

## Protezione antincendio per impianti fotovoltaici ventilati in facciata

### Documento transitorio per la progettazione e la comprova della protezione antincendio

valido fino al 31.12.2024



Versione 1.00

Zurigo, 26.10.2023

Documento transitorio per la progettazione e la comprova della protezione antincendio

© Copyright Swissolar

Sede principale Swissolar Neugasse 6

CH-8005 Zurigo

Tel +41 44 250 88 33

[info@swissolar.ch](mailto:info@swissolar.ch) [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)

Swissolar | Neugasse 6 | CH-8005 Zurigo

## Indice dei contenuti

<b>1</b>	<b>Basi</b> .....	<b>3</b>
1.1	Introduzione.....	3
1.2	Situazione iniziale.....	3
1.3	Campo di applicazione e limiti .....	4
<b>2</b>	<b>Pericoli</b> .....	<b>5</b>
2.1	Scenari di incendio .....	5
2.2	Propagazione verticale dell'incendio .....	5
2.3	Propagazione orizzontale dell'incendio .....	5
2.4	Caduta di parti della costruzione .....	5
2.5	Rischi naturali .....	6
<b>3</b>	<b>Descrizione del sistema</b> .....	<b>7</b>
3.1	Tipi di facciata.....	7
3.2	Costruzioni di pareti esterne.....	8
3.3	Sottostruttura.....	8
3.4	Moduli fotovoltaici.....	9
<b>4</b>	<b>Procedura di comprova (conforme alla direttiva antincendio AICAA 27-15)</b> .....	<b>11</b>
4.1	Sistematica.....	11
4.2	Garanzia della qualità .....	11
4.3	Processo .....	11
4.4	Categorie di sistema .....	11
4.5	Rapporto di comprova .....	12
4.6	Prove antincendio .....	12
4.7	Edifici di altezza ridotta (fino a 11 m di altezza complessiva).....	13
4.8	Edifici di media altezza (fino a 30 m di altezza complessiva) .....	14
4.9	Edifici alti (fino a 100 m di altezza complessiva).....	16
<b>5</b>	<b>Misure tecniche di protezione</b> .....	<b>18</b>
5.1	Basi .....	18
5.2	Cavi di collegamento e connettori.....	18
5.3	Passaggio dei cavi .....	18
5.4	Concetto dell'inverter .....	20
<b>6</b>	<b>Misure di protezione edili</b> .....	<b>21</b>
6.1	Misure di protezione antincendio orizzontali .....	21
6.2	Misure di protezione antincendio verticali .....	22
<b>7</b>	<b>Funzionamento</b> .....	<b>23</b>
7.1	Principio .....	23
7.2	Requisiti per il funzionamento .....	23
7.3	Messa fuori servizio e smantellamento .....	23
<b>8</b>	<b>Appendice</b> .....	<b>24</b>
8.1	Glossario.....	24
8.2	Spiegazione dei disegni.....	25
8.3	Complemento ai requisiti edili.....	25
8.4	Complemento alla procedura di comprova.....	30
8.5	Complementi alla manutenzione .....	32

## 1 Basi

### 1.1 Introduzione

Il presente documento è stato redatto come documento transitorio, poiché attualmente non è disponibile un documento sullo stato della tecnica sul tema della protezione antincendio per gli impianti fotovoltaici sulle facciate. Il documento serve provvisoriamente come guida pratica per la progettazione di facciate fotovoltaiche. In ogni caso devono essere soddisfatti i requisiti definiti dalle autorità.

Questa guida pratica è intesa come un supplemento al Promemoria antincendio AICAA "2001-15 Impianti solari" e al documento sullo stato della tecnica di Swissolar "DST Promemoria AICAA Impianti solari". I principi validi a livello generale, come i requisiti per il cablaggio, l'ubicazione degli inverter, ecc. non vengono ripetuti in questo documento.

I concetti di misure specifiche per l'edificio sono definiti e coordinati insieme al "responsabile della garanzia della qualità (GQ) nella protezione antincendio" del rispettivo progetto.

### 1.2 Situazione iniziale

Il Promemoria antincendio AICAA "2001-15 Impianti solari" e il documento sullo stato della tecnica di Swissolar "DST Promemoria antincendio AICAA Impianti solari" riguardano gli impianti solari installati sui o nei tetti.

A seconda della categoria dell'edificio (edifici/fabbricati di altezza ridotta, altezza complessiva fino a 11 m / edifici di altezza media, altezza complessiva fino a 30 m / edifici alti, altezza complessiva fino a 100 m), sono previsti requisiti diversi per il rivestimento delle pareti esterne, in conformità alla direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione".

Per gli edifici fino a un'altezza complessiva di 30 metri, per i sistemi di rivestimento delle pareti esterne è possibile utilizzare prodotti edili combustibili.

Per gli edifici di media altezza, i rivestimenti combustibili delle facciate esterne e/o le coibentazioni termiche combustibili devono essere suddivisi in modo tale che, prima dell'intervento dei pompieri, un incendio sulla parete esterna non possa propagarsi oltre la distanza di due piani sopra al piano in cui si sviluppa l'incendio.

Secondo la direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione", sezione 3.2.3, paragrafo 1, le facciate ventilate dei fabbricati di altezza media devono essere realizzate con una costruzione riconosciuta dall'AICAA o equivalente, se i rivestimenti della parete esterna e / o nell'area di ventilazione posteriore ci sono materiali isolanti risp. ampi strati in superficie di materiali da costruzione combustibili. In linea di principio, questo vale per tutte le facciate fotovoltaiche retroventilate.

A partire da un'altezza complessiva di 30 m, per la parete esterna e il sistema di rivestimento della parete esterna possono essere utilizzati solo materiali da costruzione non combustibili (gruppo di reazione al fuoco RF1), in conformità con la direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione", sezione 3.1.2, paragrafo 1. I moduli fotovoltaici contengono materiali da costruzione combustibili. Inoltre, in un impianto fotovoltaico sono presenti ulteriori carichi di incendio e pericoli di attivazione.

Quindi, in linea di principio, senza ulteriori misure o prove gli impianti fotovoltaici non sono ammessi sulle facciate degli edifici alti e degli edifici di media altezza.

Le autorità di protezione antincendio possono approvare l'installazione di un impianto fotovoltaico sulla facciata di edifici di media altezza e di edifici alti solo se è possibile dimostrare, attraverso una procedura di comprova in conformità con la direttiva antincendio AICAA "27-15 Procedura di comprova nella protezione antincendio", che gli obiettivi di protezione e i requisiti di protezione antincendio sono garantiti.

### 1.3 Campo di applicazione e limiti

La guida pratica si applica agli edifici nuovi ed esistenti sulle cui facciate vengono installati impianti fotovoltaici retroventilati.

La guida si rivolge a progettisti specializzati, imprenditori, proprietari, utilizzatori e committenti, nonché alle autorità. La guida mostra su quali facciate, in quali condizioni e con quale rispettiva procedura di comprova per la protezione antincendio, gli impianti fotovoltaici possono essere progettati e, se autorizzati, realizzati. Inoltre, vengono illustrati i principi tecnici specifici per le facciate, a complemento del documento Swissolar sullo stato della tecnica "DST Promemoria AICAA Impianti solari".

Il documento facilita quindi la progettazione e la comprova per i progettisti antincendio. Per le autorità di protezione antincendio, la valutazione diventa più semplice.

Dalla guida non può derivare alcuna autorizzazione automatica. La guida non è un documento sullo stato della tecnica, ma serve come documento transitorio (valido fino al 31 dicembre 2024) fino a quando non sarà disponibile un documento di questo tipo.

Se emergono nuovi risultati dalle prove antincendio, dalle regole tecniche o dai requisiti normativi, la guida può essere aggiornata previa consultazione con la VKF.

## 2 Pericoli

### 2.1 Scenari di incendio

#### 2.1.1 Scenari di incendio sull'edificio o al suo interno

Le principali cause di sollecitazione termica su rivestimenti di pareti esterne sono descritte nel documento Lignum "7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidungen" (7.1 Pareti esterne - Costruzione e rivestimento), sezione 1.3.1, come segue:

- Incendio da un edificio vicino tramite scintille o radiazioni
- Incendio all'esterno dell'edificio al livello del basamento (zoccolo) o su un balcone
- Incendio all'interno dell'edificio in un locale adiacente alla parete esterna e con aperture verso la stessa

#### 2.1.2 Scenario di incendio dovuto ad archi voltaici

Rispetto alla maggior parte degli altri materiali per facciate, le facciate fotovoltaiche presentano il rischio di autocombustione a causa di archi voltaici. Gli archi sono innescati, ad esempio, da contatti difettosi. A questo proposito è necessario distinguere tra archi voltaici in serie, che possono verificarsi tipicamente nel modulo, nella scatola di giunzione e nei connettori, e archi voltaici paralleli, che possono verificarsi a causa di difetti di isolamento nel cablaggio.

Gli archi voltaici raggiungono temperature superiori a 1'000 °C e possono incendiare altri elementi della costruzione.

### 2.2 Propagazione verticale dell'incendio

La propagazione verticale dell'incendio è un rischio particolarmente elevato per gli edifici alti, poiché al di sopra di una certa altezza dell'edificio i pompieri non sono più in grado di effettuare operazioni antincendio dall'esterno. La propagazione verticale dell'incendio sopra la facciata deve essere limitata. La propagazione ritardata di un incendio al piano superiore non può essere esclusa senza misure di protezione antincendio estese, come la protezione completa con sprinkler e la resistenza al fuoco della facciata, comprese le finestre.

La combustibilità del modulo solare o dello strato intermedio può contribuire alla propagazione verticale dell'incendio. Esiste anche un potenziale di trasmissione dell'incendio nelle zone di risalita verticale delle linee di collegamento.

### 2.3 Propagazione orizzontale dell'incendio

I materiali combustibili possono aumentare la diffusione orizzontale dell'incendio nella facciata.

La propagazione orizzontale dell'incendio è influenzata dal modulo e dal cablaggio orizzontale delle stringhe e può essere limitata o impedita con misure di protezione antincendio e principi tecnici adeguati.

### 2.4 Caduta di parti della costruzione

In conformità alla direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo di materiali da costruzione", sezione 3.2.1 par. 1, negli edifici realizzati secondo il concetto di costruzione standard, i sistemi di rivestimento incollati per pareti esterne e / o gli elementi vetrati (per es. elementi per facciate in vetrate strutturate -Structural-Glazing), i quali sono eseguiti senza un dispositivo meccanico di sicurezza, devono essere realizzati con una costruzione riconosciuta dall'AICAA, o equivalente.

I moduli fotovoltaici devono presentare un comportamento sicuro alla rottura del vetro e, a seconda dell'applicazione, una sufficiente capacità di carico residuo. In termini di protezione meccanica, i moduli possono essere trattati come i vetri di sicurezza stratificati (VSS).

