Le eventuali sovrapposizioni di reti dovranno interessare almeno 20 cm ed in ogni caso non meno di due maglie. Una volta posizionata la rete, e fissata con chiodi in acciaio ad "U" o a "J" (f 4 mm per una lunghezza minima di 18 cm), le barre saranno ripiegate ad uncino di 90° al fine di connetterle alle maglie della rete e realizzare in tal modo il collegamento tra le pareti ed il nucleo della muratura. In alternativa alla rete metallica si potrà posizionare, dietro specifica indicazione di progetto, una rete in polipropilene (PP) bi-orientata a maglia quadrangolare prodotta per estrusione e sottoposta a processo di stiro a temperatura controllata nelle due direzioni (caratteristiche medie: totale inerzia chimica, maglia 40x30 mm, peso unitario 650 g/m², resistenza a trazione nelle due direzioni 40 kN/m, allungamento > 10%);

L'accurata sistemazione dell'armatura dell'intonaco risulterà, per la buona riuscita della procedura, un elemento di particolare importanza, essa, infatti, dovrà essere tenuta separata dal supporto murario per almeno 2 cm, ricorrendo ad idonei distanziatori, in modo da evitare la manifestazione di fenomeni d'instabilità flessionale; per questo motivo sarà necessario disporre la rete in modo che possa trasmettere correttamente gli sforzi alle spillature praticate nel pannello murario.

Messa in opera intonaco

Sul setto murario, preventivamente, bagnato abbondantemente con acqua pulita fino a saturazione, così da evitare ogni possibile sottrazione d'acqua al nuovo materiale, verrà applicato uno strato di malta anche in più riprese, (fino a raggiungimento della quota prevista) del tipo prescritto dal progetto o indicato dalla D.L. avendo cura di riempire, eventuali, vuoti emersi dietro l'armatura metallica, e battendo con frattazzo la superficie trattata prima del tiraggio a liscio con la staggia.

In ogni caso, salve diverse indicazioni di progetto, si dovrà tenere presente che:

- per realizzare spessori inferiori ai 3 cm sarà consigliabile mettere in opera la malta a spruzzo, armata con rete metallica f 4-6 mm con maglia 100x100 mm;
- per realizzare spessori intorno ai 3-5 cm si potrà applicare la malta manualmente, armata con rete metallica f 6-8 mm con maglie 100x100 o 150x150 mm;
- per realizzare spessori superiori ai 5 cm fino ad un massimo di 8-10 cm si dovrà, necessariamente, ricorrere al getto in casseforme armate con rete metallica f 8-10 mm con maglia 100x100 o 200x200 mm.

Lo spessore e, la metodologia di posa in opera dovranno essere comparati e pensati in base al degrado della struttura ed al tipo di sollecitazioni cui è stata, e sarà sottoposta la struttura, in ogni caso, potrà essere opportuno eseguire intonaci per uno spessore di circa 4-5 cm.

Al fine di evitare la formazione di fessure e cavillature dovute alla troppo rapida evaporazione dell'acqua d'impasto le pareti dovranno essere tenute umide per almeno 48 ore e protette da vento e/o irraggiamento solare diretto.

Specifiche sulle malte: la malta o betoncino da utilizzare dovrà presentare un modulo elastico basso così da limitare eventuali inconvenienti legati all'instabilizzazione per carico di punta. A tal fine si potranno utilizzare malte a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (o, calce naturale eminentemente idraulica NHL 5) caricata con inerti a comportamento pozzolanico (ad es. pozzolana, metacaolino, coccio pesto ecc.), sabbie silicee naturali (granulometria 0,1-2 mm) con l'eventuale aggiunta d'additivi aeranti naturali, fibre minerali inorganiche atossiche (così da ridurre le tensioni generate dall'evaporazione dell'acqua e limitare le fessurazioni da ritiro plastico) e espansivi minerali (così da controllare il ritiro igrometrico). Le malte (rapporto legante-inerte 1:3) ed i betoncini (rapporto legante-inerte 1:4) a ritiro compensato da utilizzare dovranno in ogni caso presentare le seguenti caratteristiche:

- resistenza a compressione a 28 giorni > 18 N/mm²;
- modulo elastico a 28 giorni < 15000 N/mm²;
- espansione contrastata a 7 giorni > 300 mm/m;
- coefficiente di permeabilità al vapore < 150 m.

L'utilizzo della calce idraulica naturale o idraulica pozzolanica (calce aerea miscelata a cariche con reattività pozzolaniche), rispetto all'uso del cemento presenterà il vantaggio di ottenere un impasto più plastico e maggiormente lavorabile, inoltre l'uso della calce idraulica garantirà capacità di traspirazione delle pareti.

Lesione isolata

Per interventi su lesioni passanti isolate, anche di spessori consistenti, la procedura si potrà limitare esclusivamente alle fasce limitrofe la lesione (circa 60-80 cm a cavallo della lesione). Le fasi esecutive saranno le stesse enunciate all'articolo riguardante il placcaggio dell'intera parete ad eccezione di qualche precisazione.

La rete elettrosaldata zincata (f 4-5 mm maglia 100x100 mm) dovrà essere messa in opera in strisce di 60-80 cm, posizionate, a cavallo della lesione, su entrambi i lati della muratura tramite chiodatura e collegata con tondini in acciaio inossidabile ad aderenza migliorata (f 6-8 mm intervallati da circa 40-50 cm) passanti attraverso la lesione, precedentemente scarnita e pulita da parti incoerenti. La malta da utilizzare per risarcire la lesione, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere a base di calce idraulica e, preferibilmente, di tipo espansivo (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto agli articoli specifici). L'esecuzione dell'intonaco dovrà seguire sia le prescrizioni enunciate all'articolo sul placcaggio di superficie sia quelle inerenti il rappezzo di intonaco, ovverosia al fine di non creare discontinuità materiche superficiali si ricorrerà, se non diversamente specificato, ad una rasatura finale utilizzando impasti simili a quelli esistenti (per uno spessore totale non inferiore ai 3 cm).

Lesione d'angolo

Per interventi su lesioni d'angolo, sia ad "L" sia a "T", anche di spessori consistenti, la procedura si potrà limitare esclusivamente alle fasce limitrofe la lesione (minimo 60 cm oltre la lesione per una

fascia minima di 80-100 cm). Le fasi esecutive saranno le stesse enunciate nell'articolo riguardante il placcaggio dell'intera parete ad eccezione di qualche precisazione.

Previa esecuzione delle perforazioni nella parete al fine di alloggiare le barre trasversali di collegamento, si posizionerà la rete elettrosaldata zincata (f 5-6 mm maglia 150x150 mm), su entrambe le facce del muro, con adeguata sovrapposizione e risvolto minimo di 50 cm in corrispondenza di spigoli verticali. La rete verrà fissata tramite chiodatura e collegata con tondini in acciaio inossidabile ad aderenza migliorata (f 6-8 mm disposti in maniera più ravvicinata, 35-40 cm, per il primo metro verso il basso e verso l'alto per poi diradarsi, 70-80 cm, verso il centro della rete) inghisati nei perfori e passanti attraverso le lesioni precedentemente scarnite e pulite da parti incoerenti. La malta da utilizzare per risarcire le lesioni, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere a base di calce idraulica e, preferibilmente, di tipo espansivo (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto agli articoli specifici). L'esecuzione dell'intonaco dovrà seguire sia le prescrizioni enunciate all'articolo sul placcaggio di superficie sia quelle inerenti il rappezzo di intonaco ovvero, al fine di non creare discontinuità materiche superficiali si ricorrerà, se non diversamente specificato, ad una rasatura finale utilizzando impasti simili a quelli esistenti (per uno spessore totale non inferiore ai 3 cm).

Lesioni in corrispondenza di aperture

Per interventi su lesioni nelle vicinanze di aperture (porte o finestre), anche di spessori consistenti, la procedura potrà limitarsi, esclusivamente, alle zone limitrofe le lesioni (generalmente circa 60-80 cm a destra e a sinistra dell'apertura e per un'altezza minima pari a 40 cm al di sotto dell'architrave). Le fasi esecutive saranno le stesse enunciate all'articolo riguardante il placcaggio dell'intera parete ad eccezione di qualche precisazione.

Previa esecuzione delle perforazioni nella parete, al fine di alloggiare le barre trasversali di collegamento, si posizionerà la rete elettrosaldata zincata (f 5-6 mm maglia 150x150 mm) su una o entrambe le facce del muro con adeguata sovrapposizione e risvolto minimo di 50 cm in corrispondenza di spigoli verticali. La rete verrà fissata tramite chiodatura e collegata con tondini in acciaio inossidabile, ad aderenza migliorata (f 6-8 mm in ragione di circa 4 al m²), inghisati nei perfori e passanti attraverso le lesioni precedentemente scarnite e pulite da parti incoerenti. La malta da utilizzare per risarcire le lesioni, salvo diverse prescrizioni della D.L., dovrà essere a base di calce idraulica e, preferibilmente, di tipo espansivo (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto agli articoli specifici). L'esecuzione dell'intonaco dovrà seguire sia le prescrizioni enunciate all'articolo sul placcaggio di superficie sia quelle inerenti il rappezzo di intonaco, ovvero, al fine di non creare discontinuità materiche superficiali si ricorrerà, se non diversamente specificato, ad una rasatura finale utilizzando impasti simili a quelli esistenti (per uno spessore totale non inferiore ai 3 cm).

Consolidamento mediante tiranti metallici

Il consolidamento mediante la messa in opera di tiranti metallici (elementi costruttivi a sviluppo lineare) consentirà di realizzare un collegamento, ed irrigidimento delle murature così da riuscire a contrastare rischi di traslazione, crolli e distacchi; la cerchiatura per mezzo dei tiranti permetterà di rendere solidali le strutture murarie tanto da garantire un comportamento di tipo scatolare, soprattutto, in caso di azione sismica. I tiranti (realizzati prevalentemente in acciaio inossidabile) potranno essere inseriti all'interno delle strutture da consolidare (murature, strutture lignee di solai e di copertura, in pilastri murari e in fondazioni) o all'esterno; la loro messa in opera potrà essere verticale, orizzontale od inclinata secondo le necessità specifiche richieste dal singolo caso e, in base agli sforzi che dovranno assolvere. Il bloccaggio all'estremità delle strutture sarà garantito da chiavarde o capichiave (che potranno essere a paletto o a piastra) posti su piastre (realizzate in acciaio inossidabile di forma e dimensioni tali da consentire una ripartizione omogenea degli sforzi) necessarie al fine di assicurare l'adeguata ripartizione dei carichi; le piastre potranno essere realizzate in acciaio, con la presenza dei fori per consentire il passaggio dei cavi e delle guaine

oppure, in calcestruzzo armato. I paletti dei capichiave andranno orientati a 45° con il braccio superiore rivolto contro il muro trasversale su cui insiste il solaio. Indipendentemente dalla messa in opera (esterna o interna, orizzontale o inclinata), prima di procedere con l'operazione dovrà essere appurato il grado di consistenza delle strutture, lo stato di conservazione e, soprattutto, la loro stabilità; a tale riguardo prima di effettuare l'intervento potrà essere utile, dove si renderà necessario, operare un consolidamento (scuci e cucì, iniezioni di boiaccia, rincocciature, rinforzi delle fondazioni ecc.) delle parti interessate ed influenzate dal successivo stato tensionale indotto dal tirante. L'operazione inizierà con la localizzazione esatta dei punti di perforazione per il passaggio del tirante, della sua collocazione ed il posizionamento del relativo sistema d'ancoraggio, che dovrà essere saldo ed efficace dal momento che la risoluzione avrà effetto solo se sarà garantita la trazione del tirante, costante nel tempo, capace di contrastare le sollecitazioni in atto. I tiranti potranno essere messi in opera anche binati: uno da una parte e uno dall'altra dello stesso muro trasversale. Il tiraggio del tirante potrà essere fatto a freddo o a caldo.

Consolidamento con tiranti trivellati inseriti nella muratura

Il dimensionamento dei tiranti, definito dagli elaborati di progetto, dovrà essere relazionato alla resistenza a trazione del materiale utilizzato e quella a taglio del muro su cui verrà posizionato il capochiave (potranno essere messi in opera tiranti in acciaio inossidabile zincati Fe 360 opportunamente dimensionati e, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, potranno essere utilizzati tiranti f 26 mm o f 32 mm).

