

Manuale di montaggio, installazione  
e manutenzione ordinaria

# Marcegaglia Solar

 MARCEGAGLIA





# Indice

---

## **ATTIVITÀ DI CANTIERE** 3

Consegna, scarico, movimentazione, tiro in quota e stoccaggio \_\_\_\_\_ 3

Operazioni preliminari al montaggio \_\_\_\_\_ 4

Montaggio \_\_\_\_\_ 4

Fissaggi \_\_\_\_\_ 6

---

## **ISPEZIONE** 8

---

## **MANUTENZIONE ORDINARIA** 8

---

## **SOLUZIONI STANDARD PER IL MONTAGGIO** 9

---

## **ACCORGIMENTI OPERATIVI DA ADOTTARE PER UNA CORRETTA ATTIVITÀ SUI SUPPORTI FOTOVOLTAICI MARCEGAGLIA SOLAR** 11

---

## **MANUALE DI INSTALLAZIONE ELETTRICA** 13

---



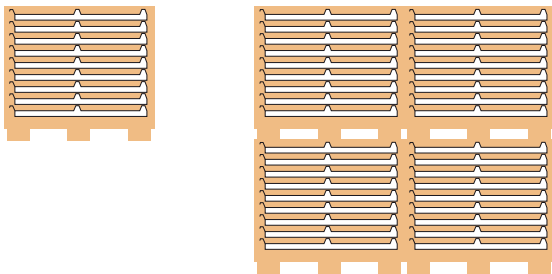
# Attività di cantiere

## CONSEGNA, SCARICO, MOVIMENTAZIONE, TIRO IN QUOTA E STOCCAGGIO

I pannelli vengono forniti in **posizione orizzontale** in imballi contenitivi predisposti in maniera tale da consentire la movimentazione sia mediante braghe sia mediante forche di un carrello elevatore.

Il numero di pannelli contenuti all'interno del singolo imballo è variabile in funzione delle dimensioni e dello spessore del pannello, per cui diventa opportuno, prima di procedere alle operazioni di carico e movimentazione, verificare il peso complessivo di ogni imballo e scegliere con attenzione un mezzo di sollevamento di portata adeguata.

In ogni caso la movimentazione dei carichi dovrà avvenire in ottemperanza a quanto richiesto dalle normative vigenti.

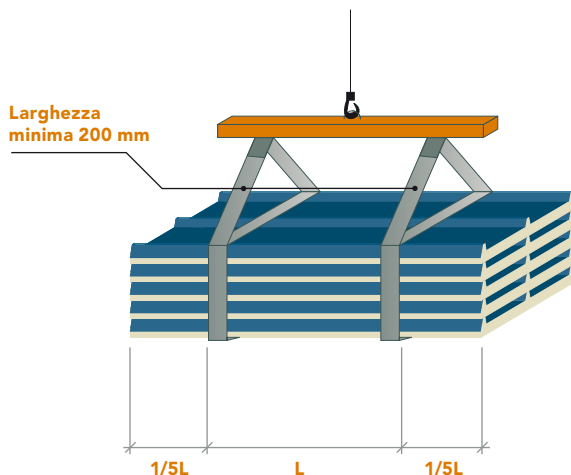


Al fine di evitare ogni possibile danno ai pannelli dovuto ad urti, cadute o rovesciamenti, si richiamano alcune **istruzioni** a cui si richiede di attenersi scrupolosamente durante tutte le operazioni di movimentazione e stoccaggio:

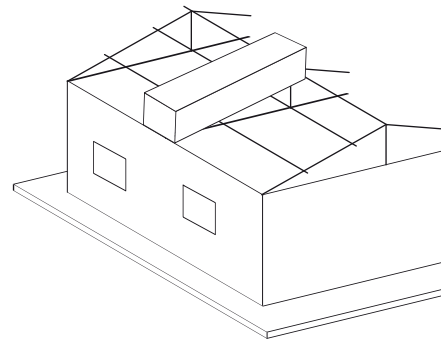
• **Imbragare non più di un pacco per volta** utilizzando braghe di nylon certificate e un bilanciere di adeguata lunghezza che consenta di sostenere il pacco in due punti distinti distanti tra loro circa  $3/5 L$ , dove con  $L$  si indica la lunghezza complessiva del pacco da movimentare.

Per evitare lo schiacciamento dei bordi laterali dei pannelli è buona norma interporre, tra il pacco e le braghe, alcune tavole di protezione in legno larghe almeno 200 mm e sporgenti rispetto al pacco almeno 20 mm per lato. L'imballo deve essere accompagnato con una **fune per evitare l'oscillazione** durante il sollevamento in quota.

Evitare assolutamente l'uso di cavi di acciaio o di catene al posto delle braghe di nylon.



• I pannelli in quota devono essere posati sugli **arcarecci** in prossimità delle capriate; evitare di posare più di una fila di pacchi per ciascuna capriata. Si eviti di posare i pacchi sugli sbalzi. Sarà inoltre necessario predisporre **sistemi idonei di arresto** per evitare che gli imballi non scivolino a causa della pendenza del tetto o per effetto del vento in quota, prestando maggiore attenzione una volta aperto un pacco. Si consiglia di evitare assolutamente che a fine giornata lavorativa rimangano sul tetto pacchi aperti.

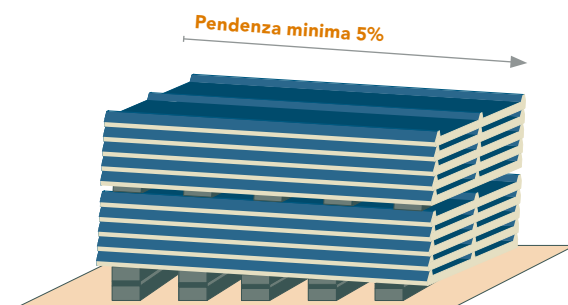


• Nel caso di pacchi di lunghezza modesta, è consentito movimentare gli stessi singolarmente mediante l'uso di un carrello elevatore di portata adeguata. Le forche, lunghe almeno quanto la larghezza del pacco, dovranno essere inserite nella parte centrale dello stesso in corrispondenza della mezzeria e delle apposite pedane. **Qualunque presa al di fuori dei supporti previsti deve essere assolutamente evitata.**

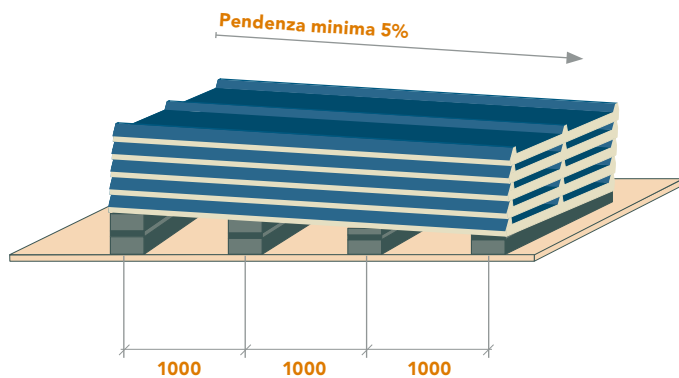
• Nel caso non sia possibile tirare immediatamente il pacco in quota, **stoccare il materiale a terra** cercando di mantenere integro l'involucro di imballo e di individuare aree di cantiere che siano quanto più possibile piane e rigide, al di fuori delle viabilità provvisorie di cantiere, sufficientemente illuminate e prive di ristagni d'acqua in caso di pioggia.

• Posizionare il pacco su distanziali di polistirolo o di legno dello spessore minimo di almeno 50 mm e larghezza 200 mm ad una distanza massima di 1 m l'uno dall'altro. Nel caso di posizionamento di un pacco su un'altro, interporre altri distanziali i cui assi devono corrispondere a quelli dei distanziali posti a contatti con il terreno.

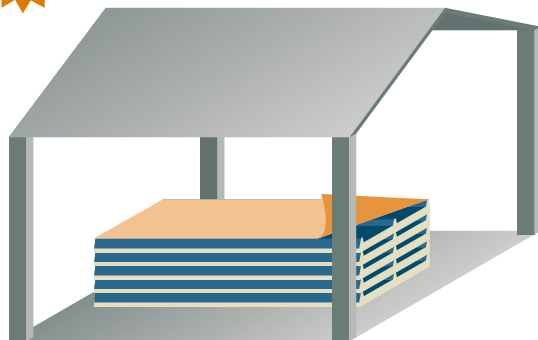
• **Stoccare il materiale sovrapponendo al massimo due pacchi.**



- Stoccare il materiale in maniera tale da imporre una **lieve pendenza** (minimo 5%) che favorisca il deflusso di eventuale condensa ed eviti il ristagno di acqua.



- Nel caso siano previsti lunghi periodi di permanenza a terra, il materiale dovrà essere messo **al riparo dal sole e dalla pioggia**, ma sempre esposto alla libera circolazione d'aria. Evitare assolutamente che l'eventuale film protettivo resti esposto a lungo ai raggi solari e in ogni caso provvedere alla rimozione dello stesso entro e non oltre 30 (trenta) giorni dalla data di approntamento del materiale.



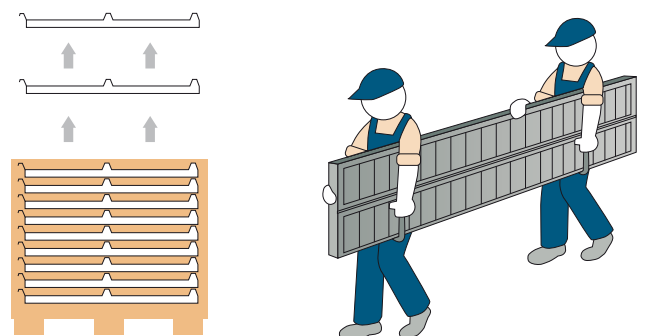
- Occorre porre attenzione ad eventuali fenomeni di **corrosione elettrolitica** conseguenti a contatti tra metalli differenti anche durante il periodo di immagazzinamento.
- Sulla base delle conoscenze acquisite, per mantenere le prestazioni originali del prodotto, è opportuno **non superare i 6 (sei) mesi di immagazzinamento continuo in ambiente chiuso e ventilato**, mentre il **periodo all'aperto non dovrà mai superare 60 (sessanta) giorni**.
- Dato l'alto valore economico della merce, eventuali contestazioni relative a danni subiti dal materiale fornito in cantiere dovranno avvenire contemporaneamente alle operazioni di scarico e stoccaggio. Contestazioni avanzate successivamente non verranno in alcun caso prese in considerazione e la responsabilità di possibili anomalie non potrà essere imputata a Marcegaglia.