## 2.5 Rischi naturali

### 2.5.1 Protezione da scariche atmosferiche (parafulmine)

Secondo il Promemoria antincendio AICAA "2001-15 Impianti solari", gli impianti fotovoltaici non sottostanno all'obbligo di protezione dalle scariche atmosferiche (fulmini), se questo, secondo la direttiva antincendio AICAA "22-15 Sistemi parafulmini", non è richiesto per il fabbricato in questione. Gli edifici alti sono sempre edifici che sottostanno all'obbligo di protezione dalle scariche atmosferiche e possiedono almeno una protezione parafulmini esterna. A partire da un'altezza dell'edificio di 60 metri, si devono prevedere scariche atmosferiche laterali. I sistemi di captazione necessari devono essere presi in considerazione nella progettazione della facciata.

Secondo il Promemoria antincendio AICAA "2001-15 Impianti solari", la facciata fotovoltaica deve essere inclusa nel concetto di protezione. Oltre al collegamento equipotenziale di protezione, le parti metalliche esterne dell'impianto fotovoltaico devono essere integrate nel sistema di protezione dalle scariche atmosferiche esterno. Per la progettazione e l'integrazione è necessario redigere un concetto insieme al progettista della protezione da scariche atmosferiche. Questo deve essere disponibile al momento della comprova.

### 2.5.2 Protezione dalla grandine

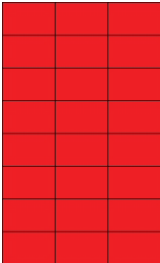
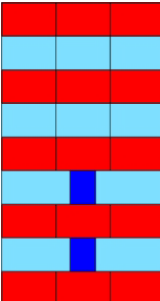
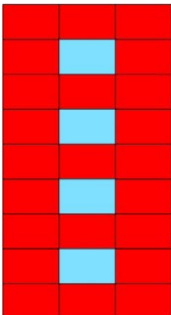
Le facciate fotovoltaiche degli edifici alti possono essere danneggiate dalla grandine a causa della loro posizione. Secondo il Promemoria antincendio AICAA "2001-15 Impianti solari", è necessario utilizzare moduli fotovoltaici con una classe di resistenza alla grandine comprovata. La classe di resistenza alla grandine dei moduli deve essere progettata in conformità alla SIA 261/1, tenendo conto dell'attuale mappa della grandine.

### 3 Descrizione del sistema

#### 3.1 Tipi di facciata

La seguente categorizzazione dei tipi di facciata (basata su Lignum "7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidungen" (Pareti esterne - Costruzione e rivestimento) consente di raggruppare e attribuire meglio le misure specifiche per l'edificio. In un edificio possono essere presenti più tipi di facciata, per cui possono essere necessarie misure aggiuntive nella zona di passaggio tra i singoli tipi di facciata. Una separazione verticale delle superfici, come descritto nel capitolo 4.4, diventa necessaria non appena le superfici parziali possono essere assegnate a diverse categorie di sistemi.

Tabella 1: Tipi di facciata fotovoltaica (rappresentazione propria)

Definizione	Immagine di principio	Caratteristiche
Facciata senza finestre, oppure finestre resistenti al fuoco		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facciata chiusa senza finestre</li> <li>- Facciata con finestre fisse avvitate, resistenti al fuoco</li> <li>- Disposizione libera delle finestre</li> </ul>
Banda di finestre o striscia orizzontale di facciata RF1		<p>Interruzione orizzontale continua dello spazio d'aerazione posteriore per piano tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Una banda orizzontale continua di finestre RF1</li> <li>- Una banda orizzontale continua di facciata RF1</li> <li>- Combinazione laterale di banda di finestre e banda di facciata RF1</li> </ul>
Facciata perforata		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aperture con singole finestre senza resistenza al fuoco</li> <li>- Interruzione puntuale dello spazio d'aerazione posteriore tramite le finestre</li> <li>- Dimensione e disposizione variabile delle finestre</li> <li>- Spazio d'aerazione posteriore aperto su tutta l'altezza, se non si adottano provvedimenti</li> </ul>

### 3.2 Costruzioni di pareti esterne

La costruzione delle pareti esterne con elementi fotovoltaici corrisponde sostanzialmente a una facciata ventilata. La sottostruttura primaria (6) è fissata sulla struttura portante della parete esterna (3). Dalla sottostruttura primaria in poi, si utilizza un sistema di montaggio meccanico adattato ai moduli FV. La coibentazione termica può anche essere omessa per gli edifici non isolati o isolati internamente.

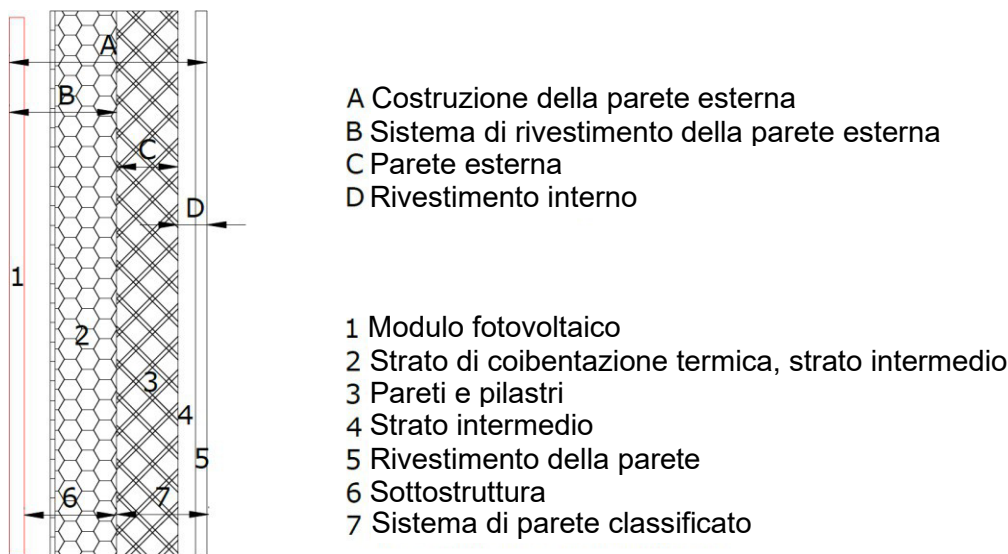


Figura 1: Principio di costruzione di una parete esterna fotovoltaica (rappresentazione propria)

Per l'installazione di un impianto fotovoltaico, il sistema di rivestimento della parete esterna (B) senza il modulo fotovoltaico (1) deve poter essere classificato in una delle seguenti categorie, in conformità alla presente guida:

- Struttura del sistema di rivestimento della parete esterna (B) senza modulo fotovoltaico e parete esterna (C) in materiali da costruzione RF1
- Per gli edifici di altezza media e ridotta, sono possibili anche parete esterna (C) e strato di coibentazione termica, strato intermedio (2), in conformità a Lignum "7.1 Aussenwände – Konstruktion und Bekleidungen" (Pareti esterne - Costruzione e rivestimento), sezione 2.4.3.

Sono ammessi requisiti diversi per specifiche parti della costruzione, in conformità alle descrizioni dei capitoli:

- 3.3 Sottostruttura
- 5.3 Passaggio dei cavi

I requisiti riguardanti il modulo fotovoltaico sono descritti nel capitolo 3.4.

### 3.3 Sottostruttura

Requisiti in conformità alla direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione", sezioni 3.2.1 e 3.2.3, per le facciate retroventilate con moduli fotovoltaici:

- Se i moduli fotovoltaici sono incollati alla struttura di montaggio, è necessario un dispositivo meccanico di sicurezza per tutte le categorie di edifici in conformità con la direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo di materiali da costruzione" sezione 3.2.1 Paragrafo 1.
- Per gli edifici di altezza superiore a 11 metri, le sottostrutture lineari (binari, ecc.) devono essere realizzate con materiali da costruzione RF1.
- Fissaggi / dispositivi d'ancoraggio puntuali all'interno della coibentazione termica sono consentiti, ma devono essere realizzati almeno con materiali da costruzione RF3 (cr), in conformità con la direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione", sezione 3.2.3, paragrafo 3.



### 3.3.1 Dispositivo meccanico di sicurezza

Per il fissaggio incollato dei moduli fotovoltaici e per il dispositivo meccanico di sicurezza devono essere previste almeno due staffe di supporto per modulo, per supportare le forze verticali (peso proprio). Tenendo conto di questo requisito, si possono utilizzare, ad esempio, sistemi di fissaggio dei moduli a scandole, a morsetto, agganciati o moduli incollati a profili di montaggio. A livello di tecnica di fissaggio sono ammessi distanziatori in vetro o inserti di gomma puntuali per proteggere il bordo del vetro del modulo fotovoltaico.

### 3.3.2 Ventilazione posteriore

Il livello di ventilazione tra la parete esterna rispettivamente la coibentazione termica e i moduli fotovoltaici deve avere uno spessore compreso tra 40 mm e 100 mm. Localmente, la sezione di ventilazione può essere ridotta al massimo del 50% (ad esempio utilizzando zanzariere o aperture di ventilazione). La sezione di ventilazione può essere dimensionata in base allo spazio minimo necessario per l'aerazione, anche se il livello di ventilazione è costruttivamente più grande. È necessario tenere conto delle specifiche del produttore dei moduli fotovoltaici.

## 3.4 Moduli fotovoltaici

### 3.4.1 Tipi

I moduli fotovoltaici possono essere suddivisi in due categorie principali, ciascuna con due sottocategorie.

Tabella 2: Tipi di moduli FV (rappresentazione propria)

Categoria principale	Sottocategoria	Caratteristiche
Moduli vetro-vetro	Senza cornice	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parte anteriore e posteriore in vetro (VI vetro indurito (TVG in tedesco) o VST vetro di sicurezza temperato (ESG in tedesco)) RF1</li> <li>• Combustione ritardata dello strato intermedio</li> <li>• Gruppo di reazione al fuoco RF2 raggiungibile</li> </ul>
	Con cornice	
Moduli vetro-pellicola	Senza cornice	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parte anteriore in vetro (VI vetro indurito (TVG in tedesco) o VST vetro di sicurezza temperato (ESG in tedesco)) RF1</li> <li>• Parte posteriore pellicola RF3 (cr)</li> <li>• Gruppo di reazione al fuoco RF3 (cr) raggiungibile</li> </ul>
	Con cornice	

Il fabbricante deve fornire i giustificativi riguardanti i gruppi di reazione al fuoco elencati nella tabella qui sopra. I requisiti riguardanti la statica devono essere dimensionati in conformità alla SIA 2057 "Costruzioni di vetro".

### 3.4.2 Colore

Per i moduli fotovoltaici colorati si utilizzano varie tecnologie, che hanno effetti diversi sulla reazione al fuoco. I colori ceramici non hanno alcuna influenza sulla reazione al fuoco e sulla classificazione dei materiali da costruzione dei moduli fotovoltaici. Tutte le altre tecnologie di colorazione vanno prese in considerazione nei test antincendio dei moduli.

