

OPERE DI MANUTENZIONE  
 STRAORDINARIA  
**"PALESTRA COMUNALE SITA  
 IN VIA MARI"**  
 COMUNE DI RUBIERA



**COMMITTENTE**



**COMUNE DI RUBIERA**

Via Emilia Est, 11  
 42048 Rubiera (RE)

**PROGETTISTI**



**CECCHELANI PROGETTI**

Via F. Ferrari, 2  
 42124 Reggio Emilia (RE)

**ING. MARCO CECCHELANI**

**ARCH. CATERINA CORRADINI**

coordinamento della progettazione  
 progetto architettonico  
 coordinatore della sicurezza per la progettazione

**ING. MARCO CECCHELANI**

progetto impianti meccanici e  
 prevenzione incendi

**ING. MAURIZIO ROSATELLI**

progetto impianti elettrici e speciali

COMMESSA n.		ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	EMISSIONE
14158	PRIMA EMISSIONE	E.LAZZARETTI	C.CORRADINI	M.CECCHELANI	22/12/2017

REVISIONI	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
1					
2					
3					
4					
5					
6					

A TERMINE DI LEGGE LA SOCIETA' INTESATARIA SI RISERVA LA PROPRIETA' DELL' ELABORATO CON IL DIVIETO DI RIPRODURLO

**TITOLO ELABORATO**

prevenzione incendi **Relazione specialistica:**  
 prevenzione incendi - integrativa

## INDICE

Indice.....	1
1   PREMESSA.....	2
2   LEGISLAZIONE E NORME DI RIFERIMENTO .....	3
3   CAUSE DI INCENDIO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	4
4   DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....	5
5   ANALISI QUALITATIVA – intervento regolatore di potenza .....	9
5.1   Definizione del pacchetto di copertura.....	9
5.1.1   Pacchetto zona 1.....	10
5.1.2   Pacchetto zona 2.....	11
5.1.3   Pacchetto zona 3.....	12
5.2   Descrizione dell'andamento delle temperature in caso di surriscaldamento o cortocircuito .....	12
5.2.1   Applicabilità della prova al caso in studio.....	12
5.2.2   Risultati della prova utilizzati per l'analisi del caso in oggetto.....	13
5.2.3   Fase di surriscaldamento .....	14
6   Conclusione .....	16
7   Allegati .....	17

## 1 PREMESSA

La presente relazione fa seguito alla richiesta di integrazioni pervenuta da parte direzione regionale in merito alla richiesta di deroga relativa all'edificio sito presso il comune di Rubiera ed adibito ad attività di cui al punto 65.1.B del Decreto del Presidente della Repubblica 1 agosto 2011 n°151.

Oggetto della presente relazione è illustrare le scelte progettuali riportate nella documentazione precedentemente consegnata relativamente al trascurare come scenario di incendio l'eventuale focolaio proveniente dall'impianto fotovoltaico.

Restano valide i risultati ottenuti nella precedente relazione circa l'analisi dell'edificio al fine di dimostrare come, anche in assenza delle opere di trattamento degli elementi strutturali e del tavolato in legno, sia garantito l'esodo in sicurezza delle persone e il mantenimento delle condizioni strutturali dell'edificio per i tempi necessari a consentire l'esodo degli occupanti.

Tale relazione integra la documentazione precedentemente consegnata relativamente la sola parte di competenza dell'impianto fotovoltaico.

Rispetto alla documentazione precedentemente consegnata sono stati aggiornati i valori di temperatura che fanno capo al sistema di regolazione di potenza a servizio dell'impianto fotovoltaico.

## 2 LEGISLAZIONE E NORME DI RIFERIMENTO

- **UNI EN 1995-1-2 2005 Eurocodice 5:** "Progettazione delle strutture in legno";
- **Decreto Ministeriale 10 marzo 1998** "Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro";
- **Decreto Ministeriale 9 maggio 2007** "Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio";
- **DCPREV prot n. 1324 del 7 febbraio 2012** "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione Anno 2012".