Tiranti trivellati inseriti nella muratura orizzontalmente

Il tirante orizzontale dovrà essere posizionato in corrispondenza del solaio (al di sotto del pavimento) il più possibile in aderenza al muro ortogonale su cui verrà collocato il capochiave; dopo aver localizzato il percorso del tirante e i punti di perforazione sulla muratura, si procederà alla realizzazione dell'alloggiamento mediante l'utilizzo di trapani esclusivamente rotativi in modo da evitare ulteriori sconnessioni della struttura dissestata, realizzando uno scasso che, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà essere di circa 25 mm di diametro profondo 40 mm. L'intervento procederà con il posizionamento degli ancoraggi (angolari o intermedi fissati mediante malta di calce idraulica naturale NHL 5) previa preparazione della parte di muratura interessata mediante l'eventuale asportazione d'intonaco e, se necessario, consolidamento; la piastra di ripartizione dei carichi, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, potrà avere dimensioni di 25x25 cm o 30x30 cm spessa 15 mm. Sulla muratura verranno eseguiti i fori di passaggio del tirante, il cui dimensionamento si relazionerà alla sezione del tirante, ricorrendo ad un trapano a rotazione. Realizzato l'alloggiamento, il cavo dovrà essere fissato alle piastre precedentemente forate; all'interno dei fori (f 50-80 mm) dovrà essere posizionata una guaina protettiva fissata alla parete mediante l'utilizzo di malta o resina. Dopo aver tagliato il tirante a misura d'impiego (pari alla lunghezza della parete più lo spessore del muro e a 30 cm, 15 cm per parte, necessari per l'ancoraggio) e provveduto alla filettatura delle estremità indispensabili per il tiraggio a freddo (15 cm per ogni estremità utilizzando filettatrici) si procederà alla relativa messa in opera. Il tirante passerà dalla guaina prolungandosi qualche centimetro all'esterno della piastra di ripartizione così da facilitare il tiraggio e l'ancoraggio; verranno posizionati i capochiave (forati se il tiraggio avverrà a freddo) i sistemi di fissaggio ed ancoraggio (dado e controdado, manicotto di collegamento e tiraggio ecc.). Avvenuta la presa del bulbo di ancoraggio (3 o 4 giorni), il tirante verrà messo in tensione (se teso a mano si ricorrerà ad una chiave dinamometrica che serrerà i dadi sino ad ottenere una tensione di circa 150-200 Kg) con gradualità ed a più riprese, fino alla tensione di calcolo (la tensione applicata non dovrebbe superare il 50% di quella ammissibile dal cavo di acciaio utilizzato), controllando eventuali diminuzioni di tensioni (causati o dal tipo di acciaio impiegato o riconducibili ad assestamenti murari improvvisi). La sede di posa dei tiranti ed i fori potranno essere riempiti con iniezioni di malta a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e, si potrà solidarizzare la guaina e il cavo mediante l'ausilio di resina sigillante. L'operazione terminerà con

la posizione dei cunei di bloccaggio del cavo. Tutte le parti metalliche rimaste a vista dovranno essere protette mediante l'applicazione di vernici di tipo epossidico.

Consolidamento con tiranti aderenti alla muratura

Nei casi in cui il tirante orizzontale non potrà essere inserito all'interno del solaio poiché strutturalmente fatiscente, sarà opportuno posizionarlo, sempre al livello del solaio ma sul suo intradosso in adiacenza ai muri trasversali (il tirante potrà essere inserito in scanalature ricavate nella muratura così da non renderlo visibile). L'intervento procederà con la localizzazione dei fori da realizzare sui setti che dovranno accogliere il capochiave al fine di consentire il passaggio del tirante; il foro dovrà presentare un diametro, se non diversamente indicato dagli elaborati di progetto, di 30-80 mm realizzato con trapano a sola rotazione con corona diamantata, escludendo qualsiasi azione di percussione. Eseguiti i fori si procederà alla messa in opera del tirante (la cui sezione potrà essere circolare, quadrata o piatta) facendo cura di farlo uscire all'estremità per circa 15 cm (anche in questo caso le due parti che fuoriusciranno dovranno presentarsi opportunamente filettate) e delle piastre di ripartizione messe in opera sulle pareti esterne (seguendo le modalità descritte nell'articolo inerente i tiranti trivellati inseriti nella muratura orizzontalmente). L'operazione procederà con la tesatura del tirante tramite i dadi (interposti dalle rosette) che potrà essere realizzata sia a freddo (utilizzando una chiave dinamometria seguendo la procedura indicata all'articolo inerente i tiranti trivellati inseriti nella muratura orizzontalmente) che a caldo. Nei casi in cui le piastre esterne a lavoro ultimato, non potessero essere più ispezionabili (affogate all'interno della muratura, intonacate ecc.) queste dovranno essere rese solidali con il tirante che in questo caso si comporrà di due parti unite da un manicotto filettato necessario al fine di effettuare il tiraggio del cavo a freddo. L'utilizzo di manicotti intermedi sarà necessario anche nei casi in cui i tiranti risulteranno particolarmente lunghi.

Specifiche: il tiraggio dei tiranti potrà essere realizzato anche a caldo ovvero; una volta posto in opera il cavo e forzate leggermente le zeppe di contrasto con i capichiave si effettuerà un preriscaldamento (mediante l'ausilio di fiamma ossidrica o con una fiaccola a benzina) nel tratto centrale; il cavo si allungherà per effetto termico, a questo punto, una volta raggiunta la lunghezza indicata dal progetto, si inserirà il sistema di bloccaggio all'estremità dopodiché, bloccando gli ancoraggi il tirante svilupperà la sua tensione raffreddandosi.

I tiranti orizzontali messi in opera sulle pareti più lunghe dovranno essere applicati leggermente sopra a quelli che corrono sulle pareti più corte; inoltre, in presenza di solai sfalsati, i tiranti orizzontali dovranno essere posizionati a metà tra i due. La piastra di ancoraggio potrà essere sostituita da una piastra armata spessa e larga incassata e ammorsata all'interno della muratura. Per maggiori specifiche riguardanti le miscele da iniezione si rimanda a quanto detto all'articolo specifico sulle iniezioni di miscele leganti.

Consolidamento mediante diatoni artificiali

Al fine di consolidare, e legare trasversalmente murature sconnesse, si potrà procedere introducendo all'interno della struttura elementi artificiali (diatoni), di forma cilindrica messi in opera all'interno di fori realizzati mediante l'uso di una carotatrice. La messa in opera di questo tipo di risoluzione potrà essere fatta anche su murature di qualità molto scadente poiché non genera alcuna presollecitazione; la quantità dei diatoni da introdurre all'interno della muratura sarà connessa alla consistenza della muratura stessa. La procedura prevedrà: realizzazione dei fori (f 15 cm) mediante l'uso di una sonda a rotazione, fissata alla muratura in modo da realizzare forature perfettamente orizzontali localizzate in modo da non arrecare ulteriori danni alla struttura (da evitare parti particolarmente fragili esteriormente); l'armatura del diatono verrà realizzata tramite un traliccio a spirale in acciaio inossidabile (AISI 304L o 316L) o passivato (5-6 barre f 8 ed eventuale staffa f 4-6 a spirale) tagliato in base allo spessore della muratura da consolidare inserito all'interno del foro (ricorrendo all'uso di opportuni distanziatori per meglio posizionarlo) e collegato con il controtappo

(munito di foro per garantire l'iniezione della malta e dotato di ferri longitudinali della lunghezza di 10 cm) tramite legatura o saldatura; su entrambe le pareti, le zone adiacenti al foro, dovranno essere sigillate mediante stuccatura in modo da ovviare l'eventuale fuoriuscita della miscela che verrà iniettata, facendo cura di lasciare una piccola fessura nella parete dove avverrà l'immissione della miscela così da consentire il passaggio dell'aria; infine l'intervento terminerà con l'iniezione, tramite una leggera pressione all'interno dell'armatura, di malta fluida (per maggiori delucidazioni al riguardo si rimanda all'articolo inerente le iniezioni di miscele leganti).

Specifiche: questa tecnica risulterà adatta per sopportare sollecitazioni di origine sismica grazie al collegamento monolitico che si verrà a creare tra le due facce del muro.

CONSOLIDAMENTO SOLAI

Premessa metodologica

La peculiarità di ogni intervento indirizzato alla conservazione di un manufatto deve essere quella di riuscire ad "armonizzarsi" con l'esistente. L'intervento deve correlarsi, relazionandosi strettamente all'unicità e particolarità dello stato di fatto e, per questo, quando si tratta di adottare la risoluzione tecnologica è opportuno tenere presente due fattori predominanti: la comprensione della struttura e l'obiettivo finale prefisso.

Le procedure elencate mirano a restituire alla struttura la sua effettiva efficienza statica ricorrendo, se necessario, anche all'apporto di congegni aggiuntivi. I criteri e gli obiettivi da raggiungere sono quelli di rispetto e conservazione della struttura originaria, dei materiali e dell'apparecchio murario pur nell'inevitabile mutazione costruttiva e manutentiva. Il restauro-consolidamento di un orizzontamento si compie riparando le orditure principali e secondarie, eventualmente ammalorate, recuperando le capacità residue nei limiti indicati dal progetto, la resistenza e la rigidità, affinando le connessioni tra le parti componenti il solaio e quelle relative dell'unità costruttiva, aumentando la resistenza e la rigidità della struttura con nuovi dispositivi opportunamente applicati, riattivando o migliorando i collegamenti originari, ricercando una più valida connessione con gli altri sistemi strutturali presenti, nell'economia generale dell'edificio. L'aumento performante potrà risultare efficiente solo se i dispositivi aggiunti e la struttura originaria del solaio, nella sua complessa articolazione dei vari componenti, sono realmente resi solidali e collaboranti.

Le diverse soluzioni menzionate, circoscritte alla categoria di solai lignei ed a quelli a voltine (acciaio e laterizio), sono tutte in grado di rispondere ad esigenze specifiche tra le quali: capacità di irrigidire la struttura consolidandola evitando sostituzioni arbitrarie, non essere eccessivamente invasivi rispettando la conformazione esistente, facilità di comprensione ed esecuzione da parte delle maestranze e costi consoni al caso. Dovrà essere incoraggiata la pratica per cui, ogni tipologia di intervento, sia sempre preceduta e supportata da tutta una serie di verifiche preliminari sulla resistenza meccanica del materiale ed il suo relativo stato conservativo.

Se queste analisi dovessero rilevare che le membrature lignee, a causa delle esigue e/o insufficienti sezioni o del sopraggiunto degrado (e relativa debilitazione) del materiale, non risultassero più in grado di assolvere il loro compito e le notevoli deformazioni o frecce di inflessione non permettessero più un recupero dell'unità strutturale, non resterà che la sostituzione integrale. Si ricorda che in caso di sostituzione questa dovrà essere operata in riferimento ad analisi accertate e non, come spesso accade nella pratica, su sommarie considerazioni visive, in modo così da ovviare l'ingiustificata rimozione di componenti strutturali di interesse architettonico ancora efficienti. La sostituzione degli orizzontamenti lignei, a favore di equivalenti strutture in acciaio o latero-cementizie può implicare (a causa di un diverso peso proprio e di un diverso comportamento statico), gravi sbilanciamenti dell'assetto strutturale globale strettamente connessi, come sovente accade, alla carenza di verifiche strutturali che prendono in esame il comportamento dell'intero organismo.

Le procedure operative di seguito descritte hanno come fine ultimo il consolidamento della struttura mediante accorgimenti di rinforzo che consentono di irrigidirla e, allo stesso tempo, collegarla alle murature perimetrali; il tutto operando in sito, così da non alterare l'assetto statico esistente tra i diversi elementi che compongono il solaio. Lo smontaggio del solaio per eseguirne il

consolidamento, può implicare il venir meno di un equilibrio strutturale intrinseco esistente tra i singoli elementi assestatisi nel tempo e, come tale, possono insorgere delle complicazioni statiche al momento del rimontaggio perciò, gli interventi proposti, al fine di poter ovviare l'insorgenza di simile inconveniente, non prevedono questa operazione.

La comprensione e, la conseguente identificazione delle cause intrinseche ed estrinseche del dissesto della struttura, agevola la scelta della tipologia di intervento più consona e, se necessario, consentono di poterla modificare per meglio adeguarla alle problematiche strettamente correlate al caso specifico.

È opportuno tenere sempre presente che gli interventi su strutture lignee presuppongono una vasta conoscenza di tecniche costruttive passate, di leggi della statica e della resistenza dei materiali lignei (che varia secondo le diverse essenze) pertanto, un'attenta analisi dell'oggetto all'interno del suo contesto, può agevolare il progettista nella scelta del lavoro da eseguire. Indipendentemente dal protocollo operativo adottato esistono tutta una serie di operazioni preliminari, necessarie ed obbligatorie, che occorre attuare prima di iniziare qualsiasi procedura di consolidamento di strutture lignee.

OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO SOLAIO IN LEGNO

Generalità

Le operazioni preliminari, necessarie ed obbligatorie, che l'operatore dovrà compiere prima di iniziare qualsiasi procedura di consolidamento di strutture lignee orizzontali, saranno:

- puntellamento in contromonta (L/300-400) della struttura gravante sugli elementi oggetto di intervento mediante sostegno centrale eseguito con ritti regolabili da cantiere (crisi).
- rimozione dell'eventuale intonaco dalla fascia delle murature interessate all'intervento, successiva rimozione del pavimento e del relativo sottofondo; accurata pulizia degli elementi lignei da consolidare seguendo le indicazioni fornite dal progetto o prescrizioni della D.L. (pulitura manuale con scopinetti spazzole di saggina, aria compressa, impacchi evitando, in ogni caso, operazioni troppo aggressive per il materiale), al fine di asportare gli eventuali strati di pittura, vernici, cere, grassi e polveri presenti sulle parti da trattare;
- identificazione delle cause intrinseche ed estrinseche del dissesto della struttura;
- precisa verifica del quadro patologico dei manufatti lignei.