### 3.4.3 Certificazioni

Per il modulo fotovoltaico sono necessarie le seguenti certificazioni:

Tabella 3: Certificazioni dei moduli FV (rappresentazione propria)

Componente	Norma
Scatola di giunzione	SN EN 62790:2015-03 "Junction boxes for photovoltaic modules - Safety requirements and tests" / "Anschlussdosen für Photovoltaik-Module - Sicherheitsanforderungen und Prüfungen" (Scatole di giunzione per moduli fotovoltaici, requisiti di sicurezza e test)
	SN EN 62979:2017-10 " Photovoltaic module - Bypass diode - Thermal runaway test" / "Photovoltaik (PV)-Module - Bypass-Diode - Prüfung des thermischen Durchgehens" (Moduli fotovoltaici (PV) - Diodo di bypass - Prova di deriva termica).
Modulo	SN EN IEC 61730-1+AC:2018-06 "Photovoltaic (PV) module safety qualification Requirements for the construction" / «Photovoltaik (PV) Module - Sicherheitsqualifikation - Teil 1: Anforderungen an den Aufbau» (Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV)- Parte 1: Prescrizioni per la costruzione).
	SN EN IEC 61730-2+AC:2018-06 "Photovoltaic (PV) module safety qualification Requirements for testing" / «Photovoltaik (PV)-Module - Sicherheitsqualifikation - Teil 2: Anforderungen an die Prüfung» (Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV)- Parte 2: Prescrizioni per le prove)."
	Omologazione del tipo per le dimensioni del modulo utilizzato

## **4 Procedura di comprova (conforme alla direttiva antincendio AICAA 27-15)**

### **4.1 Sistematica**

Se manca lo stato della tecnica e/o si discosta dai requisiti delle prescrizioni della protezione antincendio, è necessario dimostrare che le misure o i progetti previsti raggiungono gli obiettivi di protezione subordinati in modo equivalente. Per questa comprova è necessario definire gli obiettivi di protezione specifici per l'immobile, che saranno raggiunti con le misure previste.

In questo documento, le facciate fotovoltaiche sono suddivise in categorie di sistemi al fine di classificare i requisiti per la procedura di comprova.

### **4.2 Garanzia della qualità**

I requisiti di garanzia della qualità sono definiti in conformità alla direttiva antincendio AICAA "11-15 Garanzia della qualità nella protezione antincendio". Se è necessaria una procedura di comprova, questa deve essere eseguita da un esperto di protezione antincendio riconosciuto dall'AICAA in conformità al grado di garanzia della qualità QSS3. Gli specialisti responsabili sono elencati nel registro AICAA. Il responsabile GQ (QS-verantwortliche Person in tedesco) è il primo interlocutore per le autorità di protezione antincendio durante il progetto. Oltre ad altri compiti, la direzione generale è responsabile del coordinamento delle attività interdisciplinari tra gli artigiani.

### **4.3 Processo**

Nel processo di comprova sono coinvolti il proprietario, i progettisti FV, i progettisti di facciate, il responsabile della GQ nella protezione antincendio e le autorità di protezione antincendio. Il coordinamento tempestivo con le singole istanze accelera il processo di comprova. Il concetto di massima può essere elaborato in una comprova in consultazione con le parti interessate.

### **4.4 Categorie di sistema**

Per definire la procedura di comprova necessaria, gli impianti fotovoltaici su facciata vengono suddivisi in tre categorie di sistemi:

- Categoria di sistema 0: non è richiesta alcuna procedura di comprova
- Categoria di sistema 1: procedura di comprova con comprove argomentative possibili
- Categoria di sistema 2: Procedura di comprova solo con comprove mediante prove antincendio

Se le superfici parziali di uno stesso edificio possono essere assegnate a diverse categorie di sistema, le singole aree parziali devono essere valutate separatamente e in combinazione.

Se le singole superfici parziali a, b e c sono assegnate a categorie di sistema diverse, devono essere delimitate l'una dall'altra e da altre parti della facciata con misure di protezione antincendio orizzontali e verticali in conformità al capitolo 6.

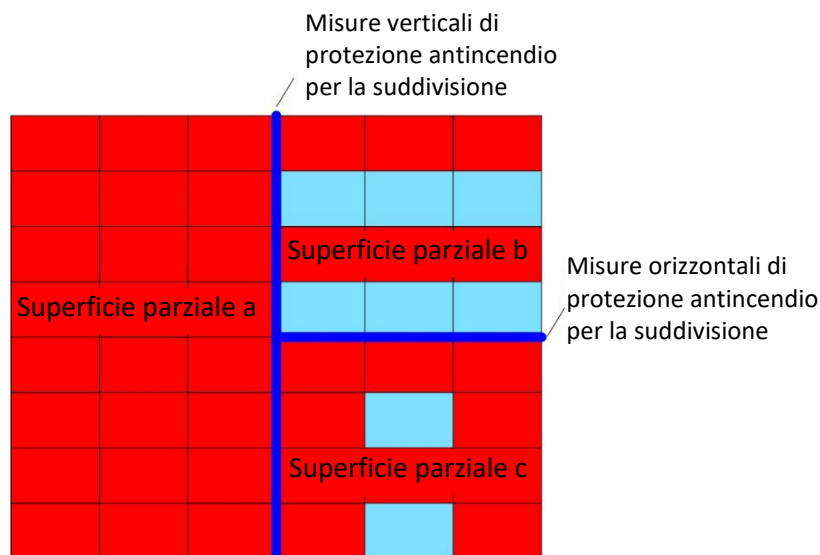


Figura 2: Suddivisione delle superfici parziali e delle categorie di sistema (rappresentazione propria)

La sicurezza delle persone deve essere garantita in ogni caso. Se i requisiti delle categorie di sistema corrispondenti sono soddisfatti, l'impianto può essere approvato, ma non lo è automaticamente.

#### 4.5 Rapporto di comprova

Le condizioni marginali e i criteri dell'obiettivo di protezione devono essere concordati con le autorità di protezione antincendio prima di effettuare la comprova. Deve essere disponibile un rapporto di comprova in modo che le autorità di protezione antincendio possano valutare l'equivalenza del raggiungimento dell'obiettivo di protezione. Il rapporto deve contenere un indice delle modifiche.

Per i progetti d'impianto di sistemi di categoria 2, devono essere presentati anche i rapporti di comprova delle prove antincendio. I responsabili della comprova devono dimostrare, interpretando il rapporto di comprova, che gli obiettivi di protezione sono stati raggiunti.

#### 4.6 Prove antincendio

La procedura di comprova definisce gli obiettivi di protezione che devono essere presentati all'autorità di protezione antincendio per l'approvazione. Poiché non esiste uno stato della tecnica, il rispetto di questi obiettivi di protezione per la categoria di sistema 2 deve essere verificato con prove antincendio.

Le prove antincendio devono essere eseguite, in accordo con le autorità di protezione antincendio, presso un laboratorio di prova riconosciuto dall'AICAA, presso un organismo notificato (notified body) del sistema informativo NANDO dell'Unione Europea o presso una struttura di prova concordata con le autorità di protezione antincendio.

## 4.7 Edifici di altezza ridotta (fino a 11 m di altezza complessiva)

### 4.7.1 Obiettivi di protezione

Nella direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione", non viene definito alcun obiettivo di protezione per gli edifici di altezza ridotta (altezza complessiva fino a 11 metri), ma solo requisiti materiali, in quanto viene garantito l'intervento dei pompieri dall'esterno.

### 4.7.2 Procedura di comprova

Secondo la direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione", per le facciate ventilate di edifici di altezza ridotta (altezza complessiva fino a 11 m) è richiesta solamente la comprova del gruppo di reazione al fuoco.

### 4.7.3 Categorie di sistema

#### **Categoria di sistema 0**

Tutti gli impianti fotovoltaici rientrano in questa categoria, indipendentemente dal tipo di facciata. L'impianto fotovoltaico può essere autorizzato senza una procedura di comprova.

In generale, il prerequisito è che tutte le seguenti condizioni siano soddisfatte:

- La parete esterna è costruita secondo quanto descritto nel capitolo 3.2.
- Possono essere utilizzati tutti i tipi di moduli fotovoltaici (min. RF3 (cr)).
- Non sono necessarie misure di protezione antincendio orizzontali contro la propagazione dell'incendio né nell'intercapedine di ventilazione e né nel passaggio dei cavi in conformità con il capitolo 6.1.
- Le misure tecniche di protezione per l'impianto FV sono eseguite in conformità con il capitolo 5.
- Possono essere utilizzati ottimizzatori e inverter di modulo

#### **Categoria di sistema 1 - 2**

Non sono previsti sistemi di categoria 1 o 2 per gli edifici di altezza ridotta (altezza complessiva fino a 11 metri).

### 4.7.4 Garanzia della qualità

In linea di principio, secondo la direttiva antincendio AICAA "11-15 Garanzia della qualità nella protezione antincendio", sezione 3.3.1, per gli edifici fino a 11 metri è richiesto un grado di garanzia della qualità QSS 1 o 2, a seconda della loro destinazione d'uso.

## 4.8 Edifici di media altezza (fino a 30 m di altezza complessiva)

### 4.8.1 Obiettivi di protezione

Nella direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione", sezione 3.1.1, viene formulato il seguente obiettivo di protezione per la categoria di edifici "edifici di media altezza":

I rivestimenti combustibili delle facciate esterne e/o le coibentazioni termiche combustibili devono essere suddivisi costruttivamente in modo tale che, prima dell'intervento dei pompieri, un incendio sulla parete esterna non possa propagarsi oltre la distanza di due piani sopra al piano in cui si sviluppa l'incendio.

### 4.8.2 Procedura di comprova

Secondo la direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione", sezione 3.2.3, le facciate ventilate dei fabbricati di altezza media devono essere realizzate con una costruzione riconosciuta dall'AICAA o equivalente, se i rivestimenti della parete esterna e / o nell'area di ventilazione posteriore ci sono materiali isolanti rispettivamente strati in superficie di materiali da costruzione combustibili.

Se non viene utilizzata una costruzione riconosciuta dalla AICAA o equivalente, è necessario eseguire una procedura di comprova.

### 4.8.3 Categorie di sistema

#### **Categoria di sistema 0**

Le costruzioni riconosciute dall'AICAA o equivalenti sono assegnate alla categoria di sistema 0.

#### **Categoria di sistema 1**

L'impianto fotovoltaico può essere approvato se il rapporto di comprova è conforme al capitolo 4.5:

- gli obiettivi di protezione elencati nel capitolo 4.8.1 e
- le misure adottate per garantire la conformità sono descritte in modo completo, tracciabile e plausibile.

Questa categoria comprende tutti gli impianti che non rientrano nella categoria 2, indipendentemente dal tipo di facciata.