### 3 CAUSE DI INCENDIO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Esistono molteplici cause che possono generare un incendio su un pannello fotovoltaico, sebbene, statisticamente, risulta un evento raro. Escludendo incendi causati da fattori esterni, non imputabili all'impianto, la causa di accensione di un focolaio su un impianto fotovoltaico è strettamente legato a fenomeni di surriscaldamento, cortocircuito, installazione non coerente con la regola dell'arte o dimensionamento dell'impianto e delle linee elettriche in modo non conforme alla normativa vigente.

Vengono quindi indagate le possibili cause di innesco del pannello:

- 1) L'esposizione continua del modulo ai raggi ultravioletti delle radiazioni solari deteriora la resina di protezione delle celle fotovoltaiche, le quali rilasciano degli agenti ossidanti che ne distruggono i contatti metallici. Da qui possono insorgere cortocircuiti e surriscaldamento per effetto Joule;
- 2) La scorretta installazione dei moduli può provocare un surriscaldamento anormale dovuto alla difficoltà dell'impianto di raffreddarsi attraverso il sistema di ventilazione;
- 3) La parziale ombreggiatura del pannello è causa di un dislivello di tensione. Se due stringhe parallele di celle non sono soggette alla stessa tensione ai capi, la corrente inversa che si genera provoca un surriscaldamento localizzato, chiamato hot spot;
- 4) L'invecchiamento dei materiali. L'invecchiamento non è di per sé una causa di innesco, bensì può essere la motivazione per la quale si verificano le tre cause precedentemente indicate;
- 5) progettazione e realizzazione non a regola d'arte dell'impianto. Per esempio sostegni dei moduli non conformi alla buona pratica;
- 6) malfunzionamenti di componenti dell'impianto non propriamente facenti parte dei moduli, quali possono essere la scatola di giunzione del modulo, i quadri elettrici e le scatole di derivazione dell'impianto;
- 7) formazione di archi elettrici, anche di dimensioni ridotte, all'interno del modulo.

L'unica causa di incendio esterna alla presenza dei pannelli o dell'impianto è quella dolosa.

## 4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Lo stato di fatto dell'impianto presenta la seguente condizione di installazione dell'impianto fotovoltaico:

- Copertura in lamiera direttamente ancorata sulle travi portati in legno;
- Pannello fotovoltaico appoggiato direttamente sulla copertura in lamiera e ancoraggio direttamente sulla struttura in legno;
- Quadri e inverter posti all'interno del locale adibito a palestra al di fuori di un locale appositamente dedicato.

Come riportato in premessa la richiesta di domanda di deroga antincendio è conseguente alla impossibilità di incrementare il carico gravante sulla struttura portante.

L'inserimento di ulteriori elementi costruttivi andrebbe infatti a incrementare il carico permanente sulla struttura portante a livelli tali da non garantire i requisiti minimi strutturali richieste dalle norme attualmente in vigore (NTC 2008).

La motivazione sopra riportata non consente pertanto di poter interporre fra il pannello fotovoltaico e la copertura elementi atti a impedire la propagazione della fiamma (pannelli B-roof) o la propagazione del calore e del fumo per un tempo non inferiore a 30 minuti (pannelli EI 30 di classe A1 di reazione al fuoco).

Vista l'impossibilità di perseguire una soluzione tradizionale, incentrata sulla limitazione della propagazione di un eventuale incendio, si è scelto di agire a monte, ovvero di evitare l'eventuale innesco dei pannelli posti in copertura.

Un pannello fotovoltaico lavora in condizioni normali con temperature che si aggirano intorno ai 70°C, con un picco massimo puntuale ammissibile di 85°C. Un incremento della temperatura del modulo al di sopra di tale valore può essere il preludio alla generazione di un focolaio. Tale condizione di incremento di temperatura è dovuto a due fenomeni distinti:

