

Scheda fotovoltaico No. 18

# Sicurezza sul lavoro fotovoltaico DC

**Attraverso l'osservanza coerente delle regole vitali di sicurezza si possono prevenire gli infortuni sul lavoro e salvare vite. Di seguito sono riportate le regole più importanti per i lavori elettrotecnici sugli impianti fotovoltaici.**

## 1 Premessa

---

Gli impianti fotovoltaici presentano due caratteristiche che richiedono un'attenzione particolare per quanto riguarda la sicurezza sul lavoro a livello elettrico. Da un lato, i moduli fotovoltaici generano una corrente continua (DC) che dipende dall'irraggiamento e, dall'altro, i moduli non possono essere disattivati (se non coprendoli). Il lavoro con l'elettricità comporta rischi che vengono sempre sottovalutati anche dalle persone formate ed esperte in ambito elettrico. Poiché l'elettricità è invisibile e inodore, i pericoli che essa comporta sono difficilmente riconoscibili. Ciò vale anche per il lavoro sugli impianti fotovoltaici e richiede perciò una osservanza coerente delle regole vitali di sicurezza riguardo ai pericoli elettrici.

### 1.1 Infortuni legati all'elettricità in Svizzera

Ogni anno, fino a 2 o più specialisti nel campo elettrico perdono la vita a causa di incidenti elettrici. Negli ultimi anni si è segnalata una tendenza crescente di infortuni legati all'elettricità dovuti a scosse elettriche in caso di installazioni, manutenzioni e riparazioni, con alcuni professionisti che riportano lesioni più gravi (infortuni legati all'elettricità segnalati nel 2022: 671, 2023:792).

Il rilevamento non fa distinzione tra infortuni da corrente alternata e da corrente continua. Per gli infortuni legati all'elettricità, il rischio di ferite pericolose per la vita è circa 4 volte maggiore che per gli altri infortuni.

[Link: ESTI-Statistica degli infortuni](#)

## 2 Pericoli con l'elettricità negli impianti PV

---

### 2.1 Differenza generale AC/DC

La principale differenza tra la corrente alternata (AC) e la corrente continua (DC) è il tipo di flusso di elettricità. Con la corrente continua la carica elettrica scorre in una sola direzione, mentre con la corrente alternata la direzione del flusso cambia periodicamente. In termini di rischio di archi elettrici, la corrente continua è più pericolosa della corrente alternata, poiché non ha passaggi a zero. Un arco elettrico può essere spento automaticamente interrompendo il flusso di elettricità per un tempo sufficiente. Con la corrente alternata (50 Hz) ciò avviene 100 volte al secondo nel passaggio a zero, il che favorisce l'autospegnimento.

Nel caso degli impianti fotovoltaici, l'interruzione del flusso di corrente continua avviene attraverso la mancanza di irraggiamento solare o attraverso l'uso di dispositivi di separazione adeguati, quali ad esempio fusibili o interruttori di carico per la corrente continua.

### 2.2 Pericoli di scosse elettriche DC

In generale si considera che c'è pericolo per le persone quando la tensione di contatto supera 50 volt in corrente alternata o 120 volt in corrente continua.

In condizioni di luce diurna, un impianto fotovoltaico produce tensioni nettamente più elevate e una scarica elettrica può quindi avere anche conseguenze pericolose per la vita, come ad esempio un arresto cardiaco, paralisi respiratoria o anche la formazione di prodotti tossici del decadimento delle proteine nel sangue, che possono causare danni renali o sintomi di avvelenamento. Spesso, oltre alla scossa elettrica vera e propria, si verificano anche lesioni conseguenti a cadute gravi, poiché molti lavori di installazione relativi al fotovoltaico si svolgono in altezza.

### 2.3 Problematica arco elettrico

In linea di massima si fa una distinzione tra archi elettrici in serie e in parallelo. Il rischio per gli archi in serie è maggiore di quello per gli archi in parallelo. Tuttavia, gli archi in serie possono essere rilevati dai moderni inverter e spenti interrompendo la corrente. Gli archi paralleli non possono essere interrotti dall'inverter.

#### 2.3.1 Archi elettrici in serie

Gli archi elettrici in serie si formano in seguito all'apertura di punti di contatto nel circuito elettrico, ad es. tramite separazione sotto carico, difetti a livello di scatola di giunzione dei moduli, connettori DC mal crimpati, procedure errate di collegamento delle stringhe o fusibili di stringa di dimensioni errate.