In generale, il prerequisito è che tutte le seguenti condizioni siano soddisfatte:

- La parete esterna è costruita secondo quanto descritto nel capitolo 3.2.
- Vengono applicate le misure di protezione antincendio orizzontali contro la propagazione verticale dell'incendio nel livello di ventilazione e nel passaggio dei cavi per ogni piano in conformità con il capitolo 6.1.
- Il concetto di protezione antincendio dell'edificio non presenta divergenze rilevanti dalle attuali prescrizioni della protezione antincendio AICAA. L'autorità di protezione antincendio decide in merito alla categorizzazione delle divergenze.
- I moduli fotovoltaici hanno una struttura vetro-vetro di almeno 2 x 4 mm e presentano una classificazione di almeno B-s3,d1 in conformità con la norma SN EN 13501-1.
- Lo spessore della struttura vetro-vetro può essere ridotto ad un minimo di 2 x 1,6 mm se il bordo del modulo FV è racchiuso (incorniciato) da un materiale di classe di combustibilità RF1 con uno spessore  $\geq$  1,5 mm. Deve essere verificata una classificazione di almeno B-s3,d1 in conformità alla SN EN 13501-1.
- Le misure tecniche di protezione per l'impianto FV sono implementate in conformità con il capitolo 5.
- Nell'intercapedine di ventilazione non sono installati ottimizzatori o inverter di moduli.

Le condizioni per le seguenti categorie di edifici possono essere semplificate come segue:

- Edificio con concetto dell'impianto di spegnimento o parete esterna con resistenza al fuoco (incluse le finestre): le misure di protezione antincendio orizzontali in conformità il capitolo 6.1 devono essere implementate solo su un piano ogni due. I dettagli devono essere illustrati nel rapporto di comprova.
- Parete esterna con resistenza al fuoco (comprese le finestre):  
I moduli fotovoltaici possono avere una struttura vetro-pellicola con classificazione RF2 (cr).

## Categoria di sistema 2

Questa categoria comprende gli impianti che non soddisfano i singoli requisiti della categoria di sistema 1 (ad esempio, seguire divergenze rispetto alle soluzioni edili e tecniche proposte nel capitolo 5 o concetti alternativi).

Tuttavia, il presupposto è che il concetto di protezione antincendio dell'edificio non presenti divergenze rilevanti dalle attuali prescrizioni della protezione antincendio. L'autorità di protezione antincendio decide se le divergenze sono rilevanti.

L'impianto fotovoltaico è autorizzabile se:

- la parete esterna è costruita secondo quanto descritto nel capitolo 3.2.
- le prove antincendio (capitolo 4.6) comprovano che gli obiettivi di protezione sono stati raggiunti e
- nel rapporto di comprova secondo il capitolo 4.5
  - gli obiettivi di protezione elencati nel capitolo 4.8.1 e
  - le misure adottate per garantire la conformità sono descritte in modo completo, tracciabile e plausibile

### 4.8.4 Garanzia della qualità

Se è richiesta una procedura di comprova conforme al capitolo 4.8.2, il progetto viene assegnato al grado di garanzia della qualità QSS 3 in conformità alla direttiva antincendio AICAA "11-15 Garanzia della qualità nella protezione antincendio", sezione 3.4.1. La procedura di comprova deve essere eseguita da un esperto sulla protezione antincendio riconosciuto dall'AICAA.

Per i progetti di facciate fotovoltaiche su edifici di media altezza, il grado di garanzia della qualità può essere ridotto a QSS 2 previa consultazione con le autorità di protezione antincendio.

## 4.9 Edifici alti (fino a 100 m di altezza complessiva)

### 4.9.1 Obiettivi di protezione

Nella direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione" non è stato ancora formulato un obiettivo di protezione esplicito per la facciata nella categoria degli edifici alti, poiché i requisiti dei materiali sono in linea di principio RF1. In base al requisito dei materiali da costruzione della facciata (RF1), la propagazione dell'incendio attraverso la facciata - in questo caso attraverso l'impianto fotovoltaico - non è accettata negli edifici alti secondo le prescrizioni della protezione antincendio.

L'AICAA ha nel frattempo definito gli obiettivi di protezione per i sistemi di rivestimento delle pareti esterne degli edifici alti e la Commissione tecnica per la protezione antincendio li ha approvati il 12 settembre 2023. Gli obiettivi di protezione sono suddivisi in due aree come segue:

#### Obiettivo di protezione contro l'espansione dell'incendio

In caso di incendio, prima dell'attacco di spegnimento da parte dei pompieri, non ci deve essere propagazione dell'incendio sulla parete esterna per più di due piani sopra a quello dove l'incendio è iniziato (beni da proteggere: persone).

#### Obiettivo di protezione inerente al sistema di rivestimento della parete esterna

Dopo che il sistema di rivestimento della parete esterna ha preso fuoco, il relativo incendio può diffondersi in modo indipendente in direzione verticale solamente fino al prossimo piano (beni da proteggere: fabbricati e persone).

La funzione della via di fuga verticale non può essere compromessa (beni da proteggere: persone).

Il sistema di rivestimento della parete esterna deve essere costruito in modo che il corpo pompieri non debba eseguire un intervento dall'esterno (beni da proteggere: fabbricati).

### 4.9.2 Procedura di comprova

Siccome bisogna derogare dal principio della direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione", secondo cui nella facciata devono essere utilizzati solo materiali del gruppo di reazione al fuoco RF1; è sempre necessario eseguire una procedura di comprova.

### 4.9.3 Categorie di sistema

#### **Categoria di sistema 0**

Nessun edificio, rispettivamente impianto, può essere assegnato alla categoria di sistema 0.

#### **Categoria di sistema 1**

L'impianto fotovoltaico è autorizzabile se nel rapporto di comprova secondo il capitolo 4.5:

- gli obiettivi di protezione elencati nel capitolo 4.9.1 e
- le misure adottate per garantire la conformità sono descritte in modo completo, tracciabile e plausibile.

Rientrano in questa categoria gli impianti riguardanti:

- Edifici con concetto dell'impianto di spegnimento
- Pareti esterne con resistenza al fuoco (comprese le finestre)
- Facciate con strisce di finestre o strisce orizzontali del gruppo di reazione al fuoco RF1 per piano che siano alte almeno 1,3 m e che vengono combinate
  - con una misura di protezione antincendio orizzontale ridotta al di sopra del modulo fotovoltaico
  - e con una misura di protezione antincendio orizzontale al di sotto del modulo fotovoltaico.



In generale, il prerequisito è che tutte le seguenti condizioni siano soddisfatte:

- La parete esterna e il sistema di rivestimento della parete esterna, escluso l'impianto fotovoltaico, sono costituiti da materiali da costruzione del gruppo di reazione al fuoco RF1 o da un sistema incapsulato. Eccezioni ammesse se conformi alla direttiva antincendio AICAA "14-15 Utilizzo dei materiali da costruzione" Sezione 2 Paragrafo 8, Sezione 3.2.3 Paragrafo 3 e Sezione 3.2.8 Nota a piè di pagina [3].
- Per ogni piano, vengono applicate misure di protezione antincendio orizzontali contro la propagazione verticale dell'incendio nell'intercapedine di ventilazione e nel passaggio dei cavi, secondo il capitolo 6.1.
- Il concetto di protezione antincendio dell'edificio alto non presenta divergenze rilevanti dalle attuali prescrizioni della protezione antincendio AICAA. L'autorità di protezione antincendio decide in merito alla categorizzazione delle divergenze.
- I moduli fotovoltaici hanno una struttura vetro-vetro di almeno 2 x 6 mm e presentano una classificazione di almeno B-s3,d1 in conformità con la norma SN EN 13501-1.
- Per le pareti esterne con resistenza al fuoco (incluse le finestre), lo spessore del vetro della struttura vetro-vetro può essere ridotto a un minimo di 2 x 1,6 mm se il bordo del modulo FV è racchiuso (incorniciato) da un materiale con classe di combustibilità RF1 con uno spessore  $\geq 1,5$  mm. È da dimostrare una classificazione di almeno B-s3,d1 in conformità alla norma SN EN 13501-1.
- Le misure tecniche di protezione per l'impianto fotovoltaico sono implementate secondo il capitolo 5.
- Nell'intercapedine di ventilazione non vengono installati ottimizzatori o inverter di moduli (microinverter).

Se i requisiti di cui sopra sono soddisfatti, l'impianto può essere approvabile, ma non è automaticamente autorizzato.

### **Categoria di sistema 2**

Il presupposto è che il concetto di protezione antincendio dell'edificio alto non presenti divergenze rilevanti dalle attuali prescrizioni della protezione antincendio. L'autorità di protezione antincendio decide se le divergenze sono rilevanti.

Rientrano in questa categoria gli impianti per i quali:

- non sono soddisfatti i singoli requisiti della categoria di sistema 1, ad esempio:
  - divergenze dalle soluzioni tecniche ed edili proposte nei capitoli 5 e 6 e
  - si perseguono concetti alternativi (ad es. impianto di spegnimento in facciata)
- con montaggio sporgente (a sbalzo) dei moduli

L'impianto fotovoltaico è autorizzabile se:

- le prove antincendio (capitolo 4.6) dimostrano che gli obiettivi di protezione sono soddisfatti e
- nel rapporto di comprova conforme con il capitolo 4.5
  - gli obiettivi di protezione elencati nel capitolo 4.9.1 e
  - le misure adottate per garantire la conformità sono descritte in modo completo, tracciabile e plausibile.

#### **4.9.4 Garanzia della qualità**

Sulla base della procedura di comprova, il progetto viene assegnato al grado di garanzia della qualità QSS 3 in conformità con la direttiva antincendio AICAA "11-15 Garanzia della qualità nella protezione antincendio", sezione 3.4.1. La procedura di comprova deve essere eseguita da un esperto di protezione antincendio riconosciuto dall'AICAA.

## 5 Misure tecniche di protezione

### 5.1 Basi

L'attuale DST Impianti solari di Swissolar vale come base per l'installazione dei singoli componenti dell'impianto fotovoltaico e per l'obbligo della documentazione. In questo capitolo sono riportati complementi specifici riguardanti le facciate fotovoltaiche.

### 5.2 Cavi di collegamento e connettori

Devono essere usati cavi e connettori con le appropriate certificazioni.