Appoggi

Allorché si renda necessario conferire una miglior ripartizione del carico che le travi scaricano sulla muratura si potrà inserire un cuscino di appoggio denominato comunemente dormiente, (o banchina) di base più ampia di quella della trave; potrà essere costituito, a seconda dei casi e delle disposizioni di progetto da: tavola singola (o sovrapposizione di due tavole) di legno massiccio di specie particolarmente dura (es. legno di quercia) spessore minimo 100 mm (larghezza minima = h della trave, lunghezza minima = h trave + 10 cm per parte), uno o più mattoni pieni (spessore 55 mm) disposti per piano o un piatto di acciaio inossidabile Fe 430 di spessore minimo 10 mm. Quest'ultima soluzione è spesso la più utilizzata grazie alla modesta demolizione necessaria per inserire la piastra, è sempre consigliabile inserire tra la trave e la piastra un cuscinetto di neoprene.

Irrigidimento mediante doppio tavolato

L'intervento è rivolto ad aumentare l'inerzia della struttura contenendo la freccia elastica; viene, sovente, utilizzato in presenza di strutture complessivamente affidabili dal punto di vista della conservazione dei materiali (tavolato) e del dimensionamento delle parti strutturali (travi) ma che necessitano di un intervento di irrigidimento del piano e del conseguente miglioramento delle caratteristiche di rigidezza. Tecnologia utilizzabile anche in zona sismica unitamente ad altri accorgimenti atti a garantire il collegamento tra solaio e muri perimetrali.

Dopo aver eseguito uno scrupoloso controllo dello stato di conservazione dell'assito preesistente, integrando le eventuali parti deteriorate ed effettuando un'operazione di chiodatura per fermare le parti distaccate, si procederà a disporre il nuovo tavolato di irrigidimento dello spessore minimo di

30-40 mm, eventualmente ammorzato con incastro a linguetta, tenone o a battuta semplice; si dovrà utilizzare un'essenza meno deformabile di quella originale, ed il materiale dovrà essere perfettamente stagionato (a seconda delle scelte di progetto si potranno utilizzare tavolati di legno di abete o di douglas). Il tavolato dovrà essere aderente a quello esistente ed ordito rispetto a questo in senso ortogonale od incrociato (in diagonale) e collegato (sempre ortogonalmente) con viti autofilettanti di acciaio inossidabile o chiodi inox filettati o scanalati (il diametro e la lunghezza saranno in funzione della specie e dello spessore del legno; in ogni caso la lunghezza varierà dai 150 ai 400 mm e il f non sarà inferiore ai 4 mm) e con collanti resistenti all'umidità. In assenza di altre specifiche di progetto la chiodatura sarà eseguita ad angolo retto rispetto al piano (mediante trapani per chiodature oppure manualmente) e fino ad una profondità tale che la testa dei chiodi (di norma paria a 2,5 f del chiodo) sia al livello della superficie del nuovo tavolato. La spaziatura minima tra i chiodi, senza preforatura nel singolo elemento ligneo sarà di 10 f per f inferiori od uguali a 4 mm o di 12 f per f maggiori a 4 mm per chiodature parallele alle fibre del legno, 5 f per chiodature ortogonali alle fibre del legno (l'interasse massimo tra i chiodi posti parallelamente alla fibratura sarà di 40 f mentre, per quelli infissi ortogonalmente alla fibratura, sarà di 20 f).

I chiodi con f inferiori a 6 mm verranno infissi nel legno senza preparazione del foro; per diametri maggiori è opportuno preparare il foro con trapano munito di punta inferiore al diametro del chiodo stesso; per tale motivo è consigliabile utilizzare chiodi con diametro intorno ai 4-5 mm.

In alternativa alle tavole potranno essere utilizzati pannelli di compensato multistrato (dimensioni massime pannello 3050x3050 mm, spessore minimo consigliato 22 mm, con struttura simmetrica composta da almeno 7 fogli di impiallaccio in pino europeo e abete rosso) per usi strutturali (del tipo bilanciato ovverosia le direzioni delle fibre saranno ruotate reciprocamente in modo perpendicolare), questi pannelli si collegheranno facilmente ed efficacemente con bordi sagomati a becco di flauto. Il tavolato sarà, infine, ammorzato alle murature perimetrali demolendo l'intonaco corrispondente alla sezione di contatto ed interponendovi cunei di legno duro od altri dispositivi previsti dal progetto. Si dovrà provvedere a livellare perfettamente il nuovo piano, recuperando le eventuali differenze con l'aiuto di idonei spessori, prima della posa in opera della nuova pavimentazione che verrà, preferibilmente, fissata a colla per avere un'efficace posa sull'assito e, allo stesso tempo, evitare la presenza di massetto.

Consolidamento mediante sezioni miste

Il dimensionamento e la verifica dei solai misti legno-clc dovrà essere eseguito seguendo un criterio di calcolo che tenga conto della deformabilità della connessione (Eurocodice 5, UNI ENV 1995 e norma DIN1052 teoria di Möhler).

Nel caso in cui i solai lignei non siano più nelle condizioni di assicurare la portata minima di esercizio, si potranno impiegare tecniche a sezione mista (legno-acciaio-calcestruzzo). Lo scopo principale, oltre a quello di irrigidire ed accrescere la resistenza del solaio, sarà quello di effettuare la coesione legno calcestruzzo in modo tale che la sezione mista, in fase di esercizio, non presenti scorrimenti ed agisca uniformemente. Nel caso in cui il clc e il legno siano a diretto contatto, il connettore (acciaio) lavorerà principalmente a taglio dando vita ad un collegamento molto rigido che potrà trovare il suo limite nell'inevitabile fenomeno di rifollamento del foro. Se, invece, non esisterà un contatto diretto (ad esempio il tavolato sovrastante la trave non viene rimosso) il connettore lavorerà a taglio e a flessione e si realizzerà un collegamento meno rigido dove non saranno esclusi scorrimenti di una certa natura.

Durante le fasi di lavoro e fino a maturazione dei getti di calcestruzzo, sia per la sicurezza sia per ottenere la massima funzionalità, si renderà indispensabile puntellare opportunamente le travi di legno: in tal modo anche i pesi propri verranno sopportati dalla trave composta; sarà, altrettanto, opportuno, quando possibile, imporre alle travi una controfreccia iniziale mediante puntelli supplementari.

Il calcestruzzo utilizzato dovrà obbligatoriamente essere di tipo strutturale, utilizzando come leganti solo ed esclusivamente cementi (ad es. R 325 o R 425) con Attestato di Conformità (DM 12/7/99 n. 314) ed aggregati silicei; potrà essere alleggerito con argilla espansa o vermiculite espansa di

granulometria 1-8 mm (impasto tipo: 3 q cemento R 325, 0,40 m³ di sabbia, 1 m³ di argilla espansa), peso massimo asciutto in opera di 1600 kg/m³ (comunque non inferiore a 1400 kg/m³), resistenza media a compressione di 30 N/mm² (in ogni caso non inferiore a 25 N/mm²), classe di lavorabilità (slump) S3 (semifluido) rapporto acqua-cemento $\leq 0,65$, classe 0 di resistenza al fuoco, conducibilità termica media 0,54 W/mK (comunque non inferiore a 0,42 W/mK valore secondo UNI 10351), modulo elastico medio 20000 N/mm² (in ogni caso non inferiore a 15000 N/mm²).

Connettore inghisato a piolo o a traliccio

Previa verifica sullo stato di conservazione del legname oggetto di intervento il rinforzo della struttura avverrà mediante connettori metallici (tecnica "Turrini Piazza") costituiti da barre tonde di acciaio inossidabile o zincato (quando non fosse indicato, sarà sufficiente utilizzare Fe B 38 K altrimenti si utilizzerà Fe B 44 K) da c.a. ad aderenza migliorata, piegate ad "L" con l'ala (disposta sull'estradosso di lunghezza di circa 60-80 mm) rivolta verso l'appoggio più vicino al fine di contrastare, con la propria resistenza a trazione, le sollecitazioni tangenziali causate dallo scorrimento longitudinale che opera nel piano di contatto legno-cls. In alternativa si potranno utilizzare vitoni tirafondi da legno (DIN 571) di lunghezza di circa 200-300 mm e diametro 10-12 mm da utilizzare da soli o con saldati, ortogonalmente, degli spezzoni di tondo liscio da cemento armato lungo circa 10-150 mm.

La prima operazione sarà quella di regolarizzare i travicelli ovverosia si taglieranno le loro estremità poggianti sulla trave lasciandone l'appoggio di 3-4 cm per ogni lato della trave dopodiché si procederà all'eventuale nuova chiodatura della struttura secondaria alla trave ed infine, per contenere lateralmente la fuoriuscita del getto, se il soffitto non è munito di apposite bussole (copripolvere o metope), si potrà provvedere mettendo in opera delle tavolette verticali ovvero delle mezzane in cotto tra gli elementi dell'ordito secondario fino alla quota dell'estradosso del tavolato o dello scempiato di pannelle.

Compiute le operazioni preliminari si procederà, tramite un trapano, a praticare dei fori secondo le profondità (di norma circa i 2/3 della altezza della trave e comunque non inferiori a 10 f mm del connettore scelto); le inclinazioni (di norma perpendicolari all'asse della trave ma sarà possibile compiere anche perforazioni inclinate), il numero e le posizioni prescritte dagli elaborati di progetto. Seguirà l'aspirazione dei trucioli dal foro, l'iniezione con resina e l'inserimento immediato del connettore. I fori di diametro di circa 14-18 mm (f consigliato = f connettore + 2-4 mm) e i conseguenti connettori (f 10-12-14 mm) saranno disposti più ravvicinati nelle sezioni limitrofe agli appoggi, dove gli scorrimenti sono maggiori, e più distanziati nella mezzeria delle travi. Si dovrà tenere presente che, laddove occorrerà inserire connettori molto ravvicinati (l'interasse, consigliato, tra i connettori sarà compreso tra gli 8 f mm e i 15 f mm della barra scelta; tale distanza potrà essere aumentata fino a 30 f mm per i connettori autoserranti per ovvi motivi costruttivi) si dovranno posizionare lievemente sfalsati rispetto all'asse longitudinale della travatura per eludere possibili effetti di spacco. Il numero ed il diametro dei connettori dovranno essere calcolati in funzione della forza di taglio, ovvero di scorrimento lungo l'asse geometrico della trave. Se il progetto prevede la possibilità di sollevamento della soletta o si voglia aumentare la rigidità della connessione è consigliabile posizionare doppi connettori autoserranti (infissi inclinati nei due sensi rispetto al piano longitudinale) così da avere resistenza anche a sforzo normale (comportamento assiale).

Dal momento che la pressione del connettore sulla trave, ovverosia di un materiale duro su di uno tenero, può presentare l'inconveniente di allargare ed allentare la sede del connettore (fenomeno di rifollamento) con conseguente diminuzione di solidarietà tra i due elementi i fori di accoglienza dovranno essere sigillati mediante riempimento adesivo epossidico a consistenza tissotropica (caratteristiche meccaniche medie: resistenza a trazione 18-20 N/mm², resistenza a compressione 45-55 N/mm², resistenza a flessione 30-60 N/mm², modulo elastico 4000 N/mm²) costituito da due componenti predosati che dovranno essere miscelati tra loro prima dell'uso (componente A = resina, componente B = indurente). Si ricorda, che, prima di inserire i connettori, dovranno già essere stati posizionati sia la rete in acciaio elettrosaldato Fe B 38 K adeguatamente dimensionata

(per es. tondi f 6 mm e maglia 100x100 mm) sia i teli di polietilene impermeabile all'acqua del cls, ma traspiranti al vapore, per evitare di bagnare il tavolato o le mezzane sottostanti durante il successivo getto. Passate 24 ore dalla sigillatura dei connettori, si eseguirà la gettata della soletta collaborante (seguendo le indicazioni di progetto) per uno spessore minimo di 4 cm. Dal momento che la parte mediana della caldana, tra una nervatura e l'altra, collabora solo per continuità sarà possibile effettuare un getto con calcestruzzo strutturale alleggerito.

In alternativa al sistema "Turrini Piazza" si potrà utilizzare un connettore continuo (tipo LLEAR®), per tutta la luce della trave, costituito da una barra nervata in acciaio inossidabile o zincato Fe B 44 K, dimensionata seguendo indicazioni di progetto (minimo f 12 mm), sagomata a zig-zag (con passo di 400 mm) ovvero a greca. Si procederà, prima alla creazione di una scanalatura, (poco profonda sull'estradosso della trave mediante una lama circolare montata su un carrello-guida a doppio binario) successivamente, secondo i disegni di progetto, si approfondirà la fessura (dim. circa 14x60 mm) mediante l'utilizzo di sega a catena montata sul medesimo carrello-guida.