## OPERAZIONI PRELIMINARI AL MONTAGGIO

- **Visionare** gli elaborati di progetto ed attenersi alle relative prescrizioni.
- **Controllare** che gli arcarecci siano posizionati correttamente, non presentino deformazioni e siano completamente vincolati al resto della struttura.
- **Assicurarsi** che non sussistano interferenze con linee elettriche aeree nella zona di manovra del materiale.
- Predisporre sulla copertura le **opportune opere antinfortunistiche** secondo le normative vigenti per lavori in quota.
- Controllare che tutte le maestranze operanti in quota siano dotate degli adeguati **dispositivi di protezione individuale** antinfortunistici secondo le norme vigenti.
- **Verificare** che gli operai calzino scarpe leggere con soles di gomma al fine di evitare danneggiamenti permanenti alle celle fotovoltaiche pregiudicandone il corretto funzionamento.
- **Predisporre** tutte le linee elettriche di alimentazione delle attrezzature utilizzate secondo le normative vigenti.
- **Rimuovere** su tutta la lunghezza del pannello l'eventuale **film protettivo** applicato sulle lamiere preverniciate. Verificare attentamente che sulla superficie non vi siano tracce di adesivo residuo della pellicola protettiva.
- **Non rimuovere le protezioni** in corrispondenza delle scatole di giunzione ed assicurarsi che i cavi ad esse connessi siano saldamente fissati sulla superficie interna del pannello, evitando di tranciarli appoggiando il pannello sugli arcarecci o di strattorli in modo violento.
- **Montare le lattonerie** complementari alla realizzazione della copertura quali: sottocolmi, canali di gronda e quant'altro previsto al di sotto dell'elemento pannello.

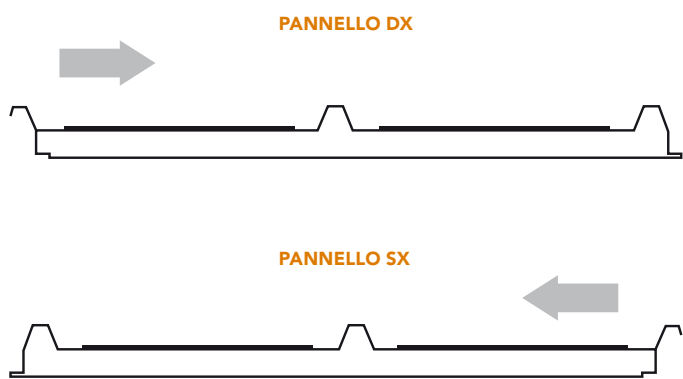
## MONTAGGIO

Durante le operazioni di apertura del pacco, alzare i pannelli senza farli scivolare sui sottostanti per **evitare graffi** alla verniciatura. Evitare di rimuovere i pannelli prendendoli per le greche di sormonto o per la lamiera superiore nella zona predisposta al sormonto longitudinale.

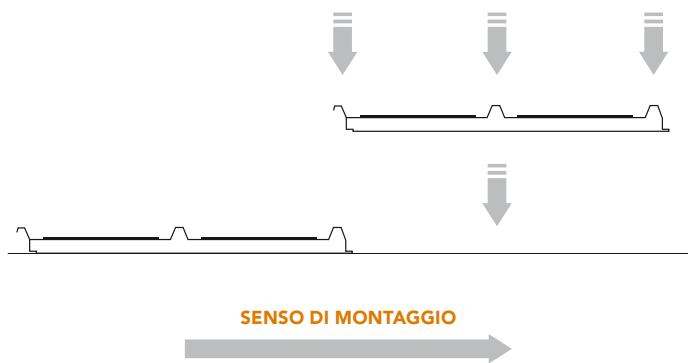


- Individuato con attenzione il punto di partenza e verificati gli allineamenti rispetto alle carpenterie, iniziare la posa del primo pannello di copertura seguendo il **senso di montaggio** previsto.

- Quando la lunghezza della falda richiede l'utilizzo di più pannelli in direzione trasversale, eseguire la posa degli stessi per fasce, partendo dalla linea di gronda verso la linea di colmo.



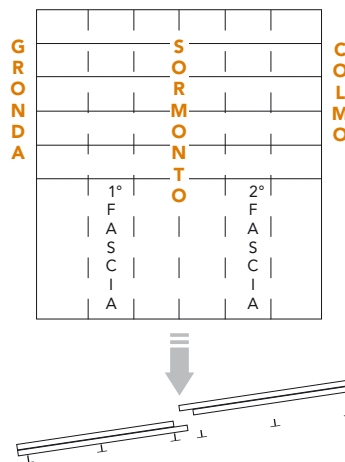
- La posa del secondo pannello si esegue sovrapponendo la greca vuota sulla greca piena del primo.



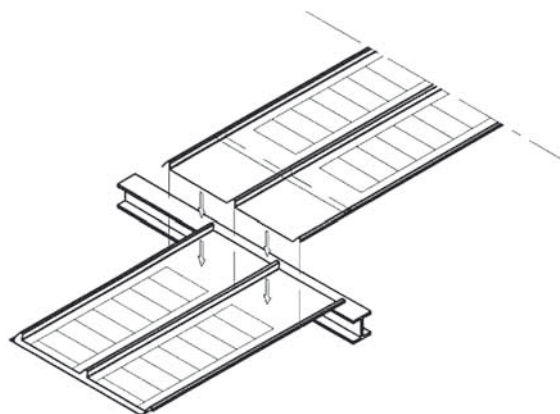
- Verificare la perfetta realizzazione della **sovrapposizione**, accertandosi che le superfici esterne dei due pannelli contigui siano completamente a contatto e livellate.

- Analogamente, procedere all'installazione dei successivi pannelli secondo le **sequenze di montaggio** previste in fase di progetto.

- Durante lo svolgimento di tutte le precedenti operazioni non appoggiare assolutamente sulle superfici fotovoltaiche oggetti taglienti o affilati, carichi concentrati o effettuare altre operazioni di saldatura o taglio nelle immediate vicinanze dei laminati.



Durante la posa della prima fascia, controllare attentamente l'allineamento dei pannelli. Si consiglia l'utilizzo di un filo teso tra colmo e gronda ogni 5-6 file di pannelli. La sovrapposizione o sormonto di falda tra pannelli (over-lapping) va da un minimo di 100 mm ad un massimo di 300 mm in funzione della pendenza della copertura. Nel caso di leggere pendenze, per conferire al sormonto una maggior tenuta agli agenti atmosferici è buona norma interporre tra le lamiere, a valle del gruppo di fissaggio, una o due strisce di mastice sigillante. Al fine di evitare dispersioni termiche è conveniente applicare guarnizioni auto-espandenti in corrispondenza dell'arcareccio sul quale si localizza l'over-lapping.

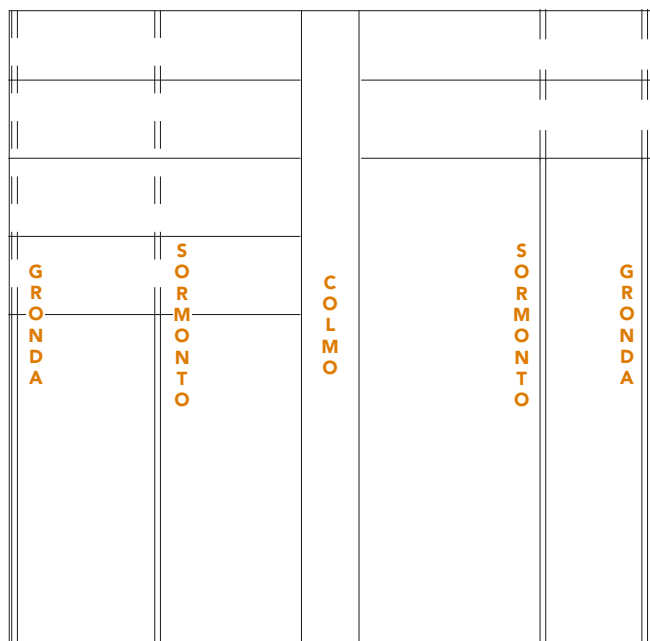
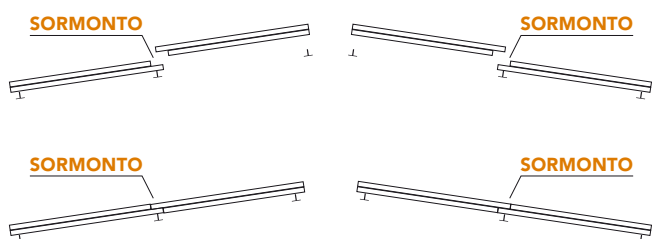


## Nota

Quando la copertura di un fabbricato è a due o più falde occorre tenere presente che il pannello ha un suo senso di posa.

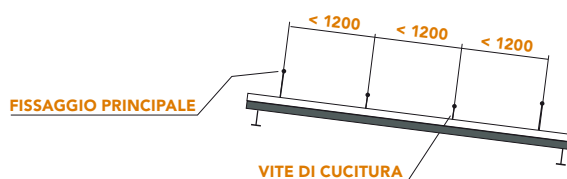
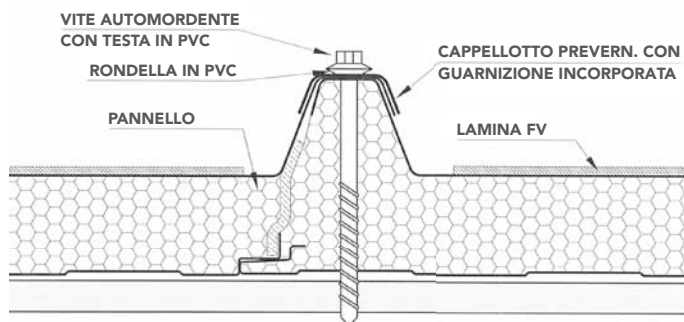
Il pannello ha una “mano” quando è prevista, in sede di lavorazione, la predisposizione del taglio di sormonto.

Il pannello ha la “mano destra” se, guardando dalla gronda verso il colmo, la greca che sormonta (vuota) sta a sinistra; i pannelli vengono così montati da sinistra verso destra.



## FISSAGGI

Il numero e il posizionamento dei fissaggi varia per ogni progetto a seconda di una serie di variabili tra cui le condizioni locali di vento, l'intensità degli arcarecci e l'altezza del fabbricato, comunque mai inferiore ai **2,5 fissaggi per metro quadro di copertura**.