#### 2.3.2 Archi elettrici paralleli

Gli archi elettrici paralleli si formano tipicamente tra il polo positivo e il polo negativo a causa di cortocircuiti nel quadro di campo DC o di isolamento difettoso dei cavi.

#### 2.3.3 Pericoli degli archi elettrici

Gli archi elettrici comportano diversi pericoli a causa delle alte temperature:

- Ustione di parti del corpo
- Abbagliamento
- Incendio e formazione di gas tossici
- Infortuni secondari

Vi è inoltre il pericolo che circuiti elettrici presumibilmente interrotti tornino improvvisamente a condurre elettricità in caso di inizio di un arco elettrico.

### 2.4 Falsa sicurezza data dal disinserimento

Una delle sfide per gli installatori consiste nel fatto che, anche con il disinserimento dell'inverter e l'interruzione del circuito elettrico, gran parte dell'impianto e delle linee rimangono sotto tensione. Anche se l'arresto dell'inverter provoca l'interruzione del flusso di elettricità, la tensione continua rimane invariata.

### 2.5 Obiettivi di protezione

I seguenti obiettivi di protezione devono essere assolutamente rispettati:

- Protezione dalla corrente che attraversa il corpo (elettrocuzione)

- Protezione dagli archi elettrici (calore, abbagliamento)
- Protezione dai danni conseguenti (caduta, incendio, ecc.)

## 3 Misure di protezione

---

Ciascuna impresa ha l'obbligo di definire delle concrete misure di protezione per l'esercizio, sulla base della propria valutazione dei pericoli e dell'analisi dei rischi e di garantirne l'attuazione.

Le condizioni per un lavoro sicuro devono essere stabilite prima dell'inizio del lavoro stesso. Per garantire il massimo livello di sicurezza sono indispensabili un'attenta pianificazione e un coordinamento mirato dei lavori. Ciò implica l'elaborazione di ordini di lavoro chiari e, dove necessario, una valutazione completa dei pericoli. I lavori previsti devono essere discussi dettagliatamente con i collaboratori.

Occorre garantire che personale qualificato porti sul posto di lavoro il materiale necessario, gli utensili adeguati, come gli apparecchi e i dispositivi di protezione necessari e li impieghi a regola d'arte. Inoltre, devono essere messi in servizio solo impianti verificati. Solo in tal modo è possibile evitare efficacemente situazioni pericolose sul posto.

### 3.1 Concetto di sicurezza e di protezione della salute

In base all' Art. 4 dell'Ordinanza sui lavori di costruzione (OLCostr) il datore di lavoro è tenuto ad assicurarsi che prima dell'inizio dei lavori sia disponibile un piano che illustri le misure di sicurezza e di protezione della salute necessarie per i lavori nel cantiere. Questo concetto deve disciplinare in modo chiaro anche l'organizzazione d'emergenza.

A questo link è disponibile un modello:

[https://www.batisec.ch/fileadmin/pdf/it/Azione/Concetto\\_di\\_sicurezza\\_e\\_di\\_protezione\\_della\\_salute\\_Batisec\\_IT.pdf](https://www.batisec.ch/fileadmin/pdf/it/Azione/Concetto_di_sicurezza_e_di_protezione_della_salute_Batisec_IT.pdf)



### 3.2 Regole generali per chi lavora con l'elettricità

Per chi lavora con l'energia elettrica vale: In caso di insicurezza o pericolo, dite «Stop». Tutti i cavi e le estremità «aperte» dei cavi devono sempre essere considerati sotto tensione. Generalmente valgono le «5+5 regole per chi lavora con l'elettricità».

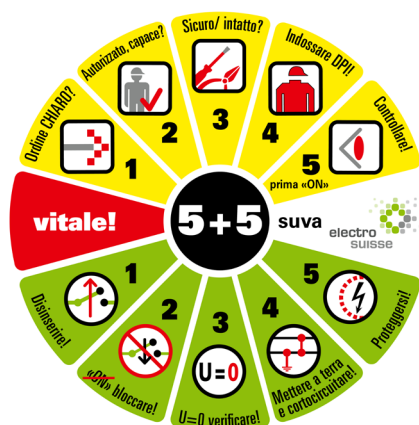


Figura 1: Adesivo «5+5 regole di sicurezza», ElectroSuisse

Regole generali per chi lavora con l'elettricità

- Assegnare incarichi precisi
- Impiegare personale idoneo
- Utilizzare attrezzature di lavoro in perfetto stato
- Utilizzare i dispositivi di protezione
- Mettere in funzione solo impianti verificati