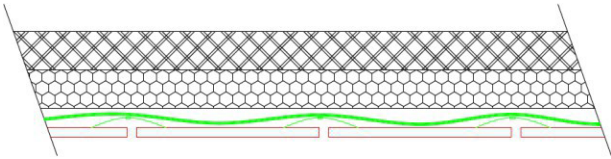
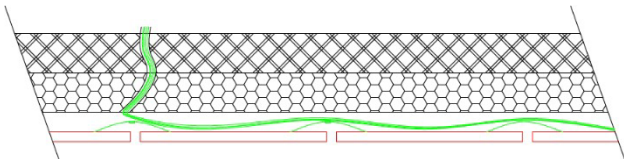
Tabella 4: Caratteristiche del cavo di collegamento e del connettore (rappresentazione propria)

Componente	Norma	Requisiti
Cavo DC	SN EN 50618:2014-12 "Cavi elettrici per impianti fotovoltaici"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppo di reazione al fuoco RF3 (cr)</li> <li>• Privi di alogeni</li> <li>• Ritardante al fuoco</li> <li>• Basso carico d'incendio: &lt;0,8 MJ/m</li> </ul>
Connettori	SN EN 62852:2015-03 "Connettori per applicazioni in corrente continua nei sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove".	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppo di reazione al fuoco RF3 (cr)</li> <li>• Ritardante di fiamma</li> <li>• Solo connettori compatibili dello stesso produttore (NIBT)</li> </ul>

### 5.3 Passaggio dei cavi

#### 5.3.1 Passaggio orizzontale dei cavi

Tabella 5: Tipi di posa orizzontale dei cavi (rappresentazione propria)

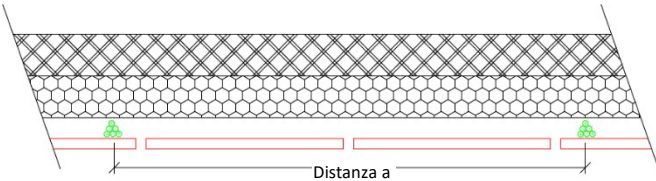
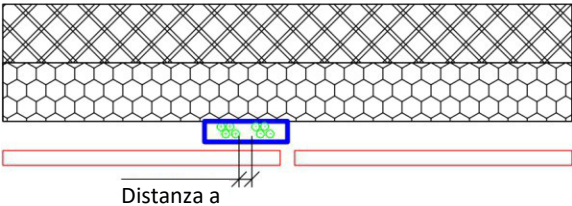
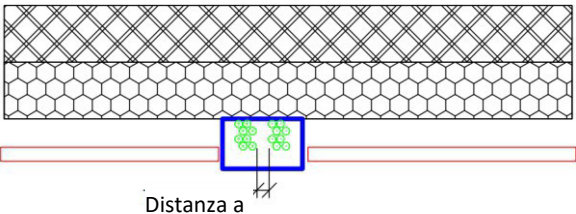
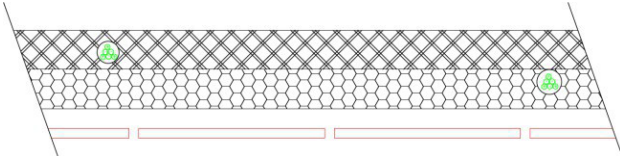
Tipo di posa	Requisiti
Passaggio aperto dei cavi nello spazio d'aerazione 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non più di 3 stringhe (6 cavi DC) posati in parallelo</li> <li>• Mantenere corti i collegamenti tra i moduli</li> <li>• Distanza tra i passaggi orizzontali dei cavi <math>\geq 1</math> m</li> </ul>
Passaggio dei cavi nel materiale RF1 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il conduttore di protezione deve essere incluso</li> <li>• Assegnazione secondo NIBT</li> </ul>

### 5.3.2 Passaggi dei cavi verticali

Per il passaggio verticale dei cavi è necessario osservare sempre i seguenti punti:

- I cavi possono essere posati liberamente tra le misure antincendio orizzontali e verticali.
- Materiali da costruzione del gruppo di reazione al fuoco RF3 (cr) ammessi per il fissaggio
- È necessario garantire un buon scarico delle tensioni meccaniche
- La suddivisione in più zone verticali di calata riduce il rischio di incendi localizzati.
- Nessun connettore CC (DC) nella zona di calata verticale
- Le aperture per l'ingresso e l'uscita dei cavi devono avere un diametro il più possibile ridotto. È necessario prestare attenzione alla protezione dei cavi, utilizzando materiali da costruzione almeno del gruppo di reazione al fuoco RF3 (cr).

Tabella 6: Tipi di passaggio verticale dei cavi (rappresentazione propria)

Tipo di posa	Requisiti
Passaggio dei cavi aperto nello spazio d'aerazione 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Massimo 3 stringhe per zona montante</li> <li>• Possibilità di combinare DC+ e DC-</li> <li>• distanza minima di 3 m tra le zone montanti verticali (distanza a)</li> <li>• Predisporre protezione da roditori</li> </ul>
Passaggio dei cavi chiuso nello spazio d'aerazione 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• È preferibile la suddivisione in più zone montanti</li> <li>• DC + e DC- sono smistati a partire da 3 stringhe e distanziati tra loro di 10 cm (distanza a)</li> <li>• Canale metallico chiuso e collegato a terra per la schermatura</li> <li>• Predisporre protezione da roditori</li> </ul>
Passaggio dei cavi separato e chiuso 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• È preferibile la suddivisione in più zone montanti</li> <li>• DC + e DC- sono smistati a partire da 3 stringhe e distanziati tra loro di 10 cm (distanza a)</li> <li>• Canale metallico chiuso e collegato a terra per la schermatura</li> <li>• Predisporre protezione da roditori</li> </ul>
Passaggio dei cavi in materiale RF1 (ad es. calcestruzzo) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il conduttore di protezione deve essere incluso</li> <li>• Assegnazione secondo NIBT</li> </ul>

#### 5.4 Concetto dell'inverter

Gli inverter devono essere conformi alle norme pertinenti. Per quanto riguarda la protezione antincendio, si tratta in particolare di:

Tabella 7: Requisiti dei sistemi dell'inverter (rappresentazione propria)

Funzione	Standard
Sicurezza dei dispositivi	SN EN 62109-1:2010-07 "Sicurezza dei convertitori di potenza utilizzati negli impianti fotovoltaici - Parte 1: Prescrizioni generali". SN EN 62109-2:2011-09 "Sicurezza dei convertitori di potenza utilizzati negli impianti fotovoltaici - Parte 2: Prescrizioni particolari per gli inverter".

Nel concetto dell'inverter è necessario tener conto dei seguenti punti:

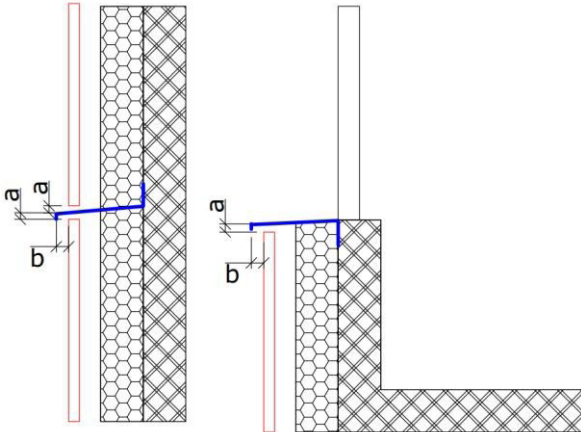
- Requisiti per l'ubicazione dell'inverter secondo il documento Swissolar sullo stato della tecnica "DST Promemoria antincendio AICAA impianti solari".
- È preferibile l'uso di inverter con rilevatori di archi voltaici e interruzione automatica. La funzione di rilevamento dell'arco voltaico non è ancora disponibile in molti dispositivi presenti sul mercato europeo. Inoltre, le informazioni sulle disconnessioni errate dovute da un arco voltaico sono limitate, il che rende difficile valutare l'effettivo rilevamento dell'arco voltaico. In queste condizioni, l'uso di inverter con rilevamento dell'arco voltaico per gli impianti fotovoltaici sulle facciate è raccomandato, ma non è un prerequisito.

## 6 Misure di protezione edili

### 6.1 Misure di protezione antincendio orizzontali

Tabella 8: Misure di protezione antincendio orizzontali (rappresentazione propria)

Interruzione orizzontale dello spazio d'aerazione



I materiali con le seguenti proprietà possono essere utilizzati come misura di protezione antincendio per l'interruzione/la divisione dell'intercapedine d'aerazione posteriore:

- Materiali da costruzione del gruppo di reazione al fuoco RF1
- Punto di fusione  $\geq 1'000$  °C
- Spessore del materiale  $\geq 1,5$  mm
- Resistente alle intemperie

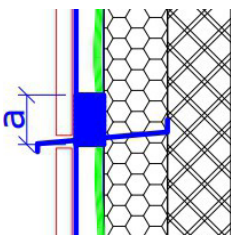
Le distanze devono essere interpretate come segue:

- $a \leq 20$  mm
- $b \geq 10$  mm

Le misure antincendio orizzontali possono essere disposte sopra e sotto la finestra.

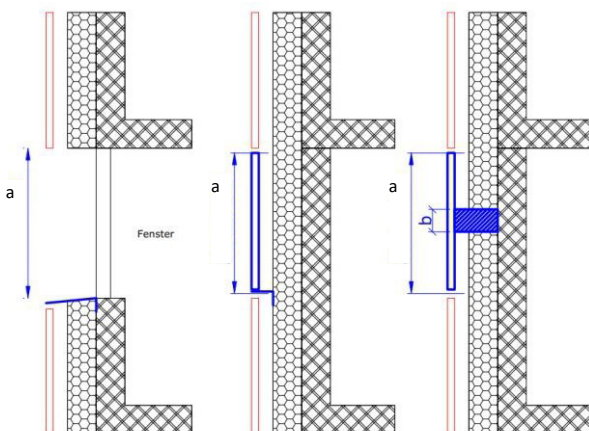
I giunti verticali realizzati con materiali da costruzione combustibili non devono compromettere la misura di protezione antincendio orizzontale.

Interruzione orizzontale passaggio dei cavi



Le canalizzazioni dei cavi nella zona delle misure antincendio orizzontali devono essere suddivise su più piani contigui con materiali da costruzione del gruppo di reazione al fuoco RF1. I materiali da costruzione del gruppo di reazione al fuoco RF1 devono avere un punto di fusione di almeno 1'000 °C, una densità di almeno 60 kg/m<sup>3</sup> e uno spessore (a) di almeno 15 cm.

Strisce di finestre / zone di rivestimento continue



Le strisce di finestre e/o i rivestimenti continui delle pareti esterne RF1 che interrompono orizzontalmente l'intercapedine di ventilazione sono considerati una misura di protezione antincendio per limitare la propagazione dell'incendio a partire da un'altezza (a) di 1,3 m se sono combinati con una misura di protezione antincendio orizzontale ridotta (la misura di protezione antincendio ridotta può essere posizionata sopra o sotto la striscia di finestre). Queste sono:

- Materiali da costruzione del gruppo di reazione al fuoco RF1
- Punto di fusione  $\geq 1'000$  °C
- Spessore del materiale  $\geq 1,5$  mm
- Resistente alle intemperie

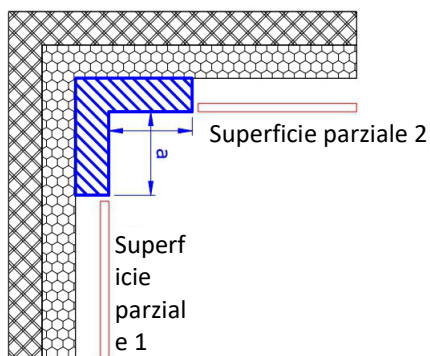
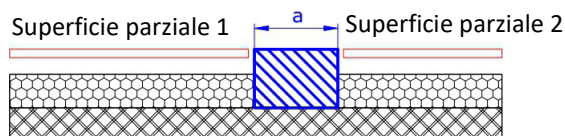
Non è necessaria una sporgenza della misura antincendio orizzontale. In alternativa ad una lamiera, può essere usata anche una misura di protezione antincendio in lana minerale con uno spessore (b)  $\geq 15$  cm.