Il traliccio (di altezza variabile dai 150 ai 200 mm, con una fuoriuscita superiore di circa 7-10 mm a seconda dell'assito o scempiato presente) sarà inserito all'interno della scanalatura della trave ed a questa solidarizzato mediante una colata di resina epossidica. La procedura si terminerà con il posizionamento di una rete in acciaio elettrosaldato Fe B 38 K adeguatamente dimensionata (per es. tondi f 6 mm e maglia 100x100 mm) ed il successivo getto della soletta collaborante per uno spessore minimo di 4 cm.

Specifiche sull'acciaio: per i connettori in alternativa all'acciaio inossidabile o zincato, si potranno utilizzare barre di acciaio normale preventivamente trattate con boiaccia passivante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile bicomponente (A = miscela di cemento polveri silicee e inibitori di corrosione, B = polimeri in dispersione acquosa; rapporto tra A e B variabile da 2:1 a 3:1); le caratteristiche minime della boiaccia dovranno essere: adesione all'armatura ed al cls > 2,5 N/mm², resistenza alla nebbia salina dopo 120 h nessuna corrosione, pH > 12, tempo di lavorabilità a 20°C e 50% U.R. circa 40-60 min.

Connettore "a secco" avvitato a piolo o a lastra

Al fine di posizionare i connettori a piolo con piastra si potrà procedere tramite due soluzioni: foratura del tavolato esistente tramite una fresa o una sega a tasca (di diametro sufficiente a inserire la piastra, minimo 65 massimo 90 mm), oppure con un taglio del tavolato per creare una fascia continua sull'estradosso della trave; questa seconda soluzione si adotta anche in presenza di scempiato in cotto. Un accorgimento da prendere in caso di solaio a doppia orditura è quello di chiudere, per mezzo di listelli in legno, gli spazi liberi tra i travetti, fino alla quota di estradosso del tavolato, allo scopo di evitare la fuoriuscita del getto.

Il connettore a piolo, che presenta un rigonfiamento della testa per un diametro di circa 18-20 mm, sarà collegato tramite stampaggio e ricalco a freddo alla piastra (spessore circa 4 mm) munita di 4 ramponi agli angoli che si inseriranno nel legno per una decina di millimetri e di 2 fori per il fissaggio alla trave previo posizionamento sul tavolato di telo separatore impermeabile ma traspirante al vapore, (al fine di proteggere il legno dall'assorbimento di acqua ed evitare l'eventuale percolazione di boiaccia nell'intradosso); seguendo le indicazioni prescritte dal progetto o richieste dalla D.L. si posizioneranno i connettori a piolo f 12 mm in acciaio zincato a freddo (altezza gambo variabile da un minimo di 30 mm ad un massimo di 200 mm), con viti tirafondi (DIN 571) di lunghezza variabile da un minimo di 70 mm ad un massimo di 120 mm ed una rete elettrosaldato di acciaio Fe B 38 k adeguatamente dimensionata (ad es. tondi f 6 mm e maglia 100x100 mm) munita di distanziatori per consentire il completo avvolgimento della stessa da parte della soletta.

Si procederà, infine, al getto della soletta collaborante con calcestruzzo avente i requisiti richiesti dagli elaborati di progetto ma, in ogni caso, con uno spessore minimo di 4 cm ed una resistenza minima di 250 Kg/cm².

In alternativa al connettore a piolo (puntiforme) si potranno adoperare altri connettori (continui) a lastra con profilo ad omega (W) o delta (D) (tipo LPR®) con ali laterali, opportunamente

dimensionati come da richiesta dei disegni e calcoli di progetto. Il profilato in acciaio zincato a caldo sarà traforato al fine di permettere la penetrazione del calcestruzzo anche all'interno; come quello a piolo anche questo connettore verrà fissato "a secco" mediante doppie viti mordenti (DIN 571) sull'estradosso della trave (è consigliabile preforare l'arcareccio con punta da 5 mm prima di avviare le viti); l'operazione di ancoraggio traliccio-trave risulterà, così, estremamente semplice e non necessiterà di manodopera specializzata. Nello spazio libero tra le nervature potranno essere posati pannelli di materiale isolante, con funzione di alleggerimento della caldana in calcestruzzo ed isolamento termoacustico. In caso di messa in opera di tralici di h 40 mm la soletta avrà un'altezza pari a 50-90 mm; se, invece il traliccio sarà di 60 mm la soletta prenderà più consistenza fino ad arrivare ad una altezza di 80-120 mm. Queste lastre dovranno essere alloggiare all'interno di modesti scassi (circa 70-100 mm) eseguiti della muratura d'ambito; in presenza di solai contigui e complanari si potranno collegare i due orizzontamenti con il medesimo connettore così da garantire, oltre alla resistenza meccanica del singolo, anche la massima continuità strutturale.

Il traliccio con profilo ad omega potrà essere utilizzato anche in presenza di scempiato di pannelle: il traliccio sarà montato rovescio, gli ancoraggi con viti (DIN 571) saranno più frequenti e verranno posizionati sulla testa del profilo.

Consolidamento mediante aumento della sezione

Allorché si renda necessario aumentare la sezione portante di una trave in zona compressa è possibile operare mediante il posizionamento, sull'estradosso dei travicelli, di una tavola collaborante, in legno (massiccio, lamellare o multistrato, in caso di utilizzo di legno massiccio si preferiranno essenze più resistenti quali larice e faggio), preferibilmente a tutta luce, di spessore e larghezza dettati da disposizioni di progetto od indicazioni fornite dalla D.L. (in ogni caso non inferiore a 40 mm di spessore per una larghezza minima di 250-300 mm). Questo "piatto ligneo" verrà collegato alla trave principale per mezzo di un'anima costituita da tasselli di legno (massiccio, lamellare o multistrato) di adeguate dimensioni che verranno posizionati nello spazio vuoto tra i travicelli dell'orditura secondaria. La collaborazione tra questi elementi (piatto-anima-trave) verrà fornita da viti autofilettanti di acciaio inossidabile f 10 mm di lunghezza di 250 mm ad interasse di 500-600 mm, o in alternativa da viti f 8 mm di lunghezza di 200 mm disposti su due file.

I vantaggi di un sistema di questo tipo risiedono nei benefici strutturali di una sezione a doppio "T" rispetto a quella rettangolare inoltre, è una soluzione completamente "a secco" la cui messa in opera non produce alterazioni all'intradosso; grazie all'estrema facilità di esecuzione, non necessita di maestranze specializzate (vantaggio di grande importanza con l'aumentare del valore dell'edificio) ed è completamente reversibile.

Ancoraggio delle travi alle murature tramite piastre metalliche

In linea di massima tutte le travi principali dovranno essere collegate alla muratura, ma in sede di progetto-verifica, si potrà anche stabilire un'alternanza fra travi collegate e non. Si procederà ad eseguire un foro passante, mediante strumento a rotazione, dall'interno verso l'esterno, con asse sul piano, su di una faccia o su di un bordo della trave da ancorare, seguendo le prescrizioni di progetto o indicazioni della D.L.

Il collegamento avverrà per mezzo di piatti di acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L dentati, disposti sui bordi o sulle facce per un lato o per entrambi, di sezione (minima 5x80 mm) e lunghezza variabile definite dagli elaborati di progetto. In ogni caso la lunghezza dovrà essere adeguata al fine di poter ottenere un efficace ancoraggio nella muratura e comunque non inferiore agli 80 cm oltre l'estremità della trave d'ancorare. Posizionato l'apparecchio metallico si riempirà il foro mediante calcestruzzo di calce idraulica o altra malta prescritta dal progetto. Le lame potranno essere ancorate all'esterno delle murature tramite delle piastre in acciaio (tenuta in sottoquadro di circa 10-15 cm così da non modificare l'aspetto dell'apparecchio esterno), di dimensioni dettate dai disegni di progetto, comunque non inferiori a 10x200x200 mm (che dovranno poggiare su basi perfettamente spianate con malta idraulica pozzolanica), che ospiteranno i capochiavi dei piatti sui

quali, precedentemente, sarà stata eseguita un'asola (dim. medie 50x40 mm) di sezione adeguata a ricevere i cunei tenditori (dim. medie 40x50x160 mm).

In alternativa si potrà saldare alle lame una barra filettata, così da poterle ancorare, alle piastre ripartitrici (simili a quelle precedenti) per mezzo di dadi e rosette di acciaio. Il piatto sarà munito, dalla parte della trave, di un rampone da infilare ad incastro nel legno e verrà fissato alla trave tramite tirafondi filettati di acciaio inossidabile f 10-12 mm di lunghezza media di 120-150 mm ad una distanza di circa 150 mm.

Questa tecnica potrà anche essere utilizzata per la controventatura e l'irrigidimento di tutto il piano del solaio. Individuate le diagonali della struttura si procederà all'esecuzione di perforazioni di dimensioni adeguate da permettere il passaggio del tirante. In corrispondenza dei fori di uscita dovrà essere predisposto un piano per l'appoggio della piastra di ancoraggio. Seguendo le indicazioni di progetto il fissaggio dei tiranti alla piastra potrà avvenire o con cunei o con dadi. I tiranti posti in tensione preventivamente saranno collegati a ciascuna trave per mezzo di cravatte metalliche ripiegate ad "U" e bullonate.

Ancoraggi dei solai alle murature d'ambito

Il restauro-consolidamento di un solaio dovrà soddisfare oltre ai requisiti di adeguata resistenza ai carichi previsti dal progetto e rigidità trasversale del proprio piano, (al fine di funzionare come diaframma di collegamento e ripartizione tra le strutture verticali) quelli di un efficace ancoraggio e collegamento con le murature perimetrali di supporto del solaio stesso agli effetti della trasmissione degli sforzi.

Collegamento mediante profilati in ferro

L'intervento prevede l'uso di profilati metallici ad "L" o a "T" Fe 360 o Fe 430 (per es. 60x80x8 mm) di forte spessore (8-10 mm) bullonati a "spilli filettati" da collocare all'intradosso in caso di solai caratterizzati da pavimentazioni di pregio da conservare o, più spesso, in estradosso, nel caso di solaio a cassettoni, travi affrescate o, più semplicemente, in caso di smontaggio dell'estradosso dovuto ad un'operazione di consolidamento "globale" del solaio. In entrambi i casi l'angolare verrà fissato per tutta la muratura d'ambito per mezzo di barre filettate AISI 316L f 16 mm inghisate in fori f 26 mm orizzontali o inclinate a 45° sul piano del muro, alternativamente verso destra e verso sinistra in funzione alla dimensione e durezza della muratura per una lunghezza minima di 20 cm. Si sottintende che il profilato, prima della sua messa in opera, sia stato preventivamente forato. La sigillatura delle barre avverrà mediante betoncino reoplastico a ritiro compensato o miscela a base di resina epossidica bicomponente. In caso di profilato da porre nell'intradosso del solaio ogni testa di trave sarà incassata in una gola metallica che verrà saldata al profilato ad "L". Le travi saranno vincolate alle gole tramite vincolo a cerniere fornito da bullonatura passante f 10 mm. In alternativa si potrà collegare la trave direttamente al profilato per mezzo di barre filettate in acciaio inossidabile inghisate nel legno con resina epossidica a consistenza tissotropica vincolate al profilato mediante dado cieco in acciaio. In caso di profilato posto sull'estradosso questo verrà più semplicemente saldato alla rete elettrosaldata della soletta in cls.

Questo tipo di intervento sarà possibile e consigliabile solo in presenza di murature costituite da blocchi lapidei squadrati o sbazzati costituiti da pietrame omogeneo di resistenza a compressione media o con murature in laterizio.

In caso di solai complanari e contigui, muniti entrambi di questo tipo di cordolo, sarà conveniente collegare i due cordoli con apposite barre filettate passanti vincolate con doppi dadi, così da garantire anche una continuità strutturale tra le due unità.

Collegamenti fra solai complanari e contigui

L'intervento si pone di garantire la massima continuità strutturale fra solai che, pur essendo complanari e contigui, non sono collegati tra loro. La casistica potrà essere semplificata in due gruppi:

- a) solai con orditure tra loro parallele (unione sul lato della luce, sul lato della testa delle travi, travi attestate, travi sfalsate),
- b) solai con orditure tra loro perpendicolari.

Le procedure d'intervento sono molto simili a quelle utilizzate per le connessioni del solaio con le murature perimetrali, ad eccezione di alcune varianti dettate dalle diverse particolarità.

Nei casi di collegamento sul lato della luce (su solai con orditure parallele) ogni collegamento tra i vari solai avverrà al livello dell'estradosso del tavolato esistente mediante l'ancoraggio (con viti tirafondi) di una coppia di piatti di acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L o zincato a caldo (sezione minima 8x80 mm) che si incroceranno ad "X" all'interno della muratura formando un angolo di circa 60 gradi. I collegamenti avverranno ogni 2-2,5 m ovvero seguendo le prescrizioni di progetto o le indicazioni della D.L. Questa soluzione si adotterà anche nei casi di solai con orditure tra loro perpendicolari. In alternativa alle piastre si potranno utilizzare delle barre in acciaio Fe B 44 K inossidabile o zincato (in alternativa si potrà utilizzare acciaio normale preventivamente trattato con boiaccia passivante anticarbonatante) da c.a. ad aderenza migliorata f 14 mm da saldare alla rete elettrosaldata della soletta.