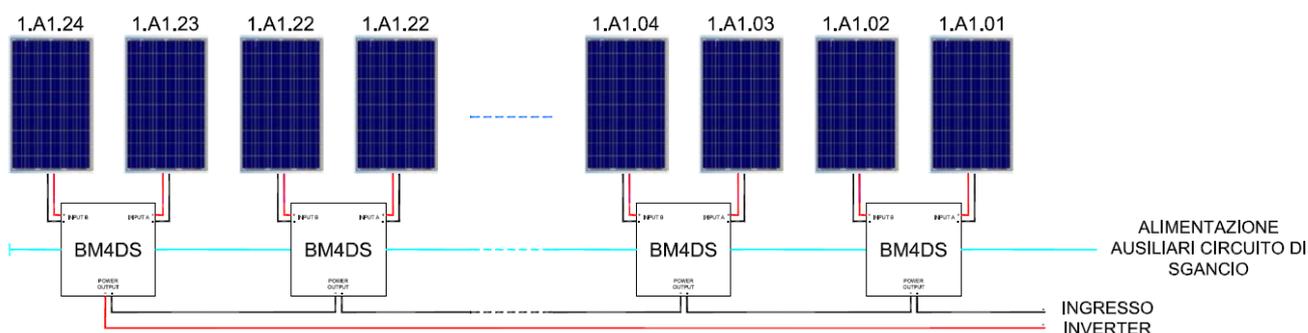
- Un cortocircuito elettrico;
- Un surriscaldamento del modulo.

Al fine di prevenire la generazione di un possibile focolaio si prevede di collegare a ogni coppia di pannelli un dispositivo di regolatore di potenza. Il singolo dispositivo ha una duplice funzione:

- Monitorare in modo continuativo la temperatura dei due pannelli a cui è collegato;
- Interrompere il passaggio di corrente elettrica continua sui due pannelli a cui è collegato.

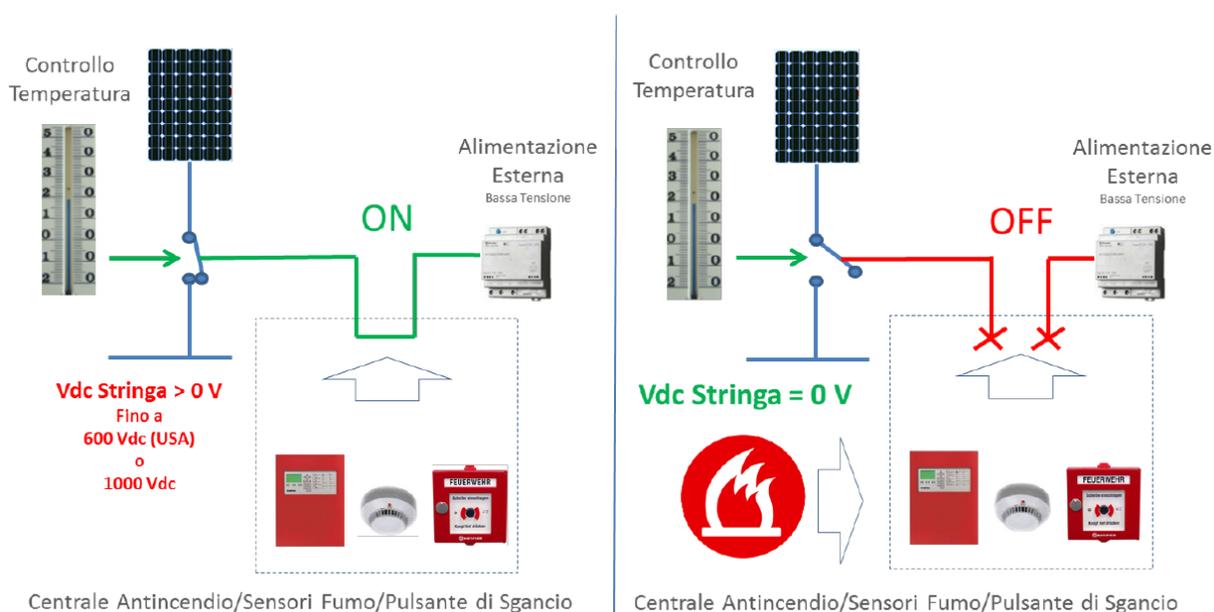
Interrompendo il passaggio di corrente continua ogni due pannelli si ottiene da un lato di limitare la tensione a un massimo di 80V, consentendo pertanto alle squadre di soccorsi di agire in modo sicuro, e dall'altro si interrompe l'incremento di temperatura sui due pannelli, consentendo pertanto di dissipare l'energia termica e riportare la temperatura del singolo pannello entro i range di normale funzionamento.