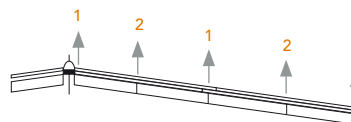


A titolo indicativo, si forniscono alcune indicazioni sempre valide:

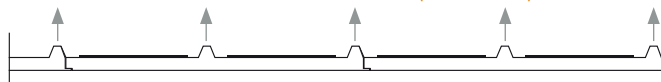
**Appoggi estremi di gronda:** una vite su ogni greca;

**Appoggi interni:** una vite su ogni greca;

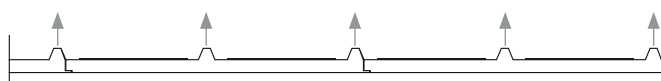
**Appoggi con sovrapposizione trasversale (over-lapping):** una vite su ogni greca



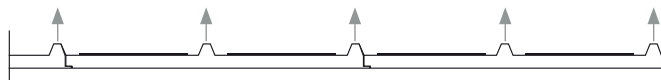
1 - APPOGGI CON SOVRAPPOSIZIONE TRASVERSALE (ENDLAPPING)



2 - APPOGGI INTERNI



3 - APPOGGI DI GRONDA

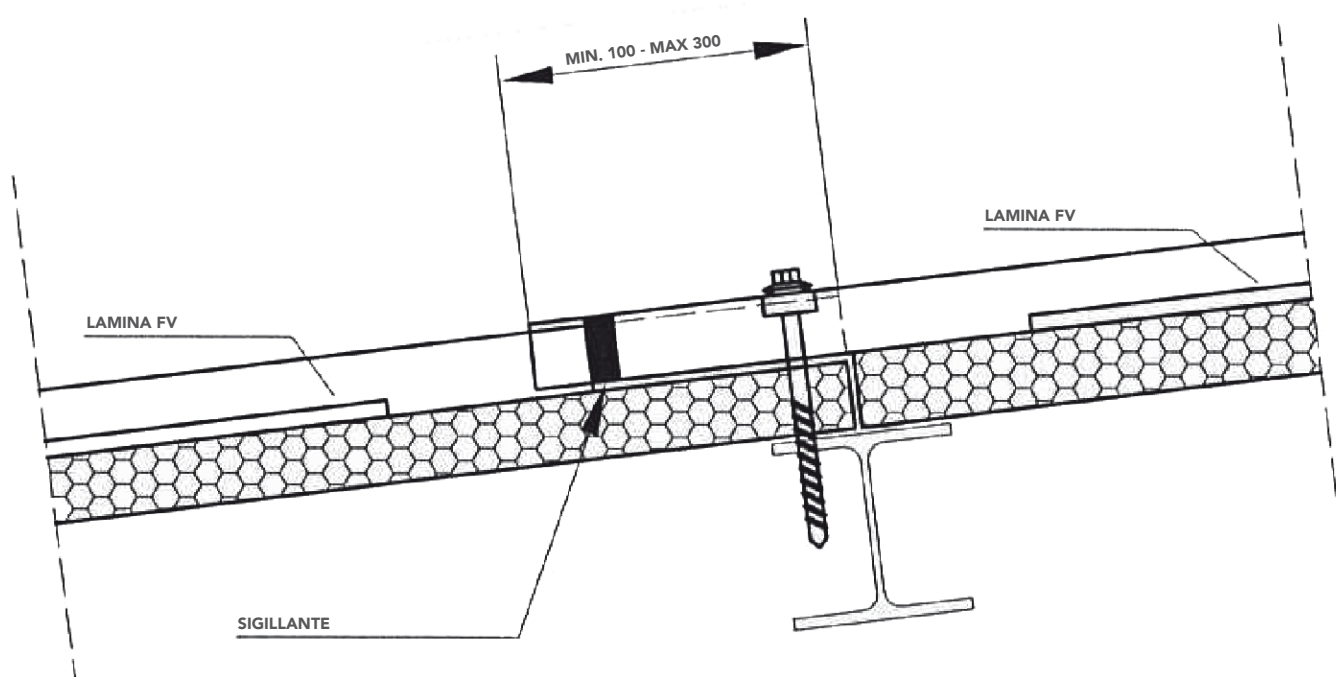




Una volta posizionato il pannello, con l'ausilio del trapano, predisporre il foro per la vite che dovrà essere perpendicolare alla superficie del pannello e centrato sulla greca. Il cappello può essere utilizzato come dima per ottenere un buon centraggio del foro. **La scelta della lunghezza della vite dipende dallo spessore del pannello.**

Per assicurare un effetto uniforme ai pannelli di copertura, collegarli, tra un arcareccio e l'altro, nella loro sovrapposizione, con un'ulteriore vite di cucitura Ø 6.3 x 20 più cappello e rondella.

Effettuato il sormonto dei pannelli (over-lapping), fissare gli stessi agli arcarecci sottostanti ponendo una vite per ogni greca interessata all'over-lapping, come indicato in figura.



#### Attenzione

Evitare assolutamente di fissare i pannelli forando i moduli fotovoltaici; questa operazione oltre danneggiare il modulo fotovoltaico può generare scosse elettriche o incendi.

# Ispezione

- Durante e appena terminata la posa dei pannelli sarà cura e onere dell'impresa di montaggio provvedere all'asportazione di tutto il materiale non più necessario compreso possibili tracce del film protettivo. L'impresa dovrà porre massima attenzione nell'asportare i trucioli metallici e gli elementi abrasivi che si siano depositati sulla copertura.
- Nella prima ispezione occorre controllare che non siano stati abbandonati materiali estranei o sfridi di lavorazione in grado di innescare fenomeni di corrosione o danneggiamenti nei confronti dell'involucro edilizio, o che possano impedire il corretto deflusso delle acque meteoriche.

# Manutenzione ordinaria

La manutenzione ordinaria è di **competenza dell'utilizzatore finale** ed ha la funzione di mantenere inalterati il rendimento del generatore fotovoltaico e l'estetica e la funzionalità della copertura dell'edificio nel corso degli anni successivi alla sua realizzazione.

Sulle coperture dovranno essere eseguite delle **periodiche ispezioni** (si consiglia almeno una ogni 6 mesi, solitamente prima e dopo la stagione invernale), per verificare lo stato di conservazione delle superfici e dei moduli fotovoltaici.

Eseguire in ogni caso un sopralluogo qualora, monitorando la produzione e il rendimento istantaneo del generatore, dovessero verificarsi delle anomalie o degli scostamenti sensibili dai valori medi rilevati.

Le cause di intervento possono dipendere da:

- **Depositi sulle coperture di sostanze aggressive** presenti in un'atmosfera industriale: queste sostanze vanno rimosse con getti d'acqua quando si constata che non siano sufficienti le piogge. Se i normali getti d'acqua non fossero sufficienti ad asportare le sostanze depositate, ricorrere a detersivi blandi e non abrasivi disciolti in acqua.
- **Deposito di prodotti di natura aggressiva** provenienti dalla combustione in prossimità di camini: nell'ispezione particolare attenzione dovrà essere posta in queste zone.
- **Deposito residuo sulle superfici dei moduli fotovoltaici** e/o confluenza nelle gronde e nelle converse dei materiali che il vento o l'atmosfera ha depositato nelle coperture: per evitare che si riduca il rendimento del generatore o che si intacchi il supporto metallico o che venga ostacolato il naturale deflusso dell'acqua, procedere ad un energico lavaggio.

Programmare comunque un **lavaggio periodico** delle superfici dei moduli fotovoltaici impiegando acqua, con frequenza minima annuale, al fine di eliminare i depositi di polveri atmosferiche che potrebbero costituire uno schermo alla radiazione solare. In ogni caso la periodicità di ripetizione dei lavaggi varia da sito a sito in funzione dalle condizioni climatiche e ambientali e dalle lavorazioni svolte nello stabilimento interessato o nelle immediate vicinanze dello stesso.

Nel caso l'esito di sopralluogo ispettivo portasse alla constatazione di problemi di conservazione in atto, è necessario procedere con un intervento di manutenzione straordinaria, a cura e onere della proprietà, allo scopo di ripristinare le condizioni iniziali.



## Attenzione

Le operazioni di pulizia devono essere considerate a tutti gli effetti come delle lavorazioni in quota, quindi devono sottostare alle normative vigenti in materia di sicurezza.

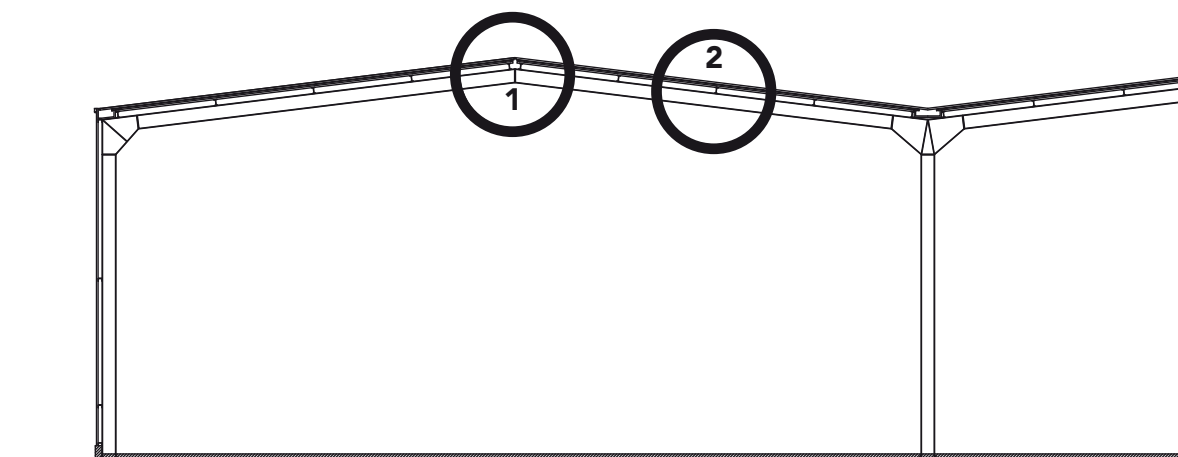
Una volta lavati i pannelli o comunque in presenza di ambienti esterni umidi fare molta attenzione in quanto gli stessi diventano estremamente scivolosi.