Regole di sicurezza per chi lavora in assenza di tensione

- Disinserire e sezionare da tutti i lati
- Prendere le misure necessarie per impedire il reinserimento
- Verificare l'assenza di tensione
- Mettere a terra e cortocircuitare
- Proteggersi dagli elementi vicini sotto tensione

### 3.3 Regole per chi lavora con circuiti elettrici DC di impianti PV

Per lavorare in sicurezza su impianti fotovoltaici, oltre alle note «5+5 Regole», in particolare disinserire, prendere le misure necessarie per impedire il reinserimento e verificare l'assenza di tensione dell'inverter, sono da applicare i punti descritti di seguito.

#### 3.3.1 Lavorare con i connettori a spina

Quando si inseriscono o si staccano i connettori a spina c'è il pericolo che si verifichi un arco elettrico, che può provocare lesioni. Si consiglia pertanto di indossare guanti protettivi collaudati per archi elettrici. Va adottata la seguente procedura:

##### Verificare l'assenza di corrente:

Per prima cosa, controllare la funzionalità della pinza amperometrica DC su un conduttore nel quale scorre della corrente. Tramite la pinza amperometrica DC, verificare che non ci sia corrente sul lato DC. Con stringhe allacciate in parallelo si possono presentare correnti di compensazione. Attenzione: in presenza di luce diurna è da tener conto della tensione a vuoto (UOC) dei moduli fotovoltaici.



Figura 2: Verifica funzionalità dello strumento di misura, Swissolar



Figura 3: Misurare (verificare) l'assenza di corrente, Swissolar

### **Sezionare i collegamenti DC:**

Dopo aver verificato con successo l'assenza di corrente, sezionare il circuito scollegando i connettori sul lato DC per creare un ambiente di lavoro sicuro.

### **3.3.2 Lavori su conduttori scoperti**

Prima di lavorare su componenti scoperti come spine o giunzioni dei connettori, va obbligatoriamente tolta la tensione sezionando l'impianto in un punto di sezionamento appropriato (p.es. scatola di giunzione del generatore o connettore al generatore solare). I lavori sulle parti conduttrici di tensione possono essere eseguiti esclusivamente da personale specializzato addestrato ai sensi dell'art. 22 dell'OIBT.

### **3.4 Lavori in assenza di tensione su impianti fotovoltaici**

In linea di principio, non si possono eseguire lavori sotto tensione continua sugli impianti fotovoltaici. Anche sul lato AC vanno evitati, dove possibile, i lavori sotto tensione.

Al fine di evitare in modo sicuro il lavoro sotto tensione DC, i seguenti passaggi sono di fondamentale importanza.

#### **Passaggi per evitare lavori sotto tensione DC:**

- Lasciare aperta la linea di stringa sul tetto Assicurarsi che la linea di stringa non venga collegata durante i lavori.
- Interrompere la linea di stringa. Scollegare la connessione alla scatola di giunzione del generatore o all'inverter.
- Crimpare il cavo di collegamento su entrambi i lati prima di collegare un lato. Crimpare i cavi su entrambi i lati prima di collegare un lato all'impianto, per evitare la tensione.
- Utilizzare cavi preconfezionati. Impiegare cavi preconfezionati per ridurre i pericoli nella crimpatura delle spine (connettori).
- Non tagliare cavi chiusi. Evitare di tagliare cavi già chiusi per ridurre al minimo il rischio di archi elettrici.
- Messa in funzione degli ottimizzatori solo dopo il completamento di tutti i lavori elettrici. Assicurarsi che gli ottimizzatori siano attivati solo dopo il completamento dell'impianto elettrico.

### **Ulteriori consigli utili:**

- Eseguire le misurazioni delle stringhe con connettori preconfezionati. Utilizzare morsetti a spina preconfezionati per la misurazione, per rendere il processo di misura sicuro.
- Etichettare i cavi in modo chiaro e pulito. Etichettare tutti i cavi in modo univoco, per evitare confusioni ed errori.
- Misurazioni con dispositivi di protezione individuali (DPI). Eseguire sempre le misurazioni con guanti adatti, isolanti elettricamente e termicamente, per proteggersi dai pericoli elettrici (guanti isolanti DPI conformi alla norma EN 60903 e con test di collaudo dagli archi elettrici EN 61482-2).