## 6.2 Misure di protezione antincendio verticali

Tabella 9 Misure di protezione antincendio verticali (rappresentazione propria)

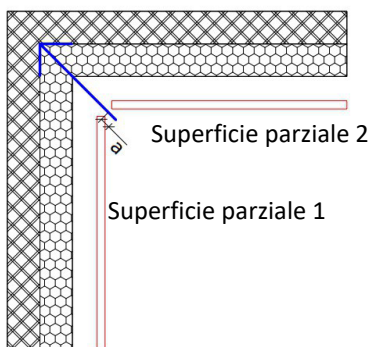
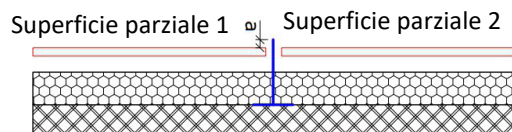
Separazione verticale / distanza tra lo spazio d'aerazione

Le zone di rivestimento continue verticali RF1, che dividono il livello di ventilazione, sono considerate come misura di protezione antincendio a partire da una larghezza (a) di 150 mm.



Interruzione verticale dello spazio d'aerazione

I materiali con le seguenti proprietà possono essere utilizzati come misura di protezione antincendio per l'interruzione verticale dello spazio d'aerazione:



- Materiali da costruzione del gruppo di reazione al fuoco RF1
- Punto di fusione  $\geq 1'000$  °C
- Spessore del materiale  $\geq 1,5$  mm
- Resistente alle intemperie

Le distanze devono essere interpretate come segue:

- $a \geq 10$  mm

(Sulla base delle misure di protezione antincendio verticale per le pareti che formano compartimenti tagliafuoco di Lignum "7.1 Pareti esterne - costruzione e rivestimento", sezione 4.2).

## 7 Funzionamento

### 7.1 Principio

Gli impianti fotovoltaici devono essere controllati e sottoposti a manutenzione. Questi aspetti devono essere presi in considerazione già in fase di progettazione per consentire una manutenzione e una gestione preventiva. La manutenzione e la manutenzione preventiva devono essere pianificate in particolare per gli impianti di facciata, poiché l'accessibilità è limitata.

Il controllo viene effettuato in remoto tramite un sistema di sorveglianza basato su cloud, che rileva le rese e registra e trasmette le segnalazioni di errore. Le condizioni degli impianti vengono verificate con regolari ispezioni di controllo in loco e, se necessario, vengono adottate misure.

Per una regolare manutenzione preventiva, al momento della consegna dell'impianto fotovoltaico l'impresa installatrice deve fornire al proprietario la documentazione in conformità alla norma SN EN 62446-1:2016-04 "Sistemi fotovoltaici (FV) - Prescrizioni per le prove, la documentazione e la manutenzione - Parte 1: Sistemi fotovoltaici collegati alla rete elettrica - Documentazione, prove di accettazione e verifica ispettiva". Questa documentazione deve essere archiviata presso gli inverter, il quadro elettrico AC e presso l'accesso principale di intervento dei pompieri.

Gli impianti fotovoltaici sui tetti si distinguono da quelli in facciata in termini di accessibilità, costruzione e sporcizia. Durante la visita agli impianti, è necessario osservare i concetti di sicurezza basati sulle prescrizioni SUVA e, ove prescritto, adottare misure per prevenire le cadute. Il controllo e la manutenzione preventiva di questi dispositivi di protezione anticaduta vengono effettuate da aziende certificate dal produttore.

### 7.2 Requisiti per il funzionamento

Per gli impianti in facciata è da redigere un concetto di manutenzione. Valgono i seguenti requisiti minimi:

Tabella 10: Requisiti di funzionamento dell'impianto (rappresentazione propria)

	<b>Edifici d'altezza ridotta</b>	<b>Edifici di media altezza</b>	<b>Edifici alti</b>
Sorveglianza	Consigliato	Obbligatorio	Obbligatorio
Ispezione almeno ogni	5 anni (consigliato)	3 anni	2 anni

Una verifica può essere necessaria dopo eventi straordinari come temporali, grandine, tempeste o terremoti. Il tipo e l'estensione del controllo sono stabiliti sulla base dei dati di sorveglianza e delle raccomandazioni degli specialisti.

La manutenzione, come la pulizia e la riparazione dei componenti difettosi, viene eseguita secondo i principi standard del settore.

### 7.3 Messa fuori servizio e smantellamento

Se si verificano difetti nell'impianto fotovoltaico che mettono a rischio la sicurezza e non possono essere riparati economicamente, parti o l'intero impianto sono da disattivare e all'occorrenza da smantellare. I moduli FV nelle facciate che svolgono una doppia funzione sono da disattivare e possono essere lasciati al loro posto come protezione dalle intemperie, a condizione che non rappresentino un pericolo.

In caso di difetti meccanici sulle facciate fotovoltaiche, le parti danneggiate devono essere sostituite o rimosse.

## 8 Appendice

### 8.1 Glossario

Il presente documento si basa in particolare sui seguenti Norme e direttive. Il contenuto di queste direttive non viene riportato integralmente nel documento, ma solo riassunto dove appare sensato.

Tabella 11: Documenti (rappresentazione propria)

Abbreviazione	Documento	Breve descrizione
direttiva antincendio AICAA14-15	Direttiva antincendio Utilizzo di materiali da costruzione	Il capitolo 3 della direttiva sulla protezione antincendio stabilisce i requisiti per la realizzazione dell'involucro del fabbricato.
direttiva antincendio AICAA13-15	Direttiva antincendio Materiali da costruzione e parti della costruzione	Definisce i requisiti della classificazione dell'incendio dei materiali da costruzione.
direttiva antincendio AICAA11-15	Direttiva antincendio Garanzia della qualità nella protezione antincendio	Definisce i requisiti per la garanzia della qualità nella protezione antincendio.
direttiva antincendio AICAA22-15	Direttiva antincendio Sistemi parafulmini	Definisce i requisiti dei sistemi parafulmini (protezione scariche atmosferiche).
direttiva antincendio AICAA27-15	Direttiva antincendio Procedura di comprova nella protezione antincendio	Regolamenta l'applicazione delle procedure di comprova nella protezione antincendio, tenendo conto degli obiettivi di protezione della norma di protezione antincendio e di una interpretazione complessiva.
Promemoria antincendio AICAA 2001-15	Promemoria antincendio AICAA impianti solari	Base del documento sullo stato della tecnica di Swissolar. Senza requisiti specifici per la facciata fotovoltaica.
DST Impianti solari	Documento sullo stato della tecnica dell'AICAA Promemoria antincendio Impianti solari (Swissolar)	Documento sullo stato della tecnica per l'installazione di Impianti fotovoltaici senza requisiti specifici per le facciate fotovoltaiche.
Lignum 7.1	7.1 Aussenwände - Konstruktion und Bekleidung (Lignum 2015) / 7.1 Parois extérieures - Constructions et revêtements (Lignum 2015)	Documento sullo stato della tecnica per il rivestimento di pareti esterne in legno. Esperienza nelle misure di protezione antincendio con parti della costruzione di facciata combustibili sono utilizzati per gli impianti fotovoltaici.
NIBT	Norma sugli impianti a bassa tensione (SN 411000:2020)	Regolamenta le basi per la sicurezza di installazioni elettriche in Svizzera.
Opuscolo informativo facciate ventilate	Protezione antincendio per facciate ventilate (Involucro edilizio Svizzera FA 5/12)	Scheda informativa della commissione tecnica di Involucro edilizio svizzera sul tema della protezione antincendio in facciate ventilate.
SIA 260	Norma: SIA 260 "Basi per la progettazione di strutture portanti".	Norma per la progettazione di strutture portanti.
SIA 261	Norma: SIA 261 Azioni sulle strutture portanti	Norma per il calcolo delle azioni sulle strutture portanti.
SIA 261/1	Norma: SIA 261/1 Azioni sulle Strutture portanti - Disposizioni complementari	Disposizioni complementari sulla Norma SIA 261 "Azioni sulle strutture portanti".
SIA 2057	Quaderno tecnico: SIA 2057	Quaderno tecnico sulla progettazione di parti della costruzione in vetro.
	Fachbuch Photovoltaikanlagen (pubblicazione specialistica sugli impianti fotovoltaici (Christof Bucher)	Basi teoriche della tecnologia fotovoltaica e la loro realizzazione nell'edificio.



## 8.2 Spiegazione dei disegni

La seguente legenda vale per tutti i disegni:



- Modulo FV
- ▭ Finestra
- ▭ Misura di protezione antincendio
- ▭ Cablaggio
-  Struttura portante
-  Coibente

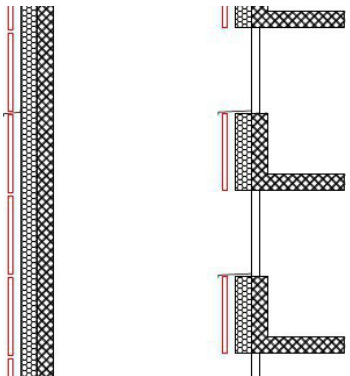
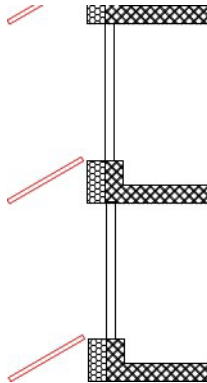
Figura 3: Legenda dei disegni (rappresentazione propria)

## 8.3 Complemento ai requisiti edili

### 8.3.1 Tipi di montaggio

Sono qui brevemente descritti i due principi di installazione più frequenti, che differiscono in modo significativo in termini di protezione antincendio. In uno stesso oggetto possono essere presenti più principi di installazione.

Tabella 12: Tipi di montaggio FV (rappresentazione propria)

Designazione	Immagine principale	Caratteristiche:
Montaggio complanare		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montaggio del modulo fotovoltaico davanti allo strato di coibentazione termica</li> <li>• Installazione del modulo fotovoltaico con ventilazione</li> <li>• Tipi di installazione frequentemente utilizzati secondo la sezione 8.3.2 dell'appendice.</li> </ul>
Montaggio sporgente		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aggiunto per la costruzione di pareti esterne</li> <li>• Costruzione sporgente</li> <li>• Non fa parte della costruzione della parete esterna</li> <li>• Il modulo fotovoltaico non forma un livello di ventilazione</li> </ul>

### 8.3.2 Sistemi di montaggio

I sistemi di montaggio utilizzati più frequentemente per le facciate fotovoltaiche sono descritti sommariamente qui di seguito:

Tabella 13: Sistemi di montaggio (rappresentazione propria)

Designazione	Immagine principale	Caratteristiche:
Montaggio complanare		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sottostruttura in alluminio</li> <li>• Sottostruttura incollata SSG (Structural Silicon Glazing) con angolo di trasferimento del carico sul bordo inferiore del modulo.</li> <li>• Fissaggio del modulo sospeso</li> <li>• Fissaggio del modulo con sostegni avvitati o rivettati</li> </ul>
Assemblaggio a scandole		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assemblaggio del modulo a scandole</li> <li>• Profilo di montaggio verticali</li> <li>• Gancio di montaggio</li> <li>• I moduli vengono inseriti nei ganci</li> </ul>
Sistema di inserimento con modulo con telaio		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema di montaggio a connessione incrociata</li> <li>• Profilo orizzontale per il fissaggio del modulo nel sistema di inserimento</li> <li>• Utilizzato per lo più con moduli solari con telaio</li> <li>• Struttura in alluminio</li> </ul>
Montaggio sporgente		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il modulo deve essere adatto alla vetratura orizzontale secondo la SIA 2057.</li> <li>• Costruzione sporgente (ad es. in acciaio)</li> <li>• Fissaggio del modulo in alluminio</li> </ul>

### 8.3.3 Moduli fotovoltaici

#### **Struttura:**

Il vetro stratificato è costituito da due singole lastre monolitiche e dallo strato intermedio stratificato con le celle solari. La stratificazione può essere costituita da una combinazione di diversi tipi di vetro, come il vetro float, il vetro temperato di sicurezza (VST, ESG in tedesco) o il vetro indurito / vetro parzialmente temperato (VI, TVG in tedesco). Le combinazioni di vetro spesso utilizzate per i moduli fotovoltaici sono

- VST/vetro float per moduli a film sottile, come la tecnologia CIGS. Per evitare crepe da stress nel vetro float, i moduli a film sottile devono essere tenuti meccanicamente sul retro.
- VST/VI è una tipica combinazione di vetri per moduli fotovoltaici che raggiunge un'elevata resistenza alla flessione, agli urti e ai colpi e garantisce una sufficiente capacità residua.
- VI/VI è una combinazione di vetri tipica per i vetri stratificati di sicurezza e può essere considerata un'alternativa a VST/VI. La migliore capacità residua si ottiene con la stratificazione.