Nei casi di collegamento sul lato della testa delle travi con travi attestate l'unione avverrà tramite una staffa metallica di acciaio inossidabile o zincato piatta (sezione minima 5x50 mm) passante nella muratura ed ancorata alle travi sulla faccia superiore o su quella laterale. Di norma, salvo prescrizioni particolari di progetto, l'intervento verrà eseguito su tutte le travi; le piastre dovranno essere collegate ad ogni estremità per una lunghezza non inferiore a 40 cm mediante idonea chiodatura (minimo due viti tirafondi intervallate da 15 cm per ogni testa).

Nei casi di collegamento sul lato della testa delle travi con travi sfalsate si potrà procedere collegando ogni singola trave alla muratura come già illustrato, preferendo l'attacco a piastra per evitare il più possibile le opere di demolizione della muratura; in alternativa, se le travi sono in adiacenza si potranno collegare mediante staffatura metallica (in acciaio inossidabile o zincato sezione minima 5x50 mm) da inserire tra trave e trave fermata, con viti tirafondi distanziate ogni 15 cm, alla trave da una controstaffa di adeguate dimensioni.

Rigenerazione di testate di travi

La rigenerazione delle testate delle travi verranno realizzate con l'esecuzione di procedure e tecniche (ricostruzione mediante protesi in legno e ricostruzione mediante concrezioni epossidiche ed elementi di rinforzo) previste all'articolo sulla rigenerazione di testate di travi e nodi di incavallature.

CONSOLIDAMENTO SOLAIO IN FERRO E LATERIZIO

Generalità

Prima di effettuare qualsiasi intervento di consolidamento di strutture in ferro dovranno essere effettuate una serie di procedure preliminari simili a quelle previste per i solai in legno. Nel caso si debba ricorrere allo smontaggio dell'estradosso del solaio, sarà buona norma assicurarsi che le putrelle in ferro, che costituiscono la struttura primaria del solaio, non possano spostarsi reciprocamente nel senso orizzontale durante l'operazione. Questo potrà essere ovviato mettendo in opera un sistema di presidio temporaneo molto semplice ma altrettanto efficace che consisterà nel collegare, provvisoriamente, le travi sull'intradosso saldandovi tre barre in acciaio (una in mezzeria e due ai bordi degli appoggi). Una volta assicurata la distanza fissa tra le travi si potrà procedere, allo smontaggio manuale della struttura soprastante le putrelle (pavimento, sottofondo materiale di riempimento) fino al rinvenimento della sua ala e dell'estradosso del piano di laterizio; si demolirà anche una striscia perimetrale di intonaco per una altezza di circa 15-20 cm. Si procederà, quindi, alla pulitura al metallo bianco dei profilati con mola a smeriglio o con sistemi indicati da prescrizioni di progetto, al fine di rimuovere qualsiasi residuo di malta o ruggine.

Appoggi

Nel caso in cui si ritenga non sufficiente la lunghezza della trave o si voglia ripartire meglio il carico sulla muratura, si potrà posizionare sotto l'ala inferiore della putrella una robusta piastra metallica (spessore minimo 10 mm) in acciaio inox Fe 430 di dimensioni minime 200x200 mm, fissata alla trave per mezzo di cemento espansivo ad alta resistenza.

Consolidamento mediante piatto metallico

L'intervento si pone l'obiettivo di evitare la genesi di lesioni sulla linea di chiave delle voltine, in laterizio, dissesto sovente causato sia dal profilo estremamente ribassato delle voltine sia dal distanziamento reciproco tra i profilati.

L'intervento prevedrà, pertanto, la messa in opera di un piatto in acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L o zincato a caldo (sezione minima 8x80 mm) posto in mezzera e saldato sull'ala delle travi. Nel caso in cui l'ala si dovesse trovare ad una quota inferiore rispetto alla chiave della voltina si disporranno, sopra la trave, dei distanziatori costituiti da blocchetti in acciaio zincato di adeguata altezza. Il piatto sarà ancorato alla muratura d'ambito attraverso una piastra di acciaio (di dimensioni dettate dai disegni di progetto, comunque non inferiori a 10x150x150 mm) da annegare nella muratura o in alternativa potranno essere saldati due monconi di acciaio Fe B 44 K inossidabile da c.a. ad aderenza migliorata (minimo f 14 mm) piegati e divergenti da annegare nella muratura.

Miglioramento del collegamento del solaio ai muri d'ambito

L'intervento si pone lo scopo di migliorare le inadeguatezze negli appoggi e negli ancoraggi con le murature. Sovente, infatti, le teste delle travi (in caso di evento sismico, o perché irrisoriamente infisse nelle murature, o per la conseguenza di eventuali dilatazione o di vibrazioni, od infine, per disgregazione del legante) presentano la propensione a sfilarsi non risultando più solidali con le murature; inoltre non di rado risulta essere assente l'unione nei lati paralleli all'orditura, ad eccezione di un appoggio diretto, e spesso instabile, dell'ultimo elemento in laterizio sull'apparecchio appena scanalato per ricavarvi un minimo alloggiamento.

Collegamento della singola trave

Il protocollo operativo si basa sul metodo del "grip-round" con delle leggere modifiche dovute alla diversa tipologia del solaio. Sarà prevista l'esecuzione di uno scasso nella muratura al fine di liberare la trave per un intorno minimo di 15-20 cm ai lati e all'estradosso. Previa accurata pulitura si salderanno (saldatura a cordone d'angolo Fe 430) all'anima degli spezzoni di tondo di acciaio inox Fe B 44 K ad aderenza migliorata (minimo 4 f 14/600 mm) opportunamente uncinati che costituiranno il collegamento tra la trave e la muratura perimetrale.

In alternativa si potrà saldare all'ala dei ferri precedentemente piegati ed inghisati (minimo 2 f 14/1200 mm in f 34 mm) nella muratura in fori inclinati di 45° rispetto al piano del solaio e sigillati con malta reoplastica antiritiro o di resina epossidica a consistenza tissotropica seguendo le prescrizioni di progetto o indicazioni della D.L.

In entrambe le soluzioni i ferri dovranno sovrapporsi alla trave per non meno di 40 cm oltre l'appoggio; previa abbondante bagnatura e con l'ausilio di eventuale cassetta lignea, si procederà prima al riempimento dello scasso (è consigliabile che questa procedura venga eseguita e completata per ogni singola trave prima di passare alla successiva, onde evitare lesioni sia al solaio che alla muratura di appoggio) e, successivamente, al getto della soletta (spessore minimo 4 cm) seguendo i requisiti richiesti dagli elaborati di progetto.

Collegamento continuo

In alternativa a collegare ogni singola putrella si potrà procedere ad un ancoraggio continuo perimetrale di tutte le travi con la muratura d'ambito mediante la messa in opera sull'estradosso del solaio (o in presenza di pavimenti di particolare pregio sull'intradosso) di un profilo ad "L" in acciaio inossidabile Fe 360 di forte spessore (minimo 8-10 mm) di dimensioni opportune (ad es.

80x120x10 mm) dettate dai disegni di progetto. L'angolare verrà ancorato alle travi per mezzo di saldature a cordone d'angolo Fe 430 (se sarà necessario si potranno utilizzare spessori in acciaio inox, anch'essi saldati, al fine di eliminare eventuali differenze di quote) e vincolato alla muratura per mezzo barre filettate AISI 316L f 16 mm inghisate in fori f 26 mm seguendo la procedura già esposta negli articoli del consolidamento di solai in legno.

CONSOLIDAMENTO STRUTTURE VOLTATE

Premessa metodologica

Il consolidamento delle strutture voltate dovrà avvenire in riferimento alle primarie istanze di sicurezza e conservazione; appurata l'efficienza statica dei piedritti di sostegno delle volte l'intervento dovrà essere sostanzialmente localizzato a ristabilire o a consolidare la continuità strutturale dell'elemento e, l'eventuale, contenimento dell'azione spingente sui sostegni verticali. La scelta della metodologia d'intervento su questo tipo di strutture dovrebbe riuscire a coniugare l'esigenza di sicurezza strutturale e, allo stesso tempo, cercare di non stravolgere la configurazione spaziale della struttura voltata. Le opere di consolidamento indirizzate alla ricostruzione della continuità strutturale vengono attuate generalmente quando, a causa di dissesti di varia natura e di una certa entità o a causa di mutate condizioni di carico o per eccessivo degrado dei materiali componenti, la struttura non risulta più idonea ad adempiere il suo ruolo strutturale manifestandolo, in molti casi, l'alterazione dello stato di equilibrio originale con l'apparizione di fessurazioni e, in casi limite, anche con il distacco di parti costituenti. Gli interventi in questo caso possono essere diversi e la loro applicazione potrà essere fatta attraverso il consolidamento messo in opera nella parte estradossale o intradossale ricorrendo ad opportune ed idonee tecnologiche che prevedono la messa in opera di materiali di sostegno e di rinforzo. Le tecniche sviluppate di seguito, non ottempereranno la possibilità di operare un consolidamento attraverso lo smontaggio e, la ricomposizione della struttura voltata seguendo la stessa tecnica costruttiva adoperata in origine, sostituendo le parti ammalorate con elementi nuovi simili e compatibili a quelli originali e allo stesso tempo operando il consolidamento dell'intera struttura durante la fase di rimontaggio. Questa risoluzione, per ovvie ragioni, dovrà implicare la perfetta conoscenza delle tecniche antiche ma soprattutto la comprensione profonda delle diverse fasi operative cercando di capire i limiti connaturati con la risoluzione al fine di evitarli e superarli attraverso accorgimenti consoni al caso.

OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E PIETRA)

Generalità

Prima di mettere in pratica qualsiasi procedura di consolidamento, che di seguito verrà enunciata, sarà opportuno seguire delle procedure e delle verifiche indirizzate alla conoscenza dell'unità voltata oggetto d'intervento; queste operazioni inoltre salvaguarderanno l'integrità di ogni singolo elemento che compone l'unità strutturale, e creeranno le condizioni atte a garantire la corretta esecuzione e l'efficacia dell'intervento.

Verifiche preliminari

- a) riconoscimento ed identificazione dello schema di funzionamento statico del sistema voltato;
- b) analisi dei materiali e della funzione strutturale dei singoli elementi;
- c) accertamento delle caratteristiche fisiche e meccaniche della volta e dei singoli elementi che ne fanno parte;
- d) analisi del quadro fessurativo e conseguente studio del degrado;
- e) valutazione complessiva del comportamento dell'unità strutturale.

Stuccature preliminari

Si procederà alla stuccatura con malta idraulica di tutte le eventuali lesioni o soluzioni di continuità localizzate all'intradosso della volta seguendo le prescrizioni della D.L.

Puntellatura

Tutta la volta oggetto d'intervento dovrà essere preventivamente sostenuta da un sistema di centine simile a quello utilizzato per la costruzione; si dovrà, inoltre, provvedere alla messa in opera d'adequate sbatacchiature al fine di contrastare la spinta di volte contigue. In presenza di porzioni di

volte affrescate, ovvero decorate, a contatto con i puntelli, queste dovranno essere protette con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L.; si ricorda, inoltre, che le opere di sostegno dovranno insistere su un piano di appoggio assolutamente sicuro.

Rimozione materiale inerte

Tutto il materiale (pavimento, sottofondo, eventuale piano di posa, materiale di rinfiacco) sovrapposto alla volta dovrà essere rimosso; questa operazione dovrà essere effettuata manualmente e dovrà avanzare (per strati paralleli e successivi fino al vivo dell'estradosso della volta) a partire dalla zona di chiave fino ad arrivare all'esterno della volta facendo attenzione di conservare l'integrità dei materiali. Secondo la tipologia di volta la rimozione seguirà direzioni differenti: nelle volte a botte si procederà per tratti di uguale dimensione a partire da entrambi i lati della generatrice superiore fino a raggiungere i rinfiacci; nelle volte a padiglione ed a crociera, si inizierà dal centro proseguendo lungo i quattro fronti, seguendo le generatrici in quella a padiglione, o seguendo la direzione degli anelli in quella a crociera, fino a giungere il livello di imposta (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo specifico sullo smontaggio delle strutture voltate).

Pulizia dell'estradosso

Si eseguirà la pulitura rimuovendo (mediante spazzole di saggina, raschietti, aria compressa aspiratori od altri sistemi ritenuti idonei dalla D.L.) le malte leganti degradate, i detriti che si presenteranno aridi ed inconsistenti e tutto ciò che potrebbe in qualche modo ostacolare le successive operazioni di consolidamento.