### **3.5 Spiegazioni riguardante lavori sotto tensione**

Ai sensi dell'Art. 22 della OIBT, lavori su impianti elettrici sotto tensione possono essere eseguiti solamente da installatori elettricisti AFC / installatrici elettriciste AFC o persone in possesso di una formazione equivalente. Essi devono essere specificamente addestrati ed attrezzati per tali lavori secondo le conoscenze più recenti. I titolari di un'autorizzazione d'installazione limitata ai sensi dell'Art. 14 dell'OIBT devono pertanto essere in possesso di un titolo di installatore elettricista AFC e devono essere specificamente addestrati ed attrezzati per lavori sotto tensione.

Per i lavori sotto tensione valgono le direttive ESTI 407 con i rispettivi metodi di lavoro, l'uso di dispositivi di protezione individuale e l'organizzazione appropriata dei lavori, distinguendo tra lavori sotto tensione LsT 1 e LsT 2.

#### **3.5.1 Lavori sotto tensione LsT 1 e LsT 2 sul lato DC degli impianti fotovoltaici**

Non appena per gli impianti fotovoltaici non è soddisfatto il grado di protezione IP 2X contro parti attive sotto tensione (superiore a 120 V DC), tali lavori sono considerati come lavori sotto tensione. Il grado di protezione IP 2X offre la protezione contro la penetrazione di corpi estranei di dimensioni maggiori a 12,5 mm, il che significa che è garantita la protezione contro il contatto con un dito. I seguenti esempi mostrano lavori LsT 1 su impianti fotovoltaici. Di regola, questi lavori non comportano modifiche alle parti attive sotto tensione.

### Lavori LsT 1 su impianti fotovoltaici:

- Controllo e misurazioni di parti scoperte sotto tensione
- Applicazione o rimozione di coperture p. es. nella scatola di giunzione del generatore, quando ciò rende possibile il contatto con parti sotto tensione

I seguenti esempi di lavori su impianti fotovoltaici valgono come LsT 2. Di regola, questi lavori comportano modifiche alle parti attive sotto tensione.

### Lavori LsT 2 su impianti fotovoltaici:

- Crimpare le spine quando il cavo è sotto tensione, cioè non è scollegato dal lato del generatore PV.
- Allacciamento di una linea DC sotto tensione, ad es. ai morsetti dell'inverter

Quando si lavora sotto tensione, si deve sempre indossare i dispositivi di protezione individuali (DPI). Sul lato DC degli impianti fotovoltaici le correnti di cortocircuito sono generalmente inferiori a 1000 ampere. Pertanto, deve essere indossato il livello di base dell'abbigliamento protettivo: indumenti a maniche lunghe realizzati al 100% in cotone o materiale equivalente e occhiali protettivi. Inoltre, devono essere indossati guanti isolanti elettricamente e termicamente. I dispositivi di protezione individuale devono essere conformi alla direttiva ESTI 407. Si deve inoltre osservare che ogni lavoro deve essere organizzato e preparato. Fondamentalmente, per lavori su impianti elettrici sotto tensione devono essere impiegate due persone. Una delle due deve essere designata quale responsabile. La direttiva ESTI 407 è in corso di revisione. È importante seguire sia le direttive attuali che quelle future.

## 4 Autorizzazione di installazione

Ai sensi dell'OIBT, le installazioni elettriche possono essere eseguite esclusivamente da personale istruito e con autorizzazione dell'ESTI. Solo il montaggio dei moduli e l'inserimento dei connettori dei moduli con cavi prefabbricati a livello della struttura di supporto sono permessi senza autorizzazione.