## Importante

La società Marcegaglia non si assume alcuna responsabilità per danni a persone o cose, causati da errori di montaggio o di installazione, da interventi straordinari non previsti a progetto e successivi alla fine dei lavori, dall'impiego non conforme o da una non corretta manutenzione dei pannelli fotovoltaici Marcegaglia.

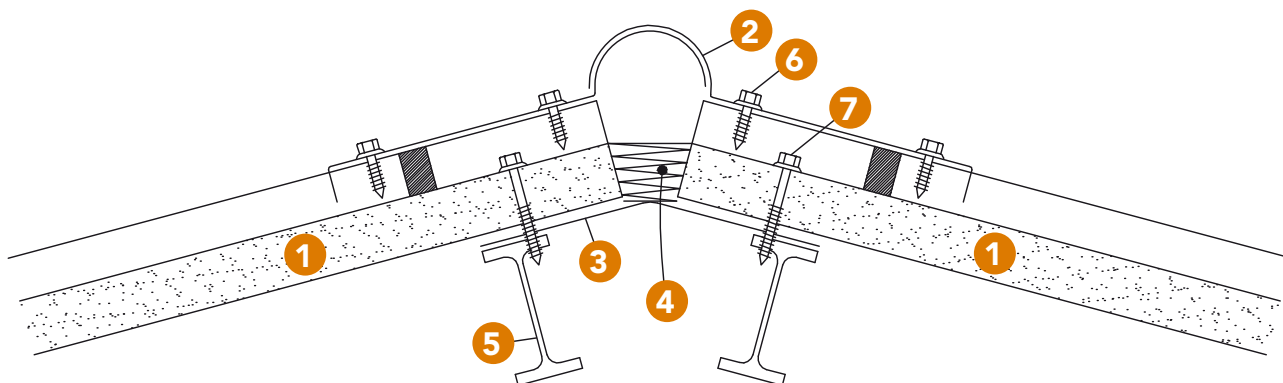
# Soluzioni standard per il montaggio

- ❶ Colmo fustellato a cerniera
- ❷ Sormonto



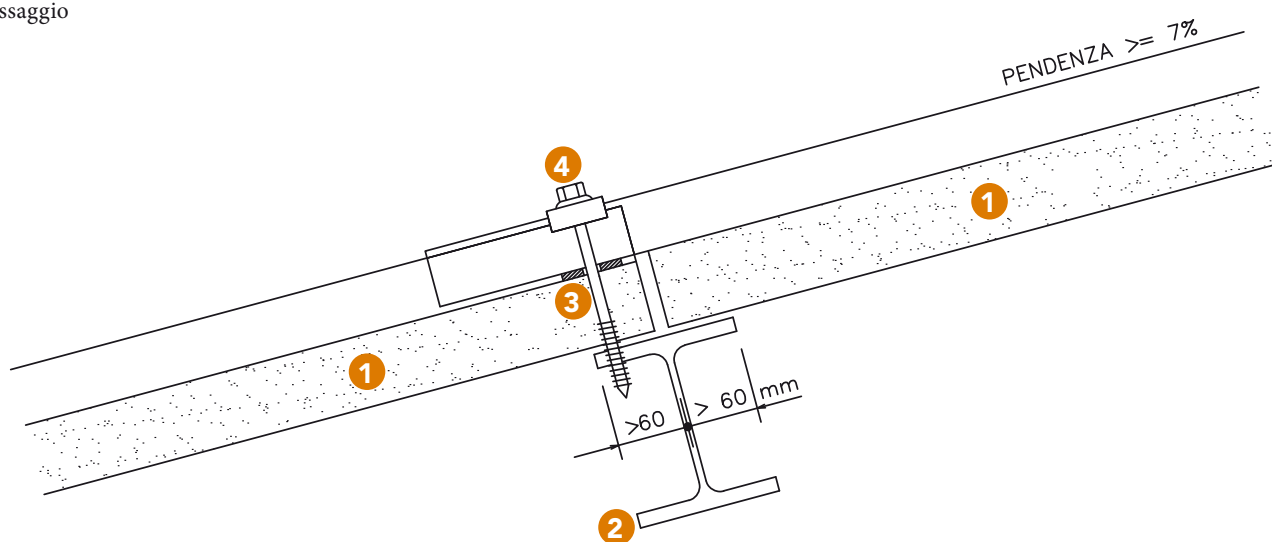
## COLMO

- ❶ Pannello copertura
- ❷ Colmo fustellato a cerniera
- ❸ Sotto colmo
- ❹ Isolamento lana di roccia
- ❺ Struttura
- ❻ Fissaggio colmo - pannello
- ❼ Fissaggio pannello - struttura



## SORMONTO

- 1 Pannello copertura
- 2 Struttura
- 3 Silicone
- 4 Fissaggio



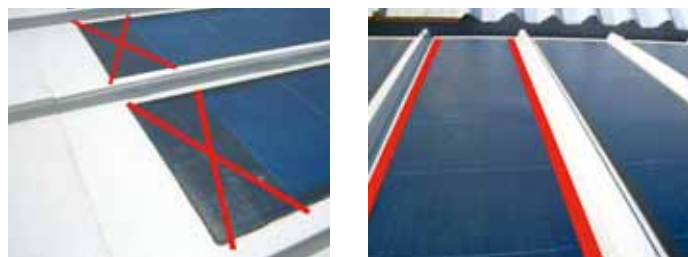
# Accorgimenti operativi da adottare per una corretta attività sui supporti fotovoltaici Marcegaglia Solar

**1** Nel caso si debba camminare sulla copertura fotovoltaica si raccomanda di non calpestare i bordi delle lamine in corrispondenza dei diodi di bypass e le testate delle lamine fotovoltaiche sia del tipo bottom che del tipo top.

Utilizzare possibilmente scarpe dalla suola morbida, e prima di salire sul tetto, effettuare una pulizia accurata delle scarpe. I detriti attaccati sotto la suola potrebbero danneggiare gravemente le lamine, provocando scalfitture e tagli della superficie.

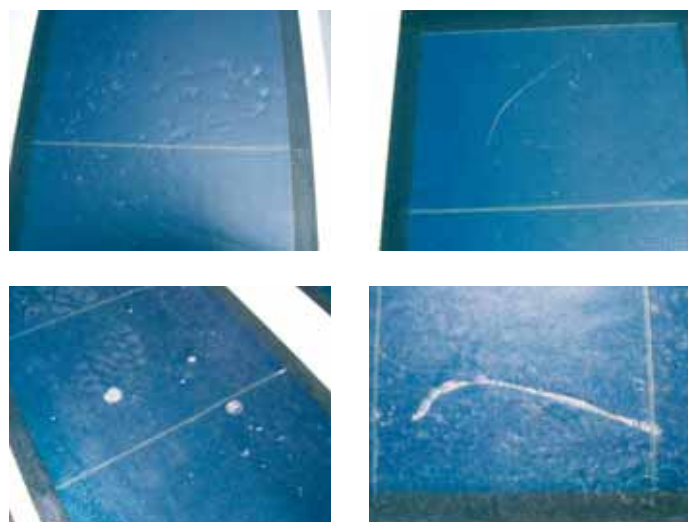
Evitare di scaricare il peso su punti circoscritti della lamina e di comprimere parti di lamina.

Si consiglia, se possibile, di camminare poggiando i piedi in corrispondenza delle greche di rinforzo dei pannelli. Se possibile utilizzare assi, tavolati o basamenti in polistirolo per camminare nel caso di trasporto e movimentazione di materiale ed attrezzature pesanti.



**2** Rimuovere accuratamente dalla superficie delle lamine, qualora siano presenti, detriti e sfridi di lavorazioni (spezzoni di lattuneria, viti, rivetti etc.).

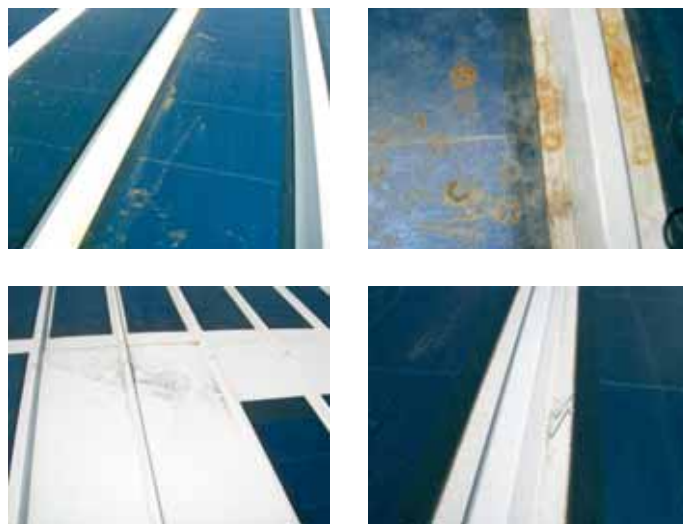
Calpestare un detrito potrebbe danneggiare le lamine, provocando compressioni localizzate, strisciature e tagli con conseguente infiltrazione di acqua e sporcizia nei punti di apertura dello strato protettivo di EVA.



**3** La presenza di detriti metallici sulla superficie della lamina può comportare la formazione di ruggine che si attacca e si deposita riducendo le prestazioni elettriche del laminato.

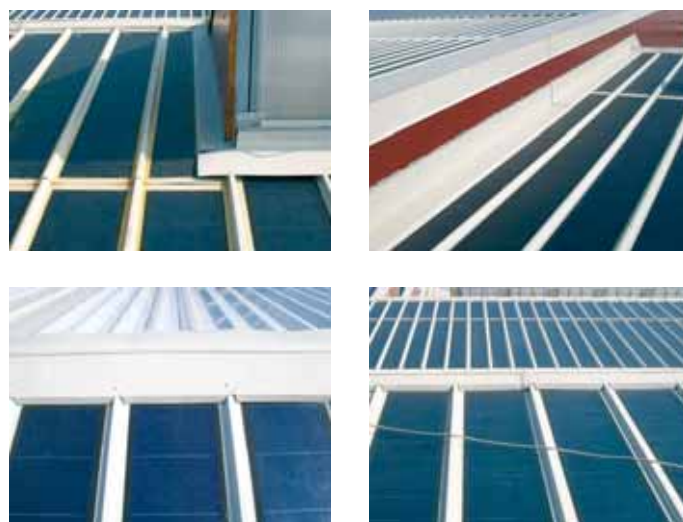
Utilizzare scope/spazzole con setole morbide per la rimozione dei detriti non ferrosi; controllare e pulire frequentemente le setole durante la pulizia delle lamine.