Il rischio di rottura spontanea del vetro a causa di inclusioni di solfuro di nichel nel vetro temprato di sicurezza può essere minimizzato con un ulteriore processo di deposito a caldo (HST).

I materiali adatti (in conformità alla SIA 2057) per lo strato intermedio del vetro di sicurezza stratificato includono

- Polivinilbutirrale (PVB)
- Etilene vinil acetato (EVA)
- Ionomero

#### **Tipo di vetro:**

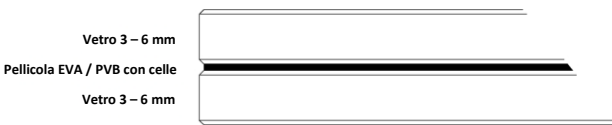
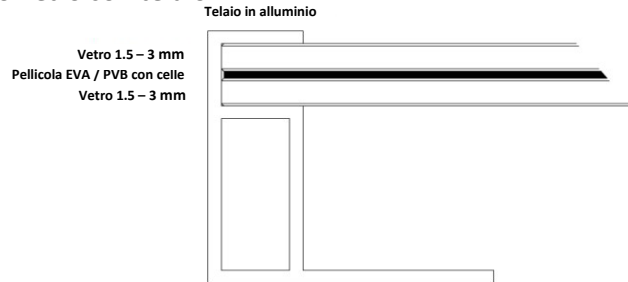
Per la struttura di un modulo fotovoltaico si utilizza solitamente un vetro bianco a basso contenuto di ferro. Si differenziano in base alle seguenti proprietà:

- Spessore del vetro
- Grado di indurimento
- Superficie del vetro (strutturata, satinata, ecc.)

A causa del suo comportamento a rottura, il tipo di vetro ha un'influenza indiretta sul comportamento al fuoco e quindi anche sulla classificazione del materiale da costruzione.


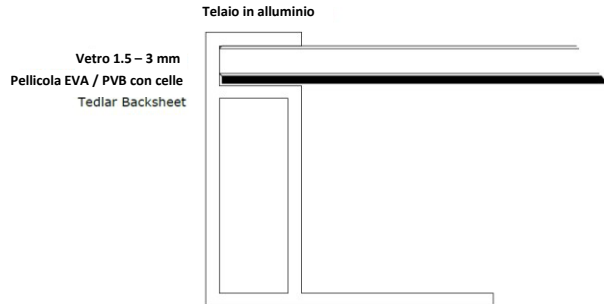
La struttura dei moduli fotovoltaici può essere suddivisa grossolanamente in 4 categorie.

Tabella 14: Sovrastrutture dei moduli solari (rappresentazione propria)

<p><b>Vetro-vetro senza telaio</b></p>  <p>Vetro 3 - 6 mm Pellicola EVA / PVB con celle Vetro 3 - 6 mm</p> <p>Struttura del modulo utilizzata solitamente per le facciate fotovoltaiche. Le celle solari sono incapsulate tra due lastre di vetro. Come strato intermedio si utilizzano due pellicole di EVA o PVB con uno spessore dello strato di circa 2 x 0,76 mm. Raramente viene utilizzato anche il silicone come strato intermedio. Le lastre di vetro sono in vetro VI (TVG) o VST (ESG). Lo spessore del vetro è determinato dalla statica.</p>	<p><b>Vetro-vetro con telaio</b></p>  <p>Telaio in alluminio Vetro 1.5 - 3 mm Pellicola EVA / PVB con celle Vetro 1.5 - 3 mm</p> <p>Per ridurre lo spessore del vetro, la stratificazione vetro-vetro con le celle viene racchiuso da una cornice in alluminio. Il vetro viene solitamente incollato al telaio con silicone o nastro biadesivo. A parte il minore spessore del vetro, il laminato non differisce dalla struttura senza telaio. Le lastre di vetro sono in vetro VI (TVG) o VST (ESG). Lo spessore del vetro è determinato dalla statica in combinazione con il telaio in alluminio.</p>
--	---

In una struttura vetro-vetro, la pellicola combustibile in EVA o PVB è coperta da un vetro non combustibile. Lo strato può entrare in contatto diretto con le fiamme solo sul bordo. A seconda della durata dell'incendio, il vetro può frantumarsi, aumentando la superficie d'attacco per il fuoco. Di conseguenza, questa struttura porta a una combustione ritardata della pellicola.

Allo stato attuale delle conoscenze, i moduli con struttura vetro-vetro raggiungono nel migliore dei casi la classificazione di materiale da costruzione B-S1-d0 (RF2) in conformità alla SN EN 13501-1. La comprova deve essere richiesta al fabbricante.

<p><b>Vetro-pellicola senza telaio</b></p>  <p>Vetro 3 - 5 mm Pellicola EVA / PVB con celle Tedlar Backsheet</p> <p>Come alternativa più favorevole, il vetro posteriore è sostituito da una pellicola composita di plastica-alluminio (Tedlar). Poiché questa struttura presenta proprietà statiche notevolmente peggiori, è raramente utilizzata nelle facciate. Per migliorare la statica, di solito si utilizza un vetro più spesso.</p>	<p><b>Vetro-pellicola con telaio</b></p>  <p>Telaio in alluminio Vetro 1.5 - 3 mm Pellicola EVA / PVB con celle Tedlar Backsheet</p> <p>Struttura dei moduli utilizzata più frequentemente per gli impianti standard su tetto. Tuttavia, questa combinazione non è utilizzata spesso per le facciate fotovoltaiche. La struttura in vetro e pellicola è racchiusa in una cornice di alluminio.</p>
---	--

In questa struttura, uno strato di plastica è riportato direttamente contro lo spazio d'aerazione. Una fiamma nello spazio d'aerazione provoca la combustione delle pellicole.

Il dimensionamento dello spessore del vetro dipende dalle dimensioni del modulo fotovoltaico e dal tipo di fissaggio. La struttura del sistema viene dimensionata in conformità alla SIA 260 "Basi per la progettazione di strutture portanti". Devono essere applicati i valori in funzione della località secondo la SIA 261 "Azioni sulle strutture portanti". Nella zona della fonte d'incendio, bisogna considerare che il rivestimento della facciata potrebbe cadere dopo circa 10 minuti.

#### Colore:

I moduli fotovoltaici in facciata sono spesso colorati per l'aspetto visivo. Esistono diverse tecnologie per questo scopo. Con la stampa su ceramica, un colore ceramico viene applicato allo strato 1 o 2 del vetro frontale mediante stampa digitale, serigrafia o stampa a rullo e viene legato ceramicamente al vetro durante il processo di indurimento. In alternativa, è possibile utilizzare una pellicola colorata o stampata. Si tratta di uno strato intermedio direttamente colorato (come descritto nella struttura del modulo) o di uno strato aggiuntivo di pellicola.

#### Scatola di giunzione:

La scatola di giunzione ha due funzioni:

- Collegamento delle stringhe di collegamento interne al modulo a un cavo di collegamento DC con connettore
- Alloggiamento dei diodi di bypass per proteggere i moduli in caso di ombreggiamento parziale

Da un lato, le scatole di giunzione contribuiscono all'incendio, in quanto sono normalmente in plastica, dall'altro sono anche una potenziale fonte d'innesco, ad esempio a causa di un diodo di bypass difettoso, che può provocare un arco voltaico.

Attualmente esistono due tipi diversi di scatole di giunzione

- Scatola di giunzione distribuita: qui i diodi di bypass sono distribuiti in piccole scatole di giunzione lungo il modulo. I cavi sono collegati alla prima e all'ultima scatola di connessione.



Figura 4: Scatola di giunzione distribuita

- Scatola di giunzione centrale: tutti i diodi di bypass, compresi i cavi di collegamento, sono raggruppati centralmente in una grande scatola di giunzione.



Figura 5: Scatola di giunzione centrale

**8.4 Complemento alla procedura di comprova**

**8.4.1 Sistematica**

Nel caso standard, gli obiettivi di protezione socioeconomica sono stabiliti dalla legge. I requisiti delle prescrizioni della protezione antincendio mirano a soddisfare questi obiettivi di protezione. A tal fine, vengono descritte in dettaglio le misure adottate in base allo stato della tecnica. Il compito dell'autorità di protezione antincendio è quello di valutare la completezza, la tracciabilità e la plausibilità dei concetti di protezione e delle prove antincendio nell'ambito delle specifiche di costruzione. Il proprietario o l'utente è responsabile del raggiungimento degli obiettivi di protezione e della garanzia di una protezione antincendio edile e tecnica in qualsiasi momento.