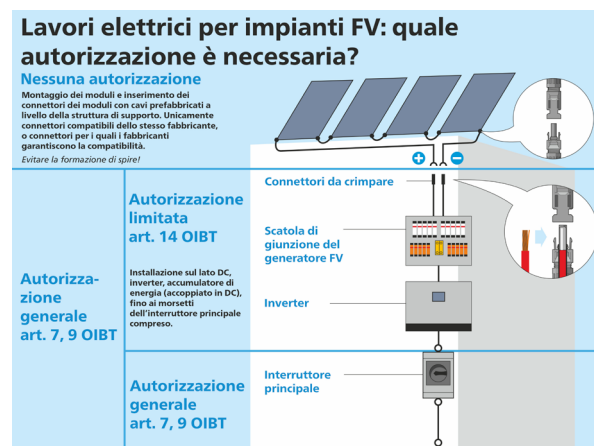


Figura 4: Di quale autorizzazione necessario? Swissolar

## 5 Montaggio di un impianto fotovoltaico

### 5.1 Impianti fotovoltaici con inverter di stringa

Un impianto fotovoltaico è composto da diversi componenti. Gli elementi principali sono quattro: moduli fotovoltaici, sottostruttura, cablaggio e inverter. Per eseguire lavori di manutenzione sull'inverter PV, devono essere installati dispositivi per separare l'inverter PV sul lato a corrente continua e sul lato a corrente alternata (NIBT 2025 7.12.5.3.7.2.101). Sul lato a corrente continua è presente una tensione pericolosa nonostante l'impianto sia spento, rispettivamente sezionato. In particolare, i moduli, i cablaggi delle stringhe e i cavi principali del circuito in corrente continua sono costantemente sotto tensione. A seconda dell'impianto è presente una tensione continua fino a 1500 volt.

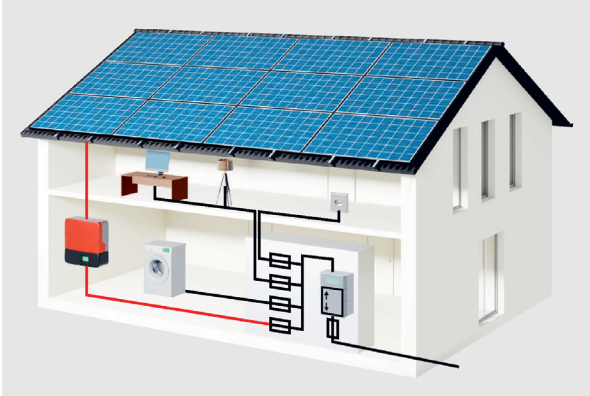


Figura 5: Rappresentazione simbolica di un impianto PV. Pubblicazione «Photovoltaik», Christof Bucher

La tensione massima del generatore fotovoltaico  $U_{GMax}$  può essere stimata in base alla NIBT come segue:

$$U_{OC\ Gen. \ max} = U_{OC} \cdot n \cdot k_T$$

#### Legenda

$U_{OC}$  = Tensione a vuoto di un modulo secondo i dati forniti dal costruttore (in condizioni STC)  
 $n$  = Numero dei moduli per stringa  
 $k_T$  = Fattore di correzione per le basse temperature

Fattori di correzione  $k_T$  secondo la NIBT:

- 1,15 Per tutte le zone  $\leq 800$  m s.l.m.
- 1,20 Per tutte le zone  $> 800$  e  $\leq 1500$  m s.l.m.
- 1,25 Per tutte le zone  $> 1500$  m s.l.m.

Tali fattori possono essere adattati se è disponibile un'adeguata prova (calcolo con i fattori specifici dei moduli utilizzati). Questo dato è riportato nella scheda tecnica del modulo.

## 6 Requisiti a livello del personale

### 6.1 Obblighi del datore di lavoro

Per garantire la sicurezza all'interno dell'azienda è indispensabile che i collaboratori conoscano i pericoli e i rischi del loro lavoro. Solamente attraverso una formazione e un'istruzione sistematici le conoscenze necessarie sono disponibili in qualsiasi momento.

#### Per il superiore vale:

- Formare sistematicamente i propri collaboratori e documentare la formazione e le istruzioni completate.
- Delegare lavori che comportano pericoli particolari solo a collaboratori che hanno la formazione appropriata.
- Introdurre accuratamente i nuovi collaboratori e i dipendenti temporanei nel proprio settore di compiti.
- Mettere i DPI, gli utensili, ecc. a disposizione dei propri collaboratori.

Per i lavori sugli impianti elettrici, il datore di lavoro deve soddisfare precisi requisiti in materia di formazione e di materiali.