**4** Per una pulizia idonea dell'eventuale limatura ferrosa prodotta durante le lavorazioni sul tetto ricorrere all'uso di aspiratori.



**5** Non coprire parti di lamina con lattonomie, attrezzature e materiale vario. L'ombreggiamento totale di parte delle lamine provoca la riduzione delle prestazioni elettriche.

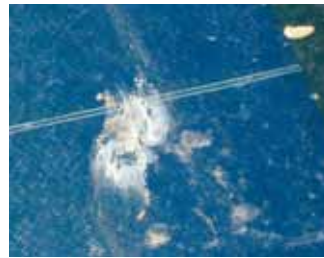
Nel caso di lamine che terminano al di sotto della lattuneria di colmo fare attenzione a non calpestarla. Il colmo fustellato se compresso può provocare un effetto "ghigliottina" sulla lamina provocando seri danneggiamenti. Inoltre, nel caso di installazione di profili di finitura (scossaline laterali, gocciolatoi, pluviali, etc) evitare di far confluire l'acqua piovana di scolo direttamente sulle lamine.



**6** Effettuare sempre una movimentazione accurata di attrezzature e materiale durante le lavorazioni sul tetto. Evitare di far strisciare attrezzi e componenti vari sulle lamine o di far cadere elementi metallici taglienti (viti, taglierini, cutter, forbici, punte di trapano, dischi di flessibile, etc.).



**11** Attenzione all'uso di resine, colle e silicone. Evitare di far cadere sulle lamine frammenti di colla. Evitare l'uso di solventi, acidi per la rimozione del silicone. Non utilizzare spugne ruvide o retine metalliche per pulire le lamine.



**7** In caso di lavorazioni, tagli o fori da effettuare vicino alle lamine fotovoltaiche, interporre dei pezzi di legno o distanziali per evitare forature e danneggiamenti.

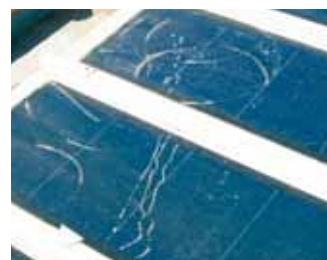


**12** Non rimuovere le lamine e non fare leva sui bordi per aprirle. Controllare ed evitare che elementi metallici sottili e taglienti penetrino al di sotto delle lamine in corrispondenza dei punti di incollaggio con il supporto.



**8** Non scrivere e non graffiare la superficie delle lamine fotovoltaiche.

**9** Evitare il contatto diretto delle lamine con elementi di latorneria varia (scossaline), viti di fissaggio ed altri elementi con profili taglienti, scarti e spezzoni delle lavorazioni dei pannelli od altro e oggetti pesanti che potrebbero provocare danneggiamenti da eccessiva pressione.



**13** Non tirare, stratonare o calpestare i cavi nel caso di lamine del tipo top. Non sollevare i pannelli facendo presa dai cavi. Non calpestare o colpire le scatole di giunzione del tipo bottom.

**14** Mantenere e garantire sempre una superficie pulita e libera da residui e scarti di lavorazione. Al termine delle attività lavorative sul tetto pulire accuratamente la superficie fotovoltaica dalla sporcizia e dalla polvere accumulata.



**10** Fare attenzione in caso di movimentazioni con cestelli e gru. Evitare di far toccare la base del cestello con le lamine.

*Nota: Le foto mostrate evidenziano alcuni degli effetti tipici dovuti al mancato impiego delle precauzioni sopracitate.*

# Manuale di installazione elettrica

## PRECAUZIONI E AVVERTENZE IN MERITO ALLA SICUREZZA

### Informazioni generali

L'installazione dei prodotti Marcegaglia Solar deve essere eseguita in conformità alla norme vigenti e in particolare seguendo le CEI 11-27 - EN 50110 relative alla sicurezza nei lavori elettrici.

Ogni volta che le lamine fotovoltaiche sono esposte a una sorgente luminosa, possono essere generate tensioni in corrente continua potenzialmente letali, quindi evitare il contatto con parti elettricamente attive e accertarsi di isolare i circuiti sotto tensione prima di chiudere o aprire connessioni.

Evitare di procedere con alcuna azione se nascono dubbi sul metodo giusto o sicuro di svolgere una qualsiasi procedura riportata in questo documento.

Indossare sempre un appropriato equipaggiamento protettivo e di sicurezza, come:



- Calzature con suola di gomma
- Guanti resistenti alle sostanze chimiche e ai tagli
- Casco
- Occhiali di sicurezza

Quando si lavora su connessioni elettriche, rimuovere tutti i gioielli metallici e usare strumenti isolati.

Usare guanti resistenti ai tagli ogni volta che si movimentano i pannelli e le lamine.

I pannelli fotovoltaici Marcegaglia Solar contengono componenti elettrici racchiusi e protetti. Non tagliare né modificare le lamine e le relative connessioni elettriche in nessun modo. Non inserire viti in nessuna parte di una lamina. Modificando una lamina o installandola impropriamente si possono subire scosse elettriche e/o causare un incendio; inoltre, si annulla la garanzia limitata del prodotto. In casi estremi, in cui è necessario un incollaggio aggiuntivo delle lamine al substrato, consultare il rappresentante Marcegaglia Solar per avere informazioni dettagliate.

### Area di lavoro

Seguire tutte le prassi di sicurezza appropriate per l'area di lavoro. Non movimentare i pannelli fotovoltaici se c'è vento forte. Non installare le lamine né sottoporle a manutenzione se sono bagnate o in presenza di acqua stagnante. Accertarsi che nell'area di lavoro non ci siano oggetti che possano fare inciampare. Collocare chiari segni di avvertenza in corrispondenza di ciascun punto di accesso all'area di installazione.

La segnaletica deve indicare chiaramente i pericoli corrispondenti a un impianto solare ad alta tensione, l'equipaggiamento di protezione personale che deve essere indossato e i numeri telefonici di emergenza dei vigili del fuoco e del pronto soccorso.

Seguire con attenzione le procedure sul lavoro elettrico riportate alla fine di questo documento.

### Ulteriori informazioni

Eventuali graffiature della superficie anteriore delle lamine fotovoltaiche durante il trasporto e la messa in opera non ricadono nell'ambito della garanzia Marcegaglia. Cercare di non camminare né inginocchiarsi sulle lamine. Indossare calzature con suola morbida e pulita (senza trucioli o piccole pietre) per evitare di graffiarne la superficie anteriore, evitare di far cadere oggetti affilati o di collocare oggetti sulle lamine e non spostare oggetti pesanti, cassette attrezzi, carriole né trascinare oggetti su di essi. I pannelli fotovoltaici contengono componenti elettrici e non possono essere tagliati né modificati in alcun modo.

Non collegare né scollegare cavi a connessione rapida sottoposti a un carico, questo per ridurre il rischio di folgorazione o di fiammate di archi elettrici, se possibile coprire i pannelli con un materiale opaco prima di collegare i cavi elettrici.

La tensione nominale di tutti gli apparecchi di misura, i cavi e le sonde deve essere pari ad almeno la massima tensione dell'impianto. Osservare la giusta polarità quando si collegano i laminati a un circuito elettrico, poiché connessioni scambiate possono danneggiarli e annullano la garanzia limitata del prodotto.

Non tentare di concentrare la luce solare (mediante lenti, specchi ecc.) sui pannelli per aumentare la potenza generata, poiché è possibile causare danni e si annullerebbe la garanzia limitata del prodotto.

Non utilizzare nessun agente chimico sui laminati o presso di essi che non sia approvato da Marcegaglia.

Non usare i cavi delle lamine per sollevare o movimentare i pannelli.

### Alcune precisazioni sulle specifiche elettriche

Le specifiche tecniche sono basate su misure eseguite in condizioni di prova standard con irradiazione di 1000 W/m<sup>2</sup>, massa d'aria 1,5 e temperatura delle celle pari a 25 °C a norma, dopo la stabilizzazione.

La tolleranza di produzione per P<sub>max</sub> in condizioni di prova standard (STC, Standard Test Condition) è ±5%, mentre per altri parametri elettrici è ±10%.

Durante le prime 8-10 settimane di funzionamento, i valori di uscita elettrica dei moduli sono maggiori dei rispettivi valori nominali.

Marcegaglia Solar incorpora un fattore di degradazione iniziale nella classificazione dei suoi moduli per assicurare che tutti i laminati rientrino nelle specifiche alla fine del processo iniziale di degradazione indotto dalla luce (LID, light induced degradation).

Ciò significa che quando viene installato un nuovo modulo Marcegaglia Solar, esso genera una potenza maggiore della potenza minima dichiarata.

### Alcune informazioni in merito all'installazione

Durante lo studio preliminare all'installazione dei laminati Marcegaglia Solar, è necessario tenere presente quanto segue:

#### Orientamento dei laminati

I laminati devono essere installati paralleli alla pendenza della copertura nel senso della loro lunghezza. È necessaria una separazione minima di 2 mm tra i laminati, ma si consiglia 20 mm per consentire eventuali variazioni nel loro posizionamento.

#### Acqua stagnante

Individuare eventuali aree in cui si possa formare facilmente acqua stagnante, ossia acqua ferma dopo che è piovuto, ed evitare di installare i laminati in queste aree. Nelle aree di deflusso si può formare facilmente acqua stagnante se le grondaie si intasano.

### Coperture con elevata pendenza (>60°)

Se la pendenza delle falde è elevata, oltre i sessanta gradi, possono essere necessarie ulteriori procedure; rivolgersi al rappresentante Marcegaglia Solar per consigli concernenti la specifica applicazione.

### Aree con precipitazioni nevose abbondanti

In questo caso può essere necessario inserire un'ulteriore protezione ai bordi o sigillarli per evitare che la neve e il ghiaccio si accumulino sui laminati. Rivolgersi al rappresentante Marcegaglia Solar per consigli concernenti la specifica applicazione.

### Aree ad alta temperatura

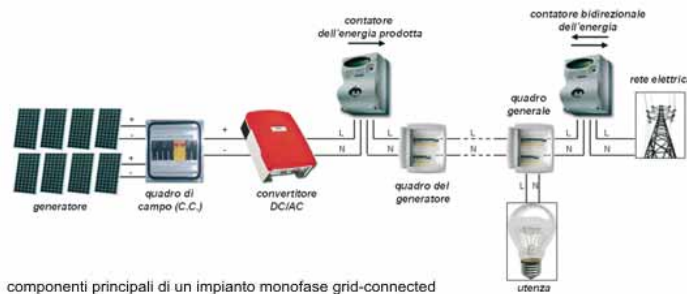
Se vi è la possibilità che la temperatura superficiale del substrato superi gli 85 °C, rivolgersi al rappresentante Marcegaglia Solar per consigli concernenti la specifica applicazione.