Consolidamento mediante posa in opera di rinfiacci cellulari (frenelli)

L'intervento si pone il fine di alleggerire la spinta attraverso l'asportazione delle masse non strutturali di rinfiacco, più o meno pesanti, che insistono sulla volta (in condizioni statiche questo materiale incoerente stabilizza le reni impedendone l'innalzamento) e nel ristabilire l'equilibrare della curva delle pressioni interne attraverso la messa in opera di frenelli (muretti leggeri e di modesto spessore) localizzati ortogonalmente alle generatrici delle falde cosicché si possano distribuire omogeneamente i carichi e, allo stesso tempo, irrigidire complessivamente il sistema volta.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari si procederà alla raschiatura e spazzolatura dei giunti di malta della volta sull'estradosso, dopodiché si passerà all'esecuzione di una sottile cappa tramite boiaccia di malta a base di calce idraulica naturale (eventualmente additivata con pozzolana o cocchio pesto) al fine di "saturare" gli eventuali giunti sconnessi fra gli elementi lapidei o laterizi. A presa avvenuta si provvederà, seguendo le indicazioni di progetto (dove dovranno essere specificate la quantità e la "forma"), a gettare la massa di calcestruzzo alleggerito (cemento 100 kg/m³, argilla espansa 1m³) che andrà a costituire il nuovo rinfiacco della volta. L'operazione procederà con la messa in opera dei rinfiacci cellulari (frenelli) costituiti da mattoni pieni o semipieni (per le volte reali) o forati (per le volte in foglio) allettati con malta idraulica; l'interasse e la dimensione dei frenelli saranno quelli indicati dalle prescrizioni di progetto, di norma lo spessore non sarà superiore alla sezione, in chiave, della volta (generalmente una testa 12-13 cm) e l'interasse potrà variare tra i 80 e i 110 cm (a seconda della luce della volta, del suo spessore e del sovraccarico previsto). Al fine di impedire i naturali scorrimenti fra la superficie della volta e il rinfiacco, questo verrà ancorato all'estradosso della volta tramite prese (almeno 4 per metro) costituite da spillature metalliche (sporgenti dall'estradosso per almeno 10 cm) annegate nella muratura, di tipo e diametro indicato dagli elaborati di progetto e/o indicati dalla D.L. (in ogni caso il f minimo sarà 6-8 mm e l'acciaio utilizzato potrà essere di tipo inossidabile, zincato o normale trattato con boiaccia passivante anticarbonatante). In presenza di strutture con luci notevoli (superiori a 4-5 m) si renderà necessario disporre una seconda orditura di frenelli normali ai primi con lo scopo di impedire eventuali spostamenti laterali. In alternativa ai frenelli in muratura si potranno utilizzare riempimenti di calcestruzzo alleggerito con argilla espansa, vermiculite o pomice come da prescrizioni di progetto.

Un accorgimento da tenere presente è che, le camere d'aria che si verranno a creare tra l'estradosso della volta e la pavimentazione soprastante, non siano ermetiche ma comunicanti tra loro al fine di consentire la circolazione d'aria; per questo motivo, all'interno dell'apparecchio dei frenelli, (sia

primari che, eventualmente, secondari) si dovranno lasciare dei fori di aereazione. Dietro specifica richiesta della D.L. le aperture potranno essere posizionate in modo da consentire il passaggio di canalizzazioni impiantistiche.

Sui frenelli si imposterà il nuovo piano di solaio che potrà essere costituito da tavelloni in laterizio (spessore minimo 6 cm) o da una lamiera di acciaio zincata e grecata con bordi ad incastro dello spessore minimo di 8/10 (seguendo le prescrizioni di progetto) sulla quale verrà gettata una soletta di 4-5 cm, precedentemente armata con una rete in acciaio elettrosaldato Fe B 38 K, adeguatamente dimensionata (comunque non inferiore a f 6 mm con maglie 100x100 mm o 200x200 mm). Il posizionamento dei frenelli sarà, ovviamente, differente a seconda della tipologia di volta: in una volta a botte i frenelli saranno disposti paralleli al piano trasversale della stessa; in una volta a padiglione i frenelli si disporranno a novanta gradi con il vertice posto sulle generatrici della volta infine, in una volta a crociera saranno ugualmente a novanta gradi ma disposti ad anello verso il centro.

Questa tecnica di consolidamento potrà essere messa in opera solo quando la volta risulterà sufficientemente stabile, presenti modeste deformazioni sul suo profilo, e un buon stato di conservazione dei materiali.

Consolidamento con tirante metallico

L'intervento si pone il fine di presidiare i meccanismi di spinta presenti in un sistema voltato, collaborando ed assorbendo la componente orizzontale della spinta, diretta diagonalmente verso il basso. Generalmente saranno messi in opera alle reni della struttura (ovverosia in posizione staticamente più corretta ed efficace); talvolta, comunque, potranno essere posizionate anche all'imposta, o all'estradosso, parzialmente annegati nella muratura in corrispondenza della chiave.

L'intervento consisterà nel posizionamento di tiranti in acciaio Fe 360, adeguatamente dimensionati secondo le prescrizioni di progetto (comunque non inferiori a f 16 mm e lunghezza massima 20 m), a livello dell'imposta della volta. Il dimensionamento e la tipologia di ancoraggio (paletto, piastra, tirafondi, fialoide ecc.) del tirante sarà in relazione sia al tipo ed allo stato di conservazione della muratura dei piedritti, sia al fatto che la reazione al punzonamento del muro dovrà essere almeno uguale alla spinta orizzontale esercitata dalla volta. L'interesse tra i tiranti sarà, tanto più modesto quanto più sottile sarà la sezione del muro su cui agiranno gli ancoraggi e quanto più avanzato sarà il dissesto della struttura.

La procedura operativa d'intervento seguirà quella prevista all'articolo sul consolidamento delle murature con tiranti metallici orizzontali.

Avvertenze: questo tipo d'intervento non sarà sufficiente da solo a riequilibrare e ripristinare il primitivo stato tensionale delle volte, come non potrà riportare una struttura deformata e decoesa allo stato originale (operazioni che dovranno essere previste parallelamente a questa procedura); potrà, però, evitare ulteriori peggioramenti dei dissesti dell'unità strutturale. L'operazione, pertanto, dovrà essere, di complemento o di completamento ad interventi di consolidamento strutturale.

CONSOLIDAMENTO COPERTURE

Premessa metodologica

Le coperture lignee possono essere distinte tra quelle considerate spingenti, che trasferiscono sulle strutture perimetrali sollecitazioni generatrici di spinte con componente orizzontale (anche in fase statica) non assimilabili dalle murature e non spingenti, dove gli elementi portanti poggiano direttamente su strutture che trasmettono alla muratura solo sforzi verticali di compressione.

La casistica di tetti che si possono definire "spingenti" comprende diverse tipologie strutturali: tetto a capanna con orditura primaria direttamente appoggiata sulle pareti di testata (tetto alla toscana composto da trave di colmo ed arcareccio terzere orizzontali) o su quelle laterali (tetto alla piemontese composto da falsi puntoni) e con l'orditura secondaria (travicelli, palombelli, morali, correnti, mezzanelle, listelli ecc.) gravante, a seconda della tipologia, o sulle pareti trasversali o su quelle laterali; tetto a padiglione od a capanna con testa a padiglione. In entrambe queste tipologie

strutturali andrà fatta particolare attenzione in prossimità degli angoli dove i falsi-puntoni o paradossi insistono maggiormente.

Altra situazione a rischio è costituita dalla presenza di tetti con capriate lignee aventi gli appoggi che non insistono su tutta la sezione muraria, ovvero non risultano idoneamente vincolati: l'incavallatura, caricando in maniera disomogenea la muratura d'imposta, genera tensioni differenziali tra i due paramenti murari. Nel paramento esterno si potranno verificare azioni di punzonamento con conseguenti espulsioni locali di materiale mentre, la muratura interna (dove, cioè, appoggia la capriata) verrà sollecitata sia dall'azione verticale causata dalla catena sia da quella orizzontale diffusa da quest'ultima per attrito: la conseguenza di queste azioni sarà il distacco di una zona limitata dell'apparecchio interno.

In presenza di tetti spingenti (ma è vivamente consigliabile anche in presenza di tetti considerati "non spingenti", ed in particolare in zona sismica) è opportuno che, l'intervento manutentivo prescelto sia finalizzato al "miglioramento" (termine utilizzato dalla normativa per le costruzioni in zona sismica) del comportamento strutturale, così da poter ovviare pericolosi fenomeni di martellamento sui setti murari; per questo il progetto dovrà, necessariamente, prevedere una serie di operazioni che possano garantire sia la connessione solidale tra i vari elementi che compongono l'orditura (primaria e secondaria), sia l'unione strutturale tra il tetto e la muratura dando vita ad un sistema scatolare chiuso capace di annullare le spinte e comportarsi in maniera solidale in caso di azione sismica.

L'intervento sulle strutture lignee delle coperture, dovrà essere effettuato previa verifica delle cause che hanno provocato i dissesti e dei degradi presenti sulle parti componenti la struttura, distinguendo gli elementi che hanno subito ammaloramenti locali o diffusi, da quelli che presentano un buono stato conservativo; sovente le cause del decadimento fisico, con conseguente perdita della consistenza, sono riconducibili al naturale invecchiamento del materiale, all'assenza di manutenzione, all'azione distruttiva dell'acqua e all'attacco di microrganismi biologici quali muffe, insetti ecc. Tutto questo può portare la struttura al limite della resistenza per cui, il suo assetto statico risulta incapace di sopportare l'incremento delle sollecitazioni dovute al sisma. Una mancata manutenzione della copertura (con relativa inefficienza del sistema di smaltimento delle acque piovane o dissesto del manto di copertura) può innescare una riduzione dell'efficienza della connessione muratura-copertura portando la struttura a non essere più in grado di assolvere la funzione di solidarizzazione tra murature. In fase sismica si potrà avere la perdita totale o parziale dell'efficienza del nodo strutturale con conseguenti cedimenti differenziati, allontanamenti degli appoggi, lesioni degli apparecchi murari, privazione dell'efficienza dei collegamenti (sfilamento delle travi con successiva perdita della funzione di sostegno).

La volontà è di proporre una casistica di metodologie d'intervento "rispettose" dello stato di fatto, poiché la prerogativa base dovrà essere la comprensione della conformazione della struttura al fine di mantenerne i tratti salienti che la caratterizzano. Questo non vuol dire escludere a priori la possibilità di operare eventuali sostituzioni d'elementi eccessivamente degradati (il cui recupero comporterebbe un impegno economico e tecnico eccessivo per questo tipo di strutture) o l'introduzione d'elementi di rinforzo che potrebbero essere, in altri frangenti, considerati troppo invasivi. Ogni intervento dovrebbe essere sempre preceduto e supportato da opportune verifiche, preventive eseguite su campioni significativi di materiale, finalizzate all'accertamento della reale capacità meccanica delle strutture e, sui risultati di tali verifiche, delineare i tratti salienti del progetto di recupero.

Quello che riteniamo riprovevole è l'atteggiamento, che molte volte si verifica in queste circostanze, eccessivamente cautelativo del tecnico progettista che debilita la struttura aprioristicamente e per questo opta per risoluzioni drastiche, solo apparentemente più sicure, quali, ad esempio, quelle che prevedono sostituzioni di carpenteria lignea ancora efficiente ed affidabile (talvolta solo esteticamente malandata) con membrane nuove o, peggio ancora, in cemento aggravando, in questo modo, la muratura con nuovi pesi, talvolta, eccessivi. Le diverse risoluzioni di consolidamento di seguito elencate, sono state scelte a discapito di altre poiché accomunate dalla volontà di rispettare la conformazione tecnico-costruttiva dell'esistente.

OPERAZIONI DI CONSOLIDAMENTO DI COPERTURE IN LEGNO

Generalità

Prima di mettere in pratica qualsiasi risoluzione che, di seguito, verrà enunciata si renderà necessario seguire delle procedure preliminari indirizzate, sia alla salvaguardia dell'integrità di ogni singolo elemento che compone la struttura del tetto, sia per creare le condizioni atte a garantire una corretta esecuzione dell'intervento. Le operazioni sotto elencate, per fasi successive, costituiranno le accortezze da prendere quando si effettuerà il cauto smontaggio del tetto (in questo frangente lo smontaggio non comprenderà anche gli elementi lignei che costituiscono l'orditura primaria per la quale l'intervento di manutenzione sarà previsto, dove le condizioni conservative lo consentiranno, in loco):

- puntellamento e/o sbatacchiamento con appropriati ritti regolabili da cantiere della struttura portante del tetto;
- rimozione dei canali di gronda delle canne fumarie, dei comignoli, delle antenne, delle scossaline e quant'altro sia presente sulla copertura;
- verifica della stabilità dei cornicioni e, nel caso siano direttamente connessi con la struttura del tetto, provvedere ad idonei puntellamenti;
- rimozione del manto di copertura ed accatastamento all'interno del cantiere od in altro luogo sicuro (in ogni caso non in modo da gravare sulla struttura dell'edificio);
- verifica di ogni singolo elemento che compone il manto di copertura (presenza di eventuali rotture e/o cricature) al fine di accertarne l'eventuale riutilizzabilità e, in tal caso, procedere con la rimozione dalla superficie di ogni genere di deposito (muschi, licheni ecc.) per mezzo di una pulitura manuale tramite bruschinaggio con spazzole di saggina e successiva battitura;
- totale o parziale (a seconda del tipo di intervento) rimozione del sottopiano (in pannelle o in tavolato) e della piccola orditura lignea compreso il disancoraggio dalla struttura primaria e loro, eventuale, accatastamento in luogo sicuro ed esterno alla struttura, facendo cura di selezionare gli elementi ancora efficienti e riutilizzabili ed effettuare eventuali interventi di pulitura che dovranno essere di tipo manuale con l'ausilio di spazzole di saggina. Nel caso in cui gli elementi si presentassero alterati (dipinti, trattati con materiali cerosi o vernici a smalto) e il progetto preveda il ripristino dello stato originale, occorrerà procedere alla loro sabbiatura con l'ausilio di appropriati apparecchi aeroabrasivi ricorrendo ad inerti indicati, nello specifico, dalla D.L.