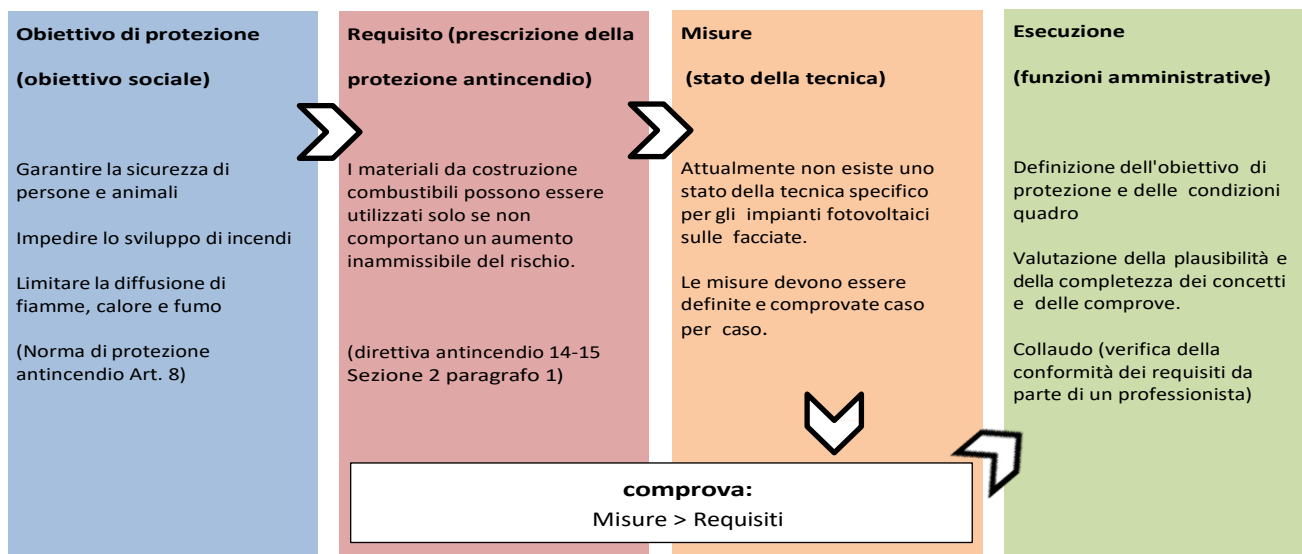


Figura 6: Sistematica di protezione antincendio (rappresentazione di Gebäudeversicherung Bern)

**8.4.2 Garanzia di qualità**

A seconda della categoria dell'edificio e del sistema, vengono stabiliti dei requisiti per il grado di garanzia della qualità nella protezione antincendio. Il progetto deve essere supervisionato da un responsabile della garanzia di qualità in tutte le fasi, dalla progettazione alla consegna al proprietario. L'installazione di un impianto FV in facciata ha effetti di vasta portata sulla facciata e, a seconda dei casi, sull'intero concetto di protezione antincendio dell'edificio. È pertanto esclusa una limitazione della garanzia della qualità alla facciata fotovoltaica. L'organizzazione del progetto deve essere impostata in conformità alla direttiva antincendio AICAA "11-15 Garanzia della qualità nella protezione antincendio", alla sezione 5.3.2. In particolare, ciò garantisce la pianificazione a regola d'arte, il coordinamento delle varie parti coinvolte e la documentazione per il proprietario.

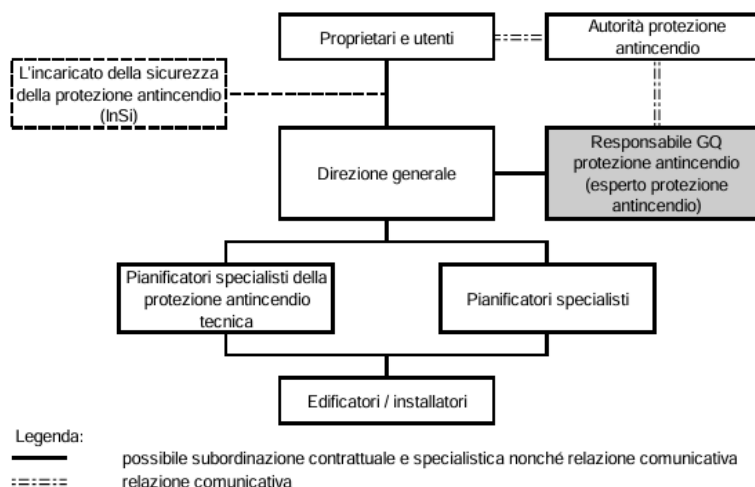


Figura 7: Organizzazione del progetto GGQ3 (rappresentazione da direttiva antincendio AICAA "11-15 Garanzia della qualità nella protezione antincendio", sezione 5.3.2)

### 8.4.3 Rapporto di comprova

Il rapporto di comprova deve fornire informazioni complete, plausibili e tracciabili sui punti indicati di seguito. Se, a causa dello stato del progetto, non è possibile fare dichiarazioni concrete su singoli punti, questi devono essere elencati e devono essere definiti i requisiti minimi (ad es. posizionamento degli inverter, materiali dei moduli).

#### **Dati dell'oggetto**

- Designazione dell'immobile, via e numero civico, codice postale e luogo
- Cliente, proprietario dell'edificio, autore

#### **Dichiarazione vincolante**

Con la dichiarazione vincolante, i firmatari si impegnano a rispettare e ad attuare i risultati, i requisiti e le restrizioni del rapporto di comprova nella pianificazione e nella realizzazione, nell'esercizio, nella manutenzione e nello smantellamento. La dichiarazione vincolante deve essere firmata da almeno le seguenti parti:

- Proprietà (gestore dell'impianto)
- Direzione generale del progetto
- Responsabile GQ per la protezione antincendio
- Pianificatore specializzato nel settore fotovoltaico

#### **Principi di base**

Le basi utilizzate devono essere elencate con titolo, autore e versione/data. Le possibili basi per la procedura di comprova sono:

- Concetto di protezione antincendio, compresi i piani di protezione antincendio
- Concetto di utilizzo
- Piano della situazione
- Piano della facciata
- Concetto di protezione antincendio per la facciata (comprese le misure di protezione edili come le suddivisioni orizzontali o simili)
- Schema di principio dell'impianto fotovoltaico
- Piani dettagliati della struttura della facciata e dell'impianto fotovoltaico
- Layout dei moduli fotovoltaici con tolleranza riguardo all'ombreggiamento dei moduli fotovoltaici (diodi di bypass, ecc.)
- Piano delle stringhe
- Piano di disposizione di inverter, scatole di giunzione, altri componenti attivi e dispositivi di disconnessione
- Documenti di concetto per la protezione contro le scariche atmosferiche interne ed esterne (fulmini)

L'elenco non è esaustivo.

## 8.5 Complementi alla manutenzione

### 8.5.1 Sorveglianza

L'impianto fotovoltaico deve essere costantemente sorvegliato con un sistema di monitoraggio. La tensione, la corrente, la potenza e la resa energetica devono essere costantemente rilevati e documentati. Altri parametri, come la temperatura, sono facoltativi.

### 8.5.2 Ispezione

A causa della complessità dell'impianto in facciata, l'impianto fotovoltaico deve essere ispezionato da personale specializzato.

**Controllo visivo:** durante l'ispezione di controllo, l'intero impianto viene controllato per verificare la presenza di irregolarità e sporcizia. Nel caso di edifici alti, per il controllo visivo può essere necessario utilizzare ausili come droni con telecamere.

**Controllo meccanico:** la stabilità della sottostruttura e l'installazione dei moduli fotovoltaici devono essere controllate manualmente a campione. Anche altri elementi come le canaline (in particolare le coperture), i collegamenti dei conduttori di protezione contro i fulmini e di equalizzazione del potenziale. Si può tenere conto dell'accesso limitato agli elementi.

**Controllo dei dispositivi elettrici:** durante il controllo è necessario verificare gli inverter e l'installazione AC associata e prestare attenzione al surriscaldamento: se gli elementi sono insolitamente caldi, se scottano, se sono visibili scolorimenti. I dispositivi vengono controllati per la presenza di tracce di corrosione.

**Misurazioni elettriche:** È necessario misurare le tensioni e le correnti. La resistenza dell'isolamento deve essere misurata con strumenti adeguati.

Le condizioni dell'impianto, in particolare eventuali irregolarità, vengono registrate per iscritto in un verbale, documentate con foto e confrontate con le misurazioni precedenti.

A seconda della categoria dell'edificio, l'Ordinanza concernente gli impianti elettrici a bassa tensione (OIBT) stabilisce la frequenza con cui l'impianto elettrico deve essere controllato da un organismo di controllo indipendente o da un organismo d'ispezione accreditato.

Se vengono riscontrati dei difetti, questi devono essere riparati immediatamente. In caso di potenziale pericolo, l'impianto deve essere messo fuori servizio e devono eventualmente essere adottate le misure supplementari necessarie.

### 8.5.3 Controllo dopo gli eventi

Le immagini termografiche e le misurazioni della curva caratteristica possono aiutare l'ispezione a trovare il guasto dopo degli eventi particolari. Il campo fotovoltaico viene fotografato con telecamere a infrarossi in presenza di una radiazione solare sufficiente (almeno 500W/m<sup>2</sup>) e le immagini vengono poi analizzate.

### 8.5.4 Sostituzione scaricatori di sovratensione

Quando intervengono e scaricano grandi quantità di energia, gli scaricatori di sovratensione possono rompersi. Ciò significa che hanno esaurito il loro compito e l'impianto non è più protetto dalle sovratensioni. È quindi necessario sostituirli immediatamente per ripristinare la funzione di protezione.

### 8.5.5 Pulizia dei moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici sporchi possono essere puliti esclusivamente con acqua.

Un concetto di manutenzione (materiale necessario e accessibilità) facilita la pulizia e l'uso delle macchine per la pulizia. Se si utilizzano apparecchiature di pulizia, queste devono essere adatte alla pulizia dei moduli FV. I moduli FV, il loro vetro e i loro rivestimenti non devono essere graffiati o danneggiati in alcun modo. Le macchine per la pulizia devono essere espressamente adatte alla pulizia dei moduli FV.



#### 8.5.6 Sostituzione dell'inverter

La durata di vita degli inverter è di circa 10-15 anni. È quindi più breve di quella dei moduli FV. Durante il periodo di funzionamento dell'impianto fotovoltaico si deve prevedere la sostituzione degli inverter. Se possibile, gli inverter difettosi devono essere sostituiti con un dispositivo identico dello stesso produttore. Prima di installare il nuovo dispositivo, è necessario verificare che il campo fotovoltaico non sia danneggiato. Quando si mette in funzione il nuovo dispositivo, si devono impostare gli stessi parametri del vecchio. Il nuovo dispositivo deve essere integrato nel sistema di sorveglianza. Se non è disponibile un dispositivo identico, è necessario selezionarne uno adatto; la disposizione delle stringhe e il collegamento AC devono essere controllati e adattati se necessario. I dispositivi difettosi devono essere riparati o smaltiti a regola d'arte. L'inverter sostitutivo deve essere documentato nella documentazione, in particolare deve essere registrato il nuovo numero di serie.

#### 8.5.7 Riparazione del campo fotovoltaico

I moduli sopportano carichi meccanici ridotti se il vetro è danneggiato e devono essere fissati o sostituiti entro 48 ore. I moduli fotovoltaici difettosi devono essere sostituiti con moduli identici e smaltiti a regola d'arte. Per ulteriori informazioni sulla sostituzione dei moduli, consultare la scheda fotovoltaica di Swissolar n. 16 "Intervallo di compatibilità dei moduli PV con diverse correnti in MPP". Per gli impianti superiori a 100kWp, si consiglia di tenere circa il 5% di moduli FV di riserva. Se non sono disponibili moduli FV identici, è possibile installare un modulo FV leggermente più potente. Assicurarsi che i connettori dei cavi di stringa siano identici. Il modulo deve essere fissato saldamente sulla sottostruttura.

Se un modulo fotovoltaico viene scollegato, ovvero se ci sono meno moduli nella stringa, tutte le stringhe sullo stesso inseguitore MPP dell'inverter devono essere accorciate di conseguenza.