### Aree ombreggiate

Come per ogni altro impianto ad energia solare, le prestazioni dell'impianto peggiorano se i laminati rimangono all'ombra. Normalmente l'ombreggiatura può essere ridotta al minimo assicurando che la distanza tra l'ostacolo e i laminati sia superiore al triplo dell'altezza dell'ostacolo stesso. È bene comunque fare uno studio accurato della geometria della copertura per evitare possibili ombreggiamenti.

## Installazione elettrica

Principio di funzionamento degli impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica.



Gli impianti fotovoltaici grid-connected funzionano in parallelo alla rete elettrica nazionale. Il loro funzionamento è automatico quando i pannelli vengono illuminati dalla luce della mattina, e in generale richiedono un ridotto monitoraggio giornaliero.

La schiera di moduli solari genera energia elettrica c.c. ogni volta che è illuminata dalla luce solare. Non appena viene prodotta energia in quantità sufficiente, l'inverter si inserisce automaticamente per convertire tale energia in energia elettrica c.a. di qualità adeguata alla rete elettrica. Quando invece i moduli solari generano un livello basso o anche nullo di energia c.c. (ad esempio, al tramonto), l'inverter passa a uno stato di inattività finché non rileva che la schiera di moduli genera di nuovo energia.

Inoltre, l'inverter monitora continuamente la qualità dell'energia nella rete e si disinserisce automaticamente se rileva che i parametri sono fuori dei limiti accettabili che sono univocamente stabiliti dall'ente distributore dell'energia elettrica (ENEL); successivamente l'inverter si reinserisce quando vengano ripristinate le normali condizioni della rete elettrica.

La presenza di elevati valori di tensione in corrente continua unita alle peculiarità degli impianti fotovoltaici (impossibilità di togliere tensione se non oscurando i pannelli solari e generazione da parte delle stringhe di correnti di cortocircuito con valori molto prossimi alle correnti generate in condizioni standard), impongono una particolare attenzione nella scelta dei dispositivi di protezione, comando e sezionamento. È necessario quindi utilizzare dei prodotti specifici dedicati ad applicazioni fotovoltaiche per soddisfare tutte le esigenze impiantistiche, a partire dalla stringa sul lato in corrente continua, fino ad arrivare al punto di connessione alla rete in corrente alternata. Tutto questo comprende i connettori, i cavi e i sistemi di fissaggio, portafusibili, interruttori automatici, interruttori di manovra sezionatori, scaricatori di sovratensione (SPD), cassette, centralini e involucri idonei all'utilizzo in esterno tutti appositamente progettati per questo tipo di applicazioni.

### Connettori



### Cavi



### Sistemi di fissaggio



### Fusibili e porta fusibili



### Interruttori automatici e interruttori di manovra sezionatori





Scaricatori di sovratensione (SPD)



Cassette, centralini e involucri idonei all'utilizzo in esterno tutti appositamente progettati per questo tipo di applicazioni



### Cablaggio dell'impianto

Le lamine fotovoltaiche Marcegaglia Solar, sono dotate di spine e prese MC3.



Ciò assicura una connessione veloce e affidabile di gruppi o stringhe di moduli. Questi componenti non sono concepiti per l'uso da sezionare sotto carico, pertanto i connettori MC3 non devono essere scollegati mentre l'impianto è in funzione.

Se non è possibile completare il cablaggio dell'impianto durante l'installazione dei laminati, lasciare i connettori dei laminati in cortocircuito tra di loro (come spediti dalla fabbrica) per prevenire la corrosione dei connettori. Quando i laminati sono esposti alla luce solare, coprirli con materiale opaco prima di scollegarli, oppure sezionare la parte di impianto mediante appositi dispositivi elettromeccanici (interruttori o sezionatori sotto carico).

### Collegamento in serie delle lamine fotovoltaiche

Le lamine fotovoltaiche Marcegaglia Solar vengono collegate in serie per formare le stringhe della giusta tensione per il funzionamento con l'inverter. Questo si realizza collegando la spina (polo positivo) di un laminato alla presa (polo negativo) del laminato successivo. È possibile ridurre al minimo le perdite nell'impianto dovute a disadattamenti tra i moduli solo collegando in serie moduli che abbiano la stessa  $I_{mp}$  nominale.

La massima tensione di circuito aperto dell'impianto, nel caso peggiore in relazione alla temperatura ambiente (quindi alla temperatura minima che si prevede per l'impianto, generalmente fra i  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), non deve superare la massima tensione dell'impianto in conformità ai pertinenti valori nominali IEC/UL dei moduli o la massima tensione d'ingresso dell'inverter e degli altri dispositivi elettronici installati nell'impianto.

$$\text{Tensione dell'impianto} = N * V_{oc} * [1 + TCV_{oc} * (25 - T_{min})]$$

- N Numero di laminati in serie
- $V_{oc}$  Tensione di circuito aperto di ciascun laminato
- $TCV_{oc}$  Coefficiente termico della tensione di circuito aperto ( $-0,38\%/^{\circ}\text{C}$ )
- $T_{min}$  Temperatura ambiente minima

## Selezione degli inverter

**La necessità di utilizzare inverter con trasformatore di isolamento.** Gli inverter fotovoltaici includono diversi sistemi di controllo per il rilevamento automatico di anomalie e per la segnalazione di condizioni potenzialmente pericolose. Alcuni allarmi comportano lo spegnimento della macchina se il livello di pericolo supera quanto previsto dal costruttore o dalle norme di sicurezza. Un sistema di segnalazione comune a molti inverter consiste in un allarme che indica la presenza di una fuga di corrente differenziale che fluisce nell'impianto fotovoltaico. La causa più comune è rappresentata da guasti di terra all'interno dell'impianto. L'inverter in queste condizioni indica un codice di allarme simile a "RISO" e/o "Idn, corrente differenziale".

Molti degli inverter in uso nell'industria fotovoltaica utilizzano trasformatori che isolano galvanicamente il lato AC dell'inverter (la rete elettrica) dal lato DC (l'impianto FV). Tuttavia i produttori di inverter offrono spesso inverter privi di trasformatore allo scopo di ridurre i costi e di migliorare l'efficienza degli inverter per l'industria fotovoltaica. Tali inverter non dispongono di un trasformatore che isoli la rete elettrica dall'impianto FV, non c'è quindi un isolamento galvanico tra la parte in alternata e quella in continua.

Tutti i moduli fotovoltaici tradizionali hanno una capacità limitata di immagazzinamento di carica elettrica; ciò è generalmente trascurabile quando i moduli sono montati in posizione distante dall'edificio. I moduli flessibili Marcegaglia Solar vengono montati direttamente su un supporto metallico (lamiera) che è parte stessa del tetto. L'acciaio inox contenuto nella lamina fv, insieme all'acciaio della copertura del tetto, è di fatto un carico capacitivo sul lato CC dell'inverter.

A causa di questo carico capacitivo sul lato CC dell'inverter, una debole corrente passa attraverso questo "condensatore" e l'inverter può interpretare questo fenomeno come una corrente di fuga e quindi come una condizione pericolosa, indicando un guasto di isolamento.

Sebbene questo non rappresenti un pericolo, le prestazioni del sistema possono risultare ridotte se le lamine fotovoltaiche Marcegaglia Solar vengono collegate con inverter privi di trasformatore.

Per ottenere prestazioni di sistema ottimali, Marcegaglia consiglia di utilizzare solamente inverter dotati di trasformatori di isolamento.

## Scelta e dimensionamento dell'inverter

Nei primi mesi di funzionamento, la potenza generata dalle lamine fotovoltaiche Marcegaglia Solar può essere maggiore di quella nominale. Si tratta di un effetto temporaneo, che non influisce sulla selezione dell'inverter. Al momento di scegliere un inverter, i parametri di cui tenere conto sono la potenza nominale complessiva delle lamine ( $P_{max}$ ), la tensione di circuito aperto, la tensione di esercizio ( $V_{mpp}$ ), verificando che la massima corrente d'ingresso non sia superata. Il superamento della massima tensione nominale può causare danni ai componenti. Quando si determina il numero di laminati in serie, si consiglia di aumentare la tensione di circuito aperto di un fattore di degradazione del 4%, tenendo conto di poter raggiungere una temperatura minima di -10 °C.

**La massima tensione di circuito aperto della stringa si calcola con la seguente formula:**

$$V_{string} = N \times V_{oc} \times (1 + 4\%) \times [1 + TCV_{oc} \times (T_{effettiva} - T_{stc})]$$

**Dove:**

- $TCV_{oc}$  è il coefficiente termico della tensione di circuito aperto (-0,38%/°C)
- $V_{oc}$  è il valore nominale (dalla scheda dati) della tensione

di circuito aperto

- $T_{stc}$  è la temperatura della cella nelle condizioni di prova standard (25 °C)
- $T_{effettiva}$  è la temperatura minima prevista (in genere -10 °C)
- $N$  è il numero delle lamine in serie

Le stringhe che vanno collegate in parallelo allo stesso ingresso dell'inverter devono avere tensioni di circuito aperto prossime tra di loro; lo scarto non dovrebbe superare  $\pm 5$  V.

La massima tensione della stringa deve essere minore sia della massima tensione d'ingresso dell'inverter sia della massima tensione dell'impianto definita dalle norme: 1000 V (IEC) e 600V (UL).

Ad esempio, per un impianto installato in conformità ai valori nominali IEC e un inverter con tensione d'ingresso massima di 1.000 V, è possibile collegare in serie fino a 18 laminati da 128/136/144 Wp quando la temperatura minima è pari a circa -10 °C; se la temperatura minima può raggiungere -20 °C, è necessario ridurre di un'unità questo valore, ossia il numero massimo di laminati è 17.

## Collegamento di lamine e stringhe in parallelo

I fusibili (portata nominale di 10 A) devono essere collegati in serie con ciascuna stringa.