Collegamento tra le strutture della copertura e la muratura

L'intervento si pone il fine di garantire un'adeguata connessione tra le strutture lignee di copertura e le murature, così da ridurre l'azione spingente delle coperture ed evitare pericolosi fenomeni di martellamento delle stesse sui setti murari. Particolare attenzione si dovrà porre nel valutare l'effettiva capacità meccanica delle murature d'imposta, sovente soggette ad infiltrazioni d'acqua, ad oscillazioni termiche (con conseguente disgregazione dei giunti di malta e degrado del materiale costituente l'apparecchio) e, appunto, alle sollecitazioni degli appoggi delle strutture lignee.

Per quanto detto sopra risulta, sovente, consigliabile "bonificare", ovvero consolidare preventivamente le murature sommitali mediante il ripristino dell'imposta con elementi di laterizio pieno ben apparecchiati con malta idraulica. Varianti di questa procedura sono trattate nell'articolo specifico sul consolidamento delle murature.

Collegamento mediante zanche o spillature metalliche

Intervento quasi sempre attuabile ed idoneo a risolvere problemi leganti all'azione spingente delle orditure lignee (special modo falsi puntoni).

Previa perforazione dei puntoni nell'asse mediano si procederà a collegarli con la struttura sottostante mediante zanche da annegare nella muratura sommitale ovvero nel cordolo, se questo è presente. Le zanche saranno costituite da piattine in acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L (sezione minima 5x50x500 mm) con l'estremità ancorata alla muratura, sdoppiata in due lembi ripiegati in versi opposti. Le zanche dovranno essere fissate ai falsi puntoni tramite doppia bullonatura in

acciaio (minimo f 12 mm) fermata con doppio dado. L'appoggio del puntone alla muratura d'imposta potrà essere aiutato grazie al posizionamento di opportuni cunei di legno (pancali), sagomati e dimensionati secondo le disposizioni di progetto, fissati (con chiodi inox o tirafondi filettati) alla struttura muraria, alle zanche di collegamento e ai puntoni stessi.

In alternativa, previo eventuale consolidamento della muratura d'attico (ovvero creazione di cordolo in muratura armata), si potrà ricorrere a spillature armate, intervallate ogni 40-50 cm, costituite o da barre nervate Fe B 44 K in acciaio inossidabile o zincato o da barre filettate AISI 316L (minimo f 16 mm), di lunghezza variabile (comunque non inferiore ai 90 cm), inghisate in fori f 36 mm verticali o leggermente inclinati e successivamente sigillati con malta reoplastica, a ritiro compensato o con resina epossidica a consistenza colabile esente da solventi secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto. Queste barre filettate dovranno essere di lunghezza leggermente variabile tra loro, affinché nella muratura d'imposta non si crei un allineamento che potrebbe agevolare l'insorgenza di una lesione orizzontale. In presenza di cordolo in muratura armata potrà essere sufficiente collegare un tirafondo in acciaio inox uncinato (ad es. f 20 mm) alla armatura del cordolo. Le spillature saranno collegate ai puntoni, sulla linea di gronda, attraverso un piatto metallico in acciaio Fe 360 zincato a caldo adeguatamente dimensionato (sezione minima 15x200 mm) posizionato sopra i puntoni con la duplice funzione di collegamento degli elementi lignei sul piano di gronda e ancoraggio degli stessi alla muratura. A seconda delle scelte di progetto la spillatura potrà essere saldata alla piastra (barra ad aderenza migliorata) o vincolata attraverso bullonatura (barra filettata).

L'intervento sarà completato con un modesto "getto" di malta adesiva (spessore minimo 6 cm) a sigillo dell'armatura longitudinale di collegamento (piatto più ancoraggi).

Collegamento mediante piatti metallici

L'intervento sarà consigliabile per tutte le coperture con orditure lignee semplici costituite da travi principali parallele alla gronda ed appoggiate su murature trasversali a timpano e orditura secondaria costituita da travicelli, mezzanelle, o palombelli. Il protocollo operativo prevede l'inserimento di più elementi congiunti (ancoraggi verticali, collegamenti longitudinali dei muri con tiranti ad "L", selle di appoggio delle travi ecc.), in corrispondenza del piano di imposta della copertura, capaci di collegare le murature e garantire un comportamento scatolare. La messa in opera di questo tipo di soluzione permetterà di realizzare un'opportuna indeformabilità e rigidità del piano così da poter rinunciare alla messa in opera della caldana in cls. Tutte le connessioni saranno, preferibilmente, eseguite con bullonatura e non con saldatura allo scopo di prevenire la diminuzione di protezione (disposizione all'ossidazione, dovuta alla rimozione della zincatura protettiva) che questa tecnica potrebbe introdurre.

Di pari passo all'eventuale consolidamento della muratura trasversale d'imposta, si procederà alla messa in opera dei dispositivi di appoggio ed ancoraggio delle travi principali costituiti, seguendo i disegni di progetto, da selle in acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L o zincato a caldo (spessore minimo 5 mm), precedentemente, ancorate al timpano di muratura mediante barre filettate AISI 316L (minimo f 16 mm) di lunghezza variabile (comunque non inferiore ai 90 cm), inserite in perforazioni (minimo f 36 mm) verticali (o con lieve inclinazione) ed annegate in malta reoplastica, colabile, a ritiro compensato fibrorinforzata ad alta duttilità. Le travi saranno vincolate alle selle (al fine di bloccare gli eventuali movimenti di scorrimento) mediante una caviglia metallica trasversale che potrà essere costituita (a seconda delle prescrizioni di progetto) da un tubo liscio (in acciaio inox) all'interno del quale verrà posto il perno che potrà essere formato da un bullone dotato di doppi dadi all'estremità; in alternativa la caviglia potrà essere composta da una barra inox filettata a sezione circolare (minimo f 14 mm) dotata anch'essa di doppi dadi all'estremità. La superficie di contatto della trave con quella della sella sarà isolata tramite uno foglio di neoprene (spessore circa 8-10 mm).

Le interconnessioni tra i vari elementi, in corrispondenza dei nodi (come angoli, e collegamenti a martello) e dei colmi dei timpani murari saranno risolte con la preventiva messa in opera di piastre di connessione (spessore minimo 10 mm) che accoglieranno le necessarie bullonature (da 4 a 8) dei

tiranti longitudinali, trasversali e diagonali. Queste piastre saranno ancorate alla muratura sottostante mediante opportuni tirafondi in acciaio zincato (minimo 4-6 f 14 mm inghisati in f 24 mm).

Per tutto il perimetro della muratura d'attico, sarà posizionato un ferro piatto (sui muri di testa e sui setti trasversali rompitratta) ovvero sagomato a "L" (sulle pareti di gronda, dove appoggiano solo i travicelli), di acciaio zincato a caldo, adeguatamente dimensionato (ad es. 100x100 mm) di sezione minima 10 mm ancorato, tramite bullonatura (dado e rosetta di acciaio zincato) e/o tirafondi, alle piastre nodali, ai congegni di appoggio ed ancoraggio delle travi, ai travicelli ortogonali alla gronda e alla chiodatura armata della muratura longitudinale costituita da barre in acciaio uguali a quelle utilizzate per l'ancoraggio delle selle (f 16/900 mm inghisato in f 36 mm intervallate ogni 60 cm).

Il protocollo prevede, inoltre, il posizionamento di tiranti diagonali costituiti da piatti in acciaio (sezione minima 5x80 mm) disposti sulle falde e bullonati ai piatti perimetrali in modo da rendere indeformabile la maglia quadrangolare costituita in precedenza.

Viti autofilettanti in acciaio inox (f 6/80-100 mm) assicureranno il collegamento tra l'orditura minuta con quella principale.

Collegamento mediante tiranti metallici

L'intervento verrà realizzato seguendo la procedura prevista all'articolo sul consolidamento delle murature con tiranti metallici.

In presenza di tetti spingenti a padiglione o a capanna con teste a padiglione, oltre a rimuovere la spinta dei falsi puntoni ortogonali alla linea di gronda, si dovrà rivolgere particolare attenzione ai falsi puntoni d'angolo (paradossi). Si renderà opportuno dotare il paradosso di doppio tirante in acciaio inox Fe 360, adeguatamente dimensionato (per es. f 26 mm o f 32 mm), messo in opera in modo tale che il falso puntone risulti come asse bisettore dell'angolo formato dalle due catene, che avranno il compito di assorbire la spinta secondo due componenti ortogonali. La catena (collegata al paradosso da imbracatura metallica, dim. minime 5x50 mm, fermata alla trave mediante bullonatura cieca) correrà al di sotto della struttura lignea e sarà ancorata (tramite capochiave in acciaio) dalla parte opposta ad un setto murario di taglio o di spina in idonea posizione e più prossimo al falso puntone.

Queste soluzioni dovranno essere utilizzate unicamente su materiale ligneo ancora in buono stato di conservazione così da garantire un valido collegamento con i dispositivi metallici.

In alternativa ai tiranti metallici e per strutture a capanna molto semplici e di modeste luci si potrà ricorrere alla messa in opera di doppie catene lignee adeguatamente dimensionate (ad es. 100x150 mm) posizionate allo spicco della muratura ed ancorate ai falsi puntoni spingenti attraverso barre filettate inox (minimo 2 f 12 mm) munite di doppi dadi ciechi a ciascuna estremità. Il legname utilizzato dovrà essere esente da difetti, perfettamente stagionato (salvo diversa prescrizioni di progetto), di specie durevole (ad es. faggio o larice) ed essere trattato preventivamente con prodotto anti-muffa ed anti-tarło. Al fine di evitare eventuali svergolamenti delle tavole potranno essere introdotte delle chiavardature costituite da barre bullonate distanziate ogni 100-120 cm.

Collegamento mediante cerchiatura dell'edificio in sommità

Cordolo in muratura armata

In alternativa alla procedura precedente, si potrà mettere in opera un cordolo in muratura armata con barre nervate Fe B 44 K in acciaio inossidabile o zincato (l'armatura dovrà essere di almeno 8 cm²). Questa soluzione è accettabile dal momento che da vita a cantieri che utilizzano materiali compatibili con quelli esistenti (laterizio o pietre) e allo stesso tempo, non creano discontinuità tra le murature evitando (in caso di eventi sismici) il frequente scorrimento in corrispondenza della superficie di contatto muratura-cordolo; inoltre non crea problemi di ponte termico, e presenta una buona deformabilità verticale, che consente di scaricare i pesi sulle murature sottostanti evitando "l'effetto trave" proprio dei cordoli in c.a. Per armare il cordolo dovranno essere, preferibilmente, utilizzate barre ad aderenza migliorata in acciaio inossidabile o zincate (in alternativa si potrà utilizzare acciaio normale preventivamente trattato con boiaccia passivante anticarbonatante) di

norma per un cordolo a tre teste si utilizzerà una gabbia costituita da 2+2 f 16 mm e staffe f 8/200-255 mm mentre, per cordoli più piccoli, potrà essere sufficiente armare con 2 f 22-24 mm legati con 2 spille f 8-10/200 mm; in questi casi assieme al mattone UNI sarà richiesto l'uso di quadrucci pieni (ovverosia elementi di larghezza ridotta) così da lasciare lo spazio necessario per il collocamento delle barre di armatura. L'altezza del cordolo sarà dettata dai disegni di progetto, comunque non potrà essere inferiore a quattro filari di mattoni pieni con i rispettivi allettamenti di malta mentre, la larghezza minima, non dovrà essere inferiore alle due teste.

Nel caso la copertura venga munita di soletta di cls, si renderà necessario che l'armatura del cordolo venga provvista di staffe secondarie (minimo f 8/400 mm) da collegare alla rete elettrosaldata della soletta soprastante. Medesimo criterio verrà adottato in presenza di aggetti di gronda: in questo caso, la gabbia di armatura, a supporto del cornicione, potrà essere "sagomata" seguendo le esigenze di progetto.