Il dispositivo di regolazione proposto pertanto impedisce il verificarsi delle cause di innesco precedentemente elencate che vanno dalla 1 alla 4 e la 7.



Il singolo regolatore di potenza presenta inoltre le seguenti funzionalità:

- In assenza di corrente scollega automaticamente i pannelli fotovoltaici ad esso collegati, pertanto in caso di azionamento del pulsante generale di sgancio viene automaticamente interrotta la tensione sulle stringhe mantenendo la tensione esclusivamente sul singolo pannello a livelli di ogni due pannelli intorno a 80V;
- In caso di guasto automaticamente scollega i due pannelli fotovoltaici di pertinenza e invia un segnale di guasto all'eventuale sistema di supervisione.



L'impianto di previsto al fine di garantire la sicurezza dell'impianto fotovoltaico sarà composto da una serie di regolatori di potenza come sopra descritti. Tali elementi collegheranno a coppie i pannelli fotovoltaici qualora la temperatura rilevata dal singolo dispositivo raggiunga i 90°C, andando di conseguenza a interrompere il passaggio di corrente elettrica continua. I singoli dispositivi saranno inoltre collegati a una centrale di supervisione al fine di programmare una serie di azioni automatiche che vengono riassunte nella tabella seguente.

<b>Modalità di supervisione impianto fotovoltaico</b>			
<b>Temperatura FV [°C]</b>	<b>N° pannelli</b>	<b>Tempo [min]</b>	<b>Azione</b>
90 < T < 110	1 - 2	2 < t < 5	Pre - allarme luminoso interno alla palestra
90 < T < 110	1 - 2	5 < t < 10	Pre-allarme + segnalazione GSM al manutentore
90 < T < 110	1 - 2	t > 10	Attivazione allarme ottico acustico per evacuazione edificio
90 < T < 110	3	2 < t < 5	Pre - allarme luminoso interno alla palestra
90 < T < 110	3	5 < t < 10	Pre-allarme + segnalazione GSM al manutentore + Attivazione allarme ottico acustico per evacuazione edificio
T > 110	1		Pre-allarme + segnalazione GSM al manutentore + Attivazione allarme ottico acustico per evacuazione edificio

Con la soluzione sopra proposta sarà quindi possibile consentire l'evacuazione dell'edificio prima che si generi il focolaio di incendio.

Ulteriore punto a favore della soluzione è che sezionando a due a due i pannelli risulta minore la tensione presente sui pannelli con conseguente minore rischio per le squadre di soccorso che si accingono a effettuare lo spegnimento di un eventuale incendio.

Al fine di eliminare le rimanenti cause di innesco imputabili a problemi di natura impiantistica, punto 6 delle cause precedentemente elencate, i quadri degli inverter saranno posti in apposito comparto EI 60 apribile dall'interno dell'edificio solo per effettuare le operazioni di manutenzione o di lettura del contatore.

Il cavidotto proveniente dalla copertura, passando all'interno della palestra sarà racchiuso all'interno di un setto EI 60 per poi entrare all'interno del comparto quadri fotovoltaico.

Relativamente alla causa di incendio individuata col numero 5 resta inteso che in fase di installazione del sistema di regolazione di potenza la ditta incaricata dei lavori dovrà provvedere ad adeguare l'impianto qualora fossero riscontrati eventuali difformità dalla normativa vigente. Tali modifiche dovranno essere eseguite previo progetto redatto da tecnico abilitato. Tale azione andrà inoltre a ridurre il rischio che si verifichi a causa individuata al numero 6.

I moduli, le condutture elettriche, gli inverter, i quadri e gli altri apparati dell'impianto disteranno non meno di 1.0 m dai lucernari.

Periodicamente e ad ogni trasformazione, ampliamento o modifica dell'impianto saranno eseguite e documentate le verifiche ai fini del rischio incendio dell'impianto fotovoltaico, con particolare attenzione ai sistemi di giunzione e di serraggio.