Se l'impianto c.c. non è collegato a un impianto di messa a terra, occorre collegare fusibili sia ai poli (terminali) positivi che a quelli negativi. Dopo aver collegato in serie (dal positivo al negativo) più lamine in una stringa di moduli, i cavi delle varie stringhe con connettori MC3 possono essere collegati al resto dell'impianto fotovoltaico. I cavi di stringa devono essere classificati per l'uso con la massima tensione dell'impianto, devono avere temperatura nominale minima di 90 °C e devono essere adatti per l'uso all'aperto a lungo termine. La corrente minima nominale dei cavi si determina moltiplicando il numero di stringhe in parallelo per la corrente di cortocircuito dei laminati e applicando un fattore di sicurezza del 125%. Per migliorare le prestazioni dell'impianto, determinare la caduta di tensione nei cavi delle stringhe per assicurare che l'attenuazione della potenza sia ridotta al minimo. L'attenuazione media della potenza nella stringa sino ai cavi di connessione all'inverter deve essere minore del 2% circa, è chiaro che più bassa è meglio è per l'efficienza totale dell'impianto.

Se l'impianto DC è flottante (IT, quindi non collegato a un impianto di messa a terra), occorre collegare fusibili sia ai poli positivi che a quelli negativi.

## Cavi di collegamento

I cavi da utilizzare per la connessione delle lamine hanno delle caratteristiche particolari. Si tratta di un cavo espressamente concepito da per le applicazioni fotovoltaiche.

Le speciali mescole utilizzate conferiscono al prodotto una maggiore resistenza agli agenti chimici, all'acqua, ai raggi UV. È un cavo adatto per l'installazione fissa all'esterno ed all'interno, senza protezione o entro tubazioni in vista o incassate, o sistemi chiusi similari. Adatto anche per posa direttamente interrata o in tubi interrati

La portata di corrente di un cavo è determinata principalmente dal tipo di materiale utilizzato e dalla temperatura ambiente. Temperature fino a 80 °C si presentano abbastanza frequentemente nei sistemi solari fotovoltaici installati sopra o sotto i tetti. Le temperature generalmente tollerate dai cavi standard non garantiscono la portata di corrente necessaria. La conseguenza è rappresentata da un dispendioso utilizzo di sezioni di rame superiori.

Anche per questi motivi i cavi per impianti fotovoltaici sono realizzati con mescole in grado di tollerare temperature fino a 120 °C. La vita prevista del cavo deve essere compatibile con quella attesa dell'impianto quindi almeno di 30 anni. Lo speciale isolante, utilizzato come guaina esterna nel cavo solare, è in grado di resistere all'azione aggressiva svolta dagli oli minerali. Il cavo solare è superiore rispetto ai cavi tradizionali anche per installazioni o operazioni a basse temperature.

### Messa a terra

Le lamine fotovoltaiche Marcegaglia non contengono un telaio metallico e quindi non è necessario collegarli a un impianto di messa a terra. Le lamiere dove sono incollate le lamine devono essere collegate a un impianto di messa a terra in conformità alle norme vigenti.

### Segnalazione di impianto elettrico in tensione

Nel locale elettrico (cabina, quadri, cassette) devono essere apposti appositi cartelli che segnalino la presenza di un impianto elettrico in tensione



Inoltre deve essere anche indicata la doppia alimentazione (da rete elettrica e dal campo fotovoltaico)



Le segnalazioni di circuiti elettrici sempre in tensione devono essere apposte anche lungo le canalizzazioni poste lungo tutto l'impianto.

### Prove preliminari alla messa in servizio

Prima dell'esecuzione di una prova completa dell'impianto e quindi dell'allaccio alla rete elettrica nazionale, l'installatore deve eseguire una prova preliminare volta ad accertare che l'impianto sia installato correttamente e pronto per la connessione.

#### La prova preliminare si articola in tre fasi:

- Verifica visiva dell'installazione
- Verifica delle connessioni
- Verifica delle prestazioni dell'impianto una volta collegato

### Verifica visiva

L'esecuzione di una prova visiva della serie di stringhe installate una volta completata l'installazione è importante, poiché fornisce un buon riferimento per le visite di ispezione e manutenzione.

- Accertarsi che in corrispondenza di ciascun punto di accesso all'area di installazione siano collocati segni di sicurezza appropriati.
- Annotare il numero di serie di ciascun laminato, e se possibile la sua posizione sulla copertura e a quale cassetta di stringa e quindi inverter è collegata ciascuna lamina.
- Verificare visivamente che ciascun laminato aderisca perfettamente al substrato. Se ci sono aree del laminato non aderenti perfettamente, identificarle con una matita o un evidenziatore indelebile affinché siano riparate o monitorate durante le visite successive di manutenzione.
- Controllare se la superficie anteriore del laminato si è graffiata o danneggiata durante l'installazione. Rivolgersi immediatamente al personale Marcegaglia per indicazioni sulla eventuale riparazione.
- Pulire le lamine che si presentano particolarmente sporche prima di eseguire le verifiche elettriche. Quantità eccessive di sporcizia sulle lamine ne limitano le prestazioni e provocano risultati di prova falsati.
- Verificare che tutte le lamine siano posizionate in aree che non saranno ombreggiate.
- Verificare che tutte le lamine siano posizionate in aree in cui non si possa formare acqua stagnante.
- Verificare che i cavi siano adatti per l'uso all'aperto, siano contenuti correttamente nelle canalette e non si trovino in acqua stagnante. Ispezionare i cavi per verificare che le connessioni siano salde.
- Verificare che siano stati installati gli appropriati fusibili della stringa (max 10 A) in ciascun polo senza messa a terra.
- Quando le lamine sono montate su una lamiera che richiede messa a terra, verificare che esista continuità tra le lamiere adiacenti e che la connessione di messa a terra sia appropriata.

### Verifica dell'impianto elettrico

Le seguenti prove devono essere effettuate solo da personale esperto e qualificato che abbia dimestichezza con i lavori su impianti elettrici sotto tensione in BT e in particolare su quelli solari fotovoltaici.

Per poter fare delle prove attendibili è bene che le condizioni meteo siano adeguate, quindi bisogna che ci sia il sole splendente nel cielo terso. Eventuali velature del sole, anche deboli, possono invalidare le prove e le misure.

#### Prima di iniziare con le prove, accertarsi che:

- Tutti gli interruttori e i sezionatori DC siano aperti (OFF).
- Tutti i portafusibili sezionabili delle stringhe siano aperti.
- Tutti gli apparecchi di misura, i cavi e le sonde abbiano tensione nominale pari ad almeno la massima tensione dell'impianto (600 o 1000 V).
- L'inverter sia disinserito
- Apporre a ciascuna cassetta un segno di avvertenza indicante che

sono in corso lavori sull'impianto fotovoltaico, bloccando se possibile i sezionatori aperti con l'apposito lucchetto (quando previsto).

- Verificare che la struttura dell'impianto (stringhe, disposizione, ecc) sia aderente con quanto previsto dal progetto.
- Lavorando su ogni cassetta di stringa, misurare e annotare la tensione di circuito aperto di ciascuna stringa.
- Verificare che tutte le stringhe collegate ai portafusibili delle cassette abbiano la corretta polarità e tensione di circuito aperto simile.
- Se le variazioni tra le tensioni della stringa sono notevoli (10 o più Volt) o se la stringa produce 0 V, significa che nella stringa c'è un'anomalia, che può essere un cortocircuito o un circuito aperto oppure una lamina difettosa. È necessario in questi casi verificare singolarmente ciascun modulo.
- Le differenze tra le tensioni nella stringa possono essere dovute a una connessione sbagliata delle lamine. Accertarsi che sia collegato in serie il numero giusto di lamine e che ciascuna lamina generi la corretta tensione; per eseguire questa verifica, è necessario aprire la stringa scollegando le lamine e controllando la tensione direttamente ai capi del modulo sui connettori.
- È molto importante la verifica che la polarità di ciascuna stringa sia corretta. L'inversione di una stringa o di un modulo può causare danni alle lamine o ai circuiti di protezione.
- Un'inversione di polarità su un inverter può causare danni non coperti dalla garanzia.

Oltre al controllo delle tensioni ai capi delle stringhe, è importante verificare la resistenza di isolamento (Riso) tra i poli positivo e negativo della stringa rispetto al potenziale di terra; per questo è necessario utilizzare un misuratore di isolamento.

- Se le tensioni di stringa e le polarità sono corrette, è possibile chiudere i portafusibili sezionabili nella cassetta di stringa.
- Verificare a questo punto che la tensione di parallelo delle stringhe sia ancora corretta in valore e segno. Fare questa operazione su ogni cassetta di stringa dell'impianto.
- A questo punto è possibile chiudere gli interruttori o i sezionatori di uscita delle varie cassette di stringa. Durante questa fase controllare con cura la tensione in uscita dalla cassetta di stringa. Quando si chiudono i sezionatori di uscita vengono via via connesse in parallelo le varie cassette di stringa, è quindi necessario accertarsi che non ci siano delle inversioni di polarità nei cavi di uscita delle cassette. È bene quindi controllare con una pinza amperometrica in DC che non circoli corrente quando si chiudono i sezionatori.
- Controllare la presenza della corretta tensione DC sugli ingressi degli inverter e procedere con la procedura di avvio degli inverter. Seguire quindi le istruzioni di messa in servizio illustrate nel manuale fornito dal produttore dell'inverter.

### Verifica delle prestazioni dell'impianto

Dopo aver eseguito le verifiche riportate sopra e quindi l'avviamento dell'impianto, la fase finale consiste nella verifica del funzionamento dell'impianto.

Le prove che seguono, possono essere eseguite solo dopo che l'inverter è stato collegato al circuito e messo in servizio in conformità alle istruzioni del produttore.

Unitamente alla maggior parte delle verifiche visive, queste prove devono essere eseguite in occasione di ogni visita di ispezione e manutenzione.

- Per ogni inverter deve essere misurata e annotata la tensione di in-

gresso in DC proveniente dal campo fotovoltaico e la potenza erogata dal lato AC. La misura lato AC può essere effettuata mediante un analizzatore di rete, altrimenti è necessario misurare la tensione e la corrente di ogni fase per poter poi calcolare la potenza.

### Alcune note sulle procedure da adottare per i lavori elettrici

Lo scopo di questa sezione è di guidare e fornire le indicazioni pratiche atte alla esecuzione delle operazioni elettriche negli impianti elettrici, nei quadri elettrici e in generale negli equipaggiamenti elettrici, con preciso riferimento alle norme relative alla sicurezza.

Gli impianti elettrici trattati in questa sezione, in particolare quelli fotovoltaici hanno una tensione di funzionamento inferiore a 1000 V DC e sul lato AC la tensione nominale è pari a 400 V trifase. Questo tipo di impianti sono considerati dalle norme impianti in Bassa Tensione.