Una soluzione di questo tipo non prevedrà l'uso di casseforme lignee per il getto (costituito da calce idraulica e sabbia silicea), in quanto i mattoni stessi faranno le veci di casseri a perdere, e, come tali, risulteranno in grado di racchiudere la malta che avvolgerà l'armatura.

Iniezioni e cuciture armate

L'intervento verrà realizzato seguendo la procedura prevista all'articolo sul consolidamento delle murature con iniezioni armate. Normalmente sarà indicato per quegli edifici il cui apparecchio murario a faccia vista risulterà di particolare pregio o si presenti in un ottimo stato di conservazione, per cui la messa in opera di cordoli in cemento armato, o in muratura armata sommitale, risulterà sconveniente.

Connessione tra i diversi elementi costituenti l'orditura

L'intervento si pone il fine di garantire un adeguato collegamento fra i diversi elementi strutturali costituenti l'orditura, in quanto la sola eliminazione delle spinte dei falsi puntoni non è sufficiente a contenere i possibili danni creati da scorrimenti e cadute degli elementi lignei.

Connessione mediante staffe e/o piastre metalliche

Al fine di migliorare o creare collegamenti tra i vari elementi lignei costituenti l'orditura primaria e secondaria, e seguendo le necessità dettate dal progetto, si potranno posizionare delle piastrine in lamierino zincato (sezione minima 2x40 mm) ancorate sull'intradosso delle orditure minori (per es. travicelli o mezzanelle) e in seguito ripiegate sulla superficie di appoggio di terzere o travi di colmo. Queste piastre saranno ancorate alle strutture lignee attraverso viti autofilettanti o chiodi inox (minimo 3 f 4 mm per ogni elemento). Se il progetto prevedrà il collegamento, in corrispondenza dell'orditura principale (tramite tavola di legno o piatto metallico), di tutti i travicelli non si renderà necessario collegarli tutti ma sarà sufficiente vincolarne uno su tre; in caso contrario occorrerà effettuare l'intervento su tutta l'orditura minuta. I correnti potranno anche essere collegati all'orditura principale mediante vaschette metalliche zincate a doppio vano oppure attraverso angolari di lamiera di acciaio (spessore minimo 5 mm) muniti eventualmente, di squadretta di irrigidimento; entrambi i dispositivi di ancoraggio saranno opportunamente fissati alle strutture lignee attraverso chiodi inox o viti autofilettanti.

In alternativa per collegare i travicelli inclinati di falda alla trave di colmo o i falsi puntoni agli arcarecci si potranno utilizzare delle staffe metalliche verticali ritorte sagomate a sella secondo i disegni di progetto, in ogni caso si renderà necessario anche il posizionamento di un piatto metallico zincato (sezione minima 2x50 mm) da collocare sull'estradosso dell'orditura e fissato a questa tramite tirafondi filettati zincati (minimo 3 f 10-12 mm lunghezza 120 mm per parte).

Sarà sempre consigliabile (nei casi in cui si renderà possibile) realizzare il collegamento tra puntoni contrapposti, attraverso l'inserimento di doppio bullone in acciaio zincato a sezione circolare (minimo f 14 mm su foro di f 15 mm) e testa esagonale vincolato al legno con dado e rosetta in acciaio poggiata sul legno per tutta la sua superficie.

Irrigidimento e controventatura delle falde di copertura

L'intervento si pone lo scopo di migliorare o fornire una controventatura ed il conseguente irrigidimento delle falde di copertura, al fine di garantire un comportamento cosiddetto a piastra.

Irrigidimento e controventatura mediante tavolato ligneo

La procedura risulta realizzabile in tutte le coperture semplici nelle quali il piano di appoggio del manto di copertura si rilevi visibilmente deformato, in uno stato avanzato di degrado e male, o per niente, ancorato all'orditura sottostante. Tale intervento risulta di facile esecuzione (non richiede, infatti, manodopera specializzata), veloce ed a secco.

Dopo aver eseguito le operazioni preliminari di smontaggio della copertura si procederà alla posa in opera del tavolato ligneo perfettamente stagionato (ad es. abete o larice), di spessore indicato dai disegni di progetto (comunque non inferiore a 25 mm) ed in funzione dell'interasse dei morali o correnti, piallato, fissato a perfetto contatto e posizionato ortogonalmente alla pendenza di falda. Il tavolato, che presenterà una maschiettatura da entrambi i bordi, sarà ancorato alla sottostante struttura attraverso viti autofilettanti di acciaio inossidabile o chiodi inox filettati o scanalati (minimo f 4 mm inseriti con trapani per chiodature oppure manualmente) cominciando dalla linea di gronda e proseguendo, per corsi rigorosamente paralleli, fino a quella di colmo.

Si ricorda che tutto il legno che andrà posato in opera dovrà essere preventivamente trattato con prodotti fungicidi e/o tarlicidi (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo specifico).

Irrigidimento e controventatura mediante croci di Sant'Andrea

La procedura risulterà adatta per le strutture di copertura allorché occorra aumentare l'indeforabilità del piano. L'intervento prevedrà il posizionamento di un "numero discreto" di controventature conformate a croce di Sant'Andrea (o altra configurazione) costituite da strutture supplementari quali tiranti in acciaio o in legno, necessariamente dotati di meccanismi di regolazione progettati secondo le rispettive tecnologie. Nel caso frequente in cui i dispositivi non siano collocati su ogni campata, ma solo in alcune, sarà necessario associare a questo intervento quello di connessione tra le orditure e le strutture complementari con, ovviamente, maggior attenzione nelle campate prive di controventature. Questo tipo d'intervento potrà essere collocato non solo sui piani di falda ma anche nel piano d'imposta delle incavallature o in quello verticale longitudinale che passa tra i monaci delle capriate. Questa tecnologia si rileva valida dal momento che non è troppo invasiva, non produce incrementi di peso, consente la conservazione anche integrale della struttura originale (quando lo stato di conservazione lo consente) e permette di migliorare la risposta strutturale all'eventuale evento sismico.

Operativamente la procedura (per tiranti costituiti da piatti in acciaio, di norma più adatti per leggerezza, modesto ingombro, misurato disturbo visivo e differenziazione totale dalla struttura originale) prevedrà la messa in opera di collari e staffe di ritenuta dove agganciare i tiranti costituiti (seguendo le prescrizioni di progetto) da cavi nudi o rivestiti e protetti da guaine isolanti (in ogni caso dovranno essere dotati di organi di regolazione, tipo tenditore a manicotto), o, più frequentemente da piatti, in acciaio Fe 360 zincato a caldo, di sezione minima 5x80 mm. I punti dove "ancorare" i tiranti dovranno essere sufficientemente resistenti e saldi da sostenere le nuove azioni senza incorrere in successivi dissesti dell'unità strutturale; verranno, pertanto, scelte le sezioni prossime ai nodi, nei quali la stessa unione delle membrane concorrenti garantisce un ricalzo della sezione (per scontate ragioni di convergenza delle forze). Di norma la controventatura di falda sarà applicata ai puntoni in corrispondenza degli appoggi ed in sommità; oppure, nel caso di controventatura costituita da piatti in acciaio, potrà essere ancorata direttamente alla muratura d'ambito. I tiranti, saranno fissati a piastre d'ancoraggio, preventivamente collegate alla muratura con tirafondi filettati AISI 316L (minimo f 12 mm), preferibilmente mediante bullonatura.

In alternativa ai piatti metallici potranno essere utilizzate tavole di legno (ad es. faggio o larice), perfettamente stagionate, di spessore minimo 25 mm da fermare all'intradosso dell'orditura con viti autofilettanti d'acciaio inossidabile (minimo f 4 mm). Un limite di questo intervento risiederà nel

fatto che, modificando esteticamente l'aspetto dell'intradosso del coperto, non sempre risulterà applicabile.

Fissaggio elementi sporgenti

L'intervento è indirizzato verso tutti gli elementi aggettanti dalle coperture come comignoli, antenne, abbaini, torrini ecc.

I manufatti che fuoriusciranno dal piano di copertura con vasta superficie di appoggio ed alto peso, proprio come comignoli ed abbaini, andranno fissati alla base attraverso un profilato ad "L" di dimensioni minime 100x8 mm e lunghezza uguale alla dimensione del manufatto da ancorare. Tale profilato verrà ancorato all'impalcato di copertura (costituito, a seconda dei casi, da tavolato in legno, da piastrelle in cotto o da soletta in cls) attraverso 4 tirafondi in acciaio zincato minimo f 10 mm di lunghezza tale da essere fissati all'intradosso dell'impalcato con dado ad una contropiastra in acciaio di sezione minima 8x80 mm.

Altri elementi leggeri e snelli come antenne o aste per bandiere dovranno essere messi in opera sull'impalcato attraverso una piastra in acciaio zincato (dimensioni minima 10x300x300 mm) munita di asola ad incastro di dimensioni tali da poter posizionare la base del manufatto in oggetto. La suddetta piastra sarà ancorata all'impalcato mediante 4 viti tirafondi seguendo la procedura descritta sopra. In caso di elementi alti si renderà necessario posizionare, ad un'opportuna distanza dalla base del manufatto una o più piastre, (seguendo le prescrizioni della D.L.) di analoghe dimensioni alla quale saldare un dispositivo regolabile (ad es. i tenditori tradizionali con cavetto e morsetti di bloccaggio in acciaio zincato) per controventare l'estremità libera dell'elemento da fissare.

In seguito all'ancoraggio di queste piastre si dovrà porre particolare attenzione ai raccordi tra i piani verticali con quello "orizzontale" di copertura posizionando appositi faldali, o gusci di raccordo, al fine di evitare infiltrazioni di acque meteoriche.

Rigenerazione di testate di travi e nodi di incavallature

L'intervento verrà eseguito allorché la testa di una trave risulti deteriorata in modo avanzato (tanto da compromettere la stabilità dell'intera unità strutturale con il rischio di coinvolgere, per l'azione che le strutture ausiliari esercitano, quelle adiacenti) e, pur non garantendo un adeguato appoggio, non si ritiene opportuno operare la sostituzione totale della struttura, sia per ragioni estetiche, sia economiche che logistiche (difficoltà della procedura di sostituzione). Prima di eseguire qualsiasi operazione sostitutiva e/o consolidante parziale o integrale, dovrà essere effettuata una scrupolosa campagna diagnostica del manufatto al fine di verificare lo stato conservativo della trave, e la sua reale efficienza statica.

A questa categoria di intervento appartengono diverse tecnologie esecutive, alcune condivisibili (quelle cioè che impiegano prevalentemente legno come gli incalci o legno lamellare in opera) altre accettabili con riserva, come quelle che prevedono la ricostruzione della testata della trave mediante getto di betoncino epossidico e protesi costituite da barre in acciaio inossidabile o vetroresina.

Consolidamento di travi mediante cerchiature

La procedura si rivolgerà a strutture sottoposte a sollecitazioni non elevate interessate da rotture, deformazioni o in ogni caso fessurate, purché queste non siano attaccate da funghi insetti o altre patologie debilitanti i tessuti legnosi. Questa tecnica si baserà sul ricollegamento di porzioni distaccate attraverso l'operazione combinata di viti autofilettanti e di cerchiature metalliche. Sarà una procedura totalmente reversibile che non richiederà alcuno smontaggio dell'unità strutturale.

Previo puntellamento dell'unità strutturale si procederà all'immissione perpendicolare, alla superficie di rottura (così da essere sollecitate, in prevalenza a taglio e trazione), delle viti autofilettanti (operazione da compiere a mano e con il sussidio di idonee dime lignee) in eventuali perfori eseguiti con trapano a sola rotazione munito di punta notevolmente più sottile del gambo della vite. L'uso del trapano potrà essere d'aiuto anche per sondare i tessuti legnosi, non si potrà,

infatti, utilizzare questa procedura in presenza di rotture nette con tessuti legnosi affetti da attacchi biocidi (inconsistenza del legno). Le viti (minimo f 6-8 mm) dovranno, preferibilmente, essere d'acciaio inossidabile (o in ottone) così da presentare, oltre alla resistenza alla corrosione, particolare proprietà di durezza del filetto e un'eccellente attitudine al taglio. La lunghezza sarà in rapporto alla sezione della struttura e seguirà le disposizioni di progetto, in ogni caso la parte liscia del gambo dovrà essere circa pari alla parte separata della trave più vicina alla testa della vite stessa. La cerchiatura sarà composta, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, da due bracci piatti in acciaio inossidabile AISI 304L (uniti da viti di serraggio e di regolazione rivolte in basso per facilitare la regolazione) sagomati a sella (al fine di escludere sollecitazioni nocive sui bordi della struttura in fase di bloccaggio e di esercizio) nelle parti (superiori ed inferiori) a contatto con la trave, ma con l'interposizione di idonei materiali (tavole di legno duro, strisce di compensato per usi strutturali ecc.) adatti a diffondere le tensioni ed evitare il contatto diretto tra acciaio e legno, sovente fonte di condense, a tal fine anche i bracci laterali saranno tenuti separati dal legno mediante interposizione di foglio in neoprene.