Il datore di lavoro provvede affinché tutti i lavoratori occupati nella sua azienda, compresi quelli provenienti da un'altra azienda, siano informati sui pericoli a quali sono esposti nell'esercizio delle loro attività e siano istruiti riguardo ai provvedimenti per prevenirli. Tale informazione e tale istruzione devono essere fornite al momento dell'assunzione e ogniqualvolta subentri una modifica essenziale delle condizioni di lavoro; se necessario, esse devono essere ripetute (art. 6 cpv. 1 OPI).

Il datore di lavoro che occupa nella sua azienda manodopera presa in prestito da un altro datore di lavoro ha, verso di essa, gli stessi obblighi in materia di sicurezza sul lavoro che ha verso i propri lavoratori (art. 10 OPI). Pertanto, prima di impiegare personale terzo o da agenzia interinale, bisogna verificarne il grado di formazione ed eventualmente provvedere a una formazione.

#### 6.1.1 Nessun lavoro senza istruzione

I superiori devono istruire regolarmente i loro collaboratori su come lavorare in sicurezza, in particolare sulle regole vitali della Suva. Chi non riceve istruzioni dovrebbe assolutamente richiederle.

#### 6.2 Obblighi dei lavoratori

I lavoratori hanno l'obbligo di assistere il datore di lavoro nell'applicazione delle disposizioni relative alla prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali. Essi sono obbligati a utilizzare i dispositivi di protezione individuale, utilizzare correttamente i dispositivi di sicurezza e astenersi dal rimuoverli o modificarli senza il permesso del datore di lavoro.

### 6.3 Il principio S-T-O-P della Suva

Per decidere quali misure di protezione sono necessarie per un determinato posto di lavoro, il principio S-T-O-P aiuta a determinare la sequenza in cui vanno adottate le misure di protezione.

- S:** Sostituzione  
**T:** Misure Tecniche  
**O:** Misure Organizzative  
**P:** Misure Personali  
(Fonte: [suva.ch](http://suva.ch))

La protezione a livello personale è sempre l'ultima misura della catena di sicurezza.

### 6.4 Ausili della Suva:

[5 + 5 regole vitali per chi lavora con l'elettricità](#)

[Formazione/istruzione in azienda. Fondamenti di sicurezza sul lavoro.](#)

[Dispositivi di protezione individuale \(DPI\), Checklist](#)

[L'elettricità in tutta sicurezza](#)

[Nove regole vitali per chi lavora su tetti e facciate](#)

## 7 Abbreviazioni

- AC** (Alternating Current, corrente alternata)  
**DC** (Direct Current, corrente continua)  
**PV** (Fotovoltaico, a volte FV)  
**OIBT** (Ordinanza sugli impianti a bassa tensione)  
**NIBT** (Norma sugli impianti a bassa tensione SN 411000)  
**OPI** (Ordinanza sulla prevenzione degli infortuni)  
**OLCostr** (Ordinanza sui lavori di costruzione)  
**ESTI** (Ispettorato federale degli impianti a corrente forte)  
**STC** (Standard Test Conditions)  
**DPI** (Dispositivi di protezione individuale)

## 8 Ulteriori informazioni

Norme e leggi:

- [Direttiva ESTI n. 407](#)
- SN EN 50110-1
- Energia (admin.ch)
- [Direttiva CFSL n. 6508 concernente il ricorso ai medici del lavoro e agli altri specialisti della sicurezza sul lavoro \(Direttiva MSSL\)](#)
- [Ordinanza sugli impianti a bassa tensione, OIBT](#)
- Norma sugli impianti a bassa tensione SN 411000, NIBT
- [Ordinanza sulla prevenzione degli infortuni, OPI](#)
- [Legge sugli impianti elettrici, LIE](#)
- [Ordinanza sui lavori di costruzione, OLCostr](#)

### Nota

La presente scheda informativa è stata redatta con la maggior cura possibile. Tuttavia non si assume alcuna responsabilità per la correttezza, l'eshaustività e l'aggiornamento del contenuto. In particolare non si dispensa dal consultare e rispettare tutte le raccomandazioni, norme e prescrizioni applicabili in vigore. Questa scheda ha puramente uno scopo informativo generico. È pertanto esplicitamente esclusa qualsiasi responsabilità per danni derivanti dalla consultazione, rispettivamente dall'applicazione di informazioni riportate della presente scheda.

I diritti d'autore sono detenuti da Swissolar.  
**12/2024/Scheda-Nr. 21018i**

Con il sostegno di



In collaborazione con



**VSEK**  
**ASCE**