Per quanto riguarda la distribuzione in Media Tensione questa dovrà essere gestita da aziende e da personale appositamente istruito e competente.

Quando si deve lavorare su impianti elettrici è buona norma eliminare tutte le fonti di pericolo, in particolare si raccomanda di sezionare tutte le fonti di alimentazione. Nel caso di impianti fotovoltaici che sono caratterizzati da una doppia alimentazione elettrica (da rete AC e dal campo fotovoltaico) è chiaro che non sempre sarà possibile lavorare fuori tensione dalla parte DC, è quindi indispensabile conoscere e seguire le seguenti raccomandazioni.

### Procedura per lavori elettrici fuori tensione su impianti BT

In questa sezione vengono considerati quei lavori che vengono effettuati su un impianto elettrico che è stato messo fuori tensione ed in sicurezza.

Nella maggioranza dei casi, i lavori che vengono svolti comunemente nei quadri elettrici di automazione non sono lavori complessi, pertanto non viene richiesta la redazione di un piano di lavoro da parte del responsabile di impianto. Tuttavia il responsabile deve pianificare e programmare il lavoro.

### Le seguenti operazioni sono obbligatorie per lo svolgimento del lavoro:

- Delimitazione dell'area entro la quale si svolgerà il lavoro e adozione delle misure necessarie per impedirvi l'accesso da parte di estranei. Apposizione del cartello: "VIETATO L'ACCESSO - al personale non autorizzato".



- Sezionamento completo dell'impianto da tutti i possibili punti di alimentazione, in particolare dovrà essere sezionato l'interruttore generale. È necessario provvedere all'assicurazione contro la richiusura dei sezionamenti effettuati mediante blocchi meccanici o mediante sorveglianza (controllo visivo degli addetti ai lavori).
- Apposizione in tutti i punti di sezionamento e di assicurazione contro la richiusura del cartello: "NON EFFETTUARE MANOVRE – lavori in corso".



- Verifica dell'assenza di tensione nella zona di lavoro, quindi dove si opererà il lavoro, ma anche nelle immediate vicinanze, ad esempio nei punti dove arriva l'alimentazione e dove c'è la possibilità di avere accumulo di energia (banchi di condensatori, eccetera). Queste misure di tensione devono essere effettuate mediante un tester (analogico o digitale) che risponda ai requisiti di sicurezza elettrica (CAT III 1000V). Prima di effettuare le misure è necessario verificare il corretto funzionamento dello strumento di misura, si deve pertanto fare una misura di tensione (230 o 400 V AC) e poi verificare l'assenza di tensione nella zona di lavoro. Questo controllo dello strumento è importante perché bisogna essere certi delle misure effettuate (uno strumento guasto potrebbe indicare erroneamente l'assenza di tensione).
- Durante le misure per la verifica dell'assenza di tensione mediante il tester è necessario l'utilizzo dei DPI per lavori elettrici. Quindi oltre ai DPI generici devono essere indossati i guanti isolanti e la visiera. È importante che sia verificata l'efficienza dei dispositivi di protezione (controllo visivo dell'integrità e gonfiaggio guanti).
- Messa a terra ed in cortocircuito su tutte le parti su cui si deve operare. Nel caso in cui non vi siano incertezze sulla corretta individuazione dei punti di possibile alimentazione, sia esclusa la possibilità di rimettere in tensione l'impianto e non siano presenti tensioni indotte, la messa a terra ed in cortocircuito può essere omessa.
- Protezione contro le parti attive in tensione adiacenti. Di norma la protezione consiste nell'assicurare una distanza dai conduttori non protetti in tensione uguale o maggiore di 3 metri. Se ciò non è possibile, occorre mettere in opera schermi, ripari, barriere e dispositivi simili.
- **Esecuzione del lavoro.**
- Durante l'esecuzione dei lavori elettrici fuori tensione è necessario utilizzare i DPI per lavori generici. Non è necessario indossare guanti isolanti e visiera, né utilizzare attrezzi isolati.
- A lavori ultimati vanno allontanati tutti i lavoratori dalla zona di lavoro, rimossi gli attrezzi, le apparecchiature utilizzate e l'eventuale cortocircuito di messa a terra.
- Rimessa in tensione e verifica del regolare funzionamento dell'impianto su cui si è operato.

### Procedura per lavori elettrici sotto tensione su impianti BT

Come riportato sopra, a volte è impossibile effettuare lavori elettrici su impianti fuori tensione. In particolare negli impianti fv può succedere di dover operare sotto tensione.

In questa sezione vengono considerati quei lavori che vengono effettuati su un impianto elettrico che non sia stato messo fuori tensione.

#### È opportuno precisare che:

È vietato eseguire lavori sotto tensione. Tali lavori sono tuttavia consentiti nei casi in cui le tensioni su cui si opera sono di sicurezza, secondo quanto previsto dallo stato della tecnica secondo la migliore scienza ed esperienza, nonché quando i lavori sono eseguiti nel rispetto delle seguenti condizioni:

- Le procedure adottate e le attrezzature utilizzate sono conformi ai criteri definiti nelle norme di buona tecnica
- Per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua:
  - L'esecuzione di lavori su parti in tensione deve essere affidata a lavoratori riconosciuti dal datore di lavoro come idonei per tale attività secondo le indicazioni della pertinente normativa tecnica;
  - Le procedure adottate e le attrezzature utilizzate sono conformi ai criteri definiti nelle norme di buona tecnica;

#### Sono comunque vietati i lavori sotto tensione nelle seguenti condizioni:

- sotto pioggia, neve, grandine
- in ambienti bagnati
- in presenza di ripetute scariche atmosferiche
- in condizioni di scarsa visibilità

Nella maggioranza dei casi, i lavori che vengono svolti comunemente nei quadri elettrici di automazione non sono lavori complessi, e non viene richiesta la redazione di un piano di lavoro da parte del responsabile di impianto. Tuttavia il responsabile deve pianificare e programmare il lavoro.

#### Le seguenti operazioni sono obbligatorie per lo svolgimento del lavoro:

- Delimitazione dell'area entro la quale si svolgerà il lavoro e adozione delle misure necessarie per impedire l'accesso da parte di estranei. Apposizione del cartello: "VIETATO L'ACCESSO – al personale non autorizzato"
- Identificazione della zona di intervento, ossia della zona posta frontalmente all'operatore, in cui sono contenute le parti attive.
- Valutazione delle condizioni ambientali (vedi sopra).
- Valutazione della complessità del lavoro, nel caso di lavori complessi, possono essere presenti due persone (l'addetto ai lavori più un'altra persona).
- **Verifiche e indicazioni:**
  - Verifica attrezzatura e DPI.
  - Verifica che le parti metalliche non protette con cui si possa venire a contatto durante i lavori, non siano in tensione.
  - Verifica che gli operatori impieghino i DPI.
  - Verifica che gli operatori possano lavorare in modo agevole in posizione ben salda.
  - Individuare la parte su cui operare e verificare l'assenza di parti in tensione con cui esista pericolo di contatto accidentale.

- Protezione contro le parti attive in tensione adiacenti alla zona di lavoro. Di norma la protezione consiste nell'assicurare una distanza dai conduttori non protetti in tensione uguale o maggiore di 3 metri. Se ciò non è possibile, occorre mettere in opera schermi, ripari, barriere e dispositivi simili.
- Informazione agli addetti ai lavori sulle caratteristiche del lavoro (tipo, modalità, sicurezza, ecc.).
- Autorizzazione all'inizio dei lavori.
- Impiego di elmetto, visiera di protezione, guanti isolanti. Impiego di vestiario che non lasci scoperte parti del tronco e degli arti. È importante che sia verificata l'efficienza dei dispositivi di protezione (controllo visivo dell'integrità e gonfiaggio guanti).
- Messa fuori tensione delle parti di impianto che è possibile disalimentare.
- Accesso alla zona di intervento.
- Verifica che le parti attive su cui si interviene siano contenute nella zona di intervento e ubicate in zona agevole, che la zona di intervento sia contenuta in modo che sia sotto il controllo visivo dell'operatore, che le parti a potenziale diverso siano separate da schermi isolanti (setti separatori, nastri e mastici isolanti), che lo stato dei componenti su cui si opera sia tale da escludere il pericolo di rotture o cortocircuito.
- Tali schermi possono essere omessi quando la parte metallica dell'attrezzo isolato o dei materiali utilizzati è inferiore alle distanze esistenti tra le parti a potenziale diverso.
- Realizzazione della condizione di **doppia protezione isolante** (ad es. guanti isolanti più attrezzi isolati).
- Mantenimento della distanza limite (15 cm) tra le parti in tensione e le eventuali parti del corpo non coperte da isolante.
- Le parti attive mobili (ad es. cavi) devono essere isolate o fissate ai corrispondenti morsetti prima di essere rilasciate dall'addetto ai lavori (anche se non sono più in tensione) per evitare che possano provocare un cortocircuito (effetto molla).
- **Esecuzione del lavoro.**
- Segnalazione di ogni imprevisto o inconveniente, se a giudizio dell'addetto ai lavori essi sono tali da impedire o rendere più rischioso il lavoro, gli addetti ai lavori devono interrompere il lavoro ed avvisare il preposto o il responsabile di impianto.
- A lavori ultimati vanno allontanati tutti i lavoratori dalla zona di lavoro, rimossi gli attrezzi, le apparecchiature utilizzate e l'eventuale cortocircuito di messa a terra.
- Rimessa in tensione e verifica del regolare funzionamento dell'impianto su cui si è operato.







**Headquarters:**

via Bresciani, 16 • 46040 Gazoldo Ippoliti, Mantova - Italy  
[www.marcegaglia.com](http://www.marcegaglia.com)

**Sales offices:**

**photovoltaic systems division**

via Giovanni della Casa, 12 • 20151 Milano - Italy  
tel. +39 . 02 3070 4220 • fax +39 . 02 3340 2706  
[solar@marcegaglia.com](mailto:solar@marcegaglia.com)

via del Commercio, 15  
36050 Sovizzo, Vicenza - Italy  
phone +39 . 0444 376 911 - fax +39 . 0444 376 905

**Plant and Sales Office:**

**Taranto**

via L. Ariosto, 10 • 74123 Taranto - Italy  
phone +39 . 099 471 15 11 • fax +39 . 099 471 15 00  
[taranto@marcegaglia.com](mailto:taranto@marcegaglia.com)