L'area in cui sarà ubicato il generatore ed i suoi accessori sarà segnalata con apposita cartellonistica conforme al D.Lgs. 81/2008. La predetta cartellonistica riporta la seguente dicitura:

**ATTENZIONE: IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN TENSIONE DURANTE LE ORE DIURNE (... Volt).**

La predetta segnaletica è installata in corrispondenza di ogni varco di accesso al fabbricato in quanto l'impianto sarà posizionato sulla copertura.

In prossimità dell'armadio contatori all'ingresso dell'edificio, in posizione segnalata e visibile, saranno installati i pulsanti di sgancio per rimuovere la tensione all'impianto. Tale sistema bloccherà il passaggio di corrente la quale resterà confinata all'esterno dell'edificio.

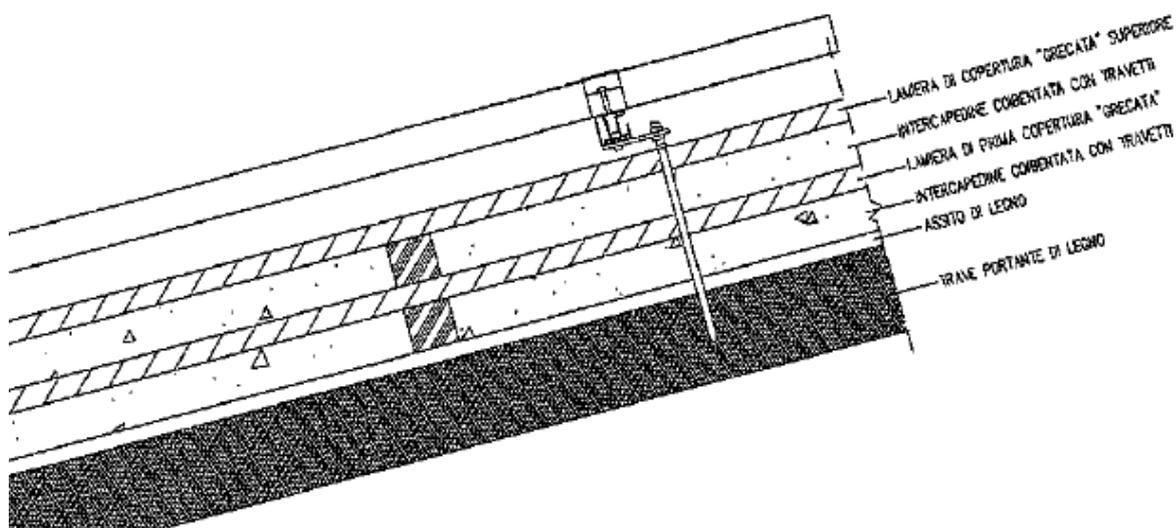
Per quanto concerne la causa di innesco numero 4, imputabile all'invecchiamento dei pannelli, sarà onere della proprietà, o di eventuale terzo responsabile, provvedere alla sostituzione dei moduli fotovoltaici con cadenza tale da non superare il ciclo di vita previsto dalla ditta costruttrice. Resta inteso che in fase di sostituzione del campo sarà necessario provvedere ad adeguare l'intero impianto secondo le normative tecniche vigenti alla data dell'intervento.

## 5 ANALISI QUALITATIVA – INTERVENTO REGOLATORE DI POTENZA

Escludendo il caso di incendio doloso, l'analisi qualitativa dell'impianto fotovoltaico ha come scopo di dimostrare che in caso di surriscaldamento o cortocircuito dell'impianto fotovoltaico posto in copertura la temperatura della struttura portante non supera mai la temperatura di autoaccensione, fissata a 228°C

### 5.1 Definizione del pacchetto di copertura

In primis si passa a studiare la stratigrafia della copertura al fine di individuare la conduttanza termica del pacchetto



Dalla stratigrafia sopra riportata si possono individuare tre zone, ognuna delle quali dotata della relativa conduttanza termica. Nelle tabelle seguenti vengono riportate, partendo dall'esterno verso l'interno i singoli componenti delle varie zone.

Dai dati riportati nelle tabelle seguenti si evince che la condizione più gravosa dal punto di vista antincendio si riscontra nella zona 3. In tale area infatti la trasmissione del calore per conduzione risulterà maggiore rispetto alle altre aree individuate.

Zona	Elemento	Materiale	Spessore [mm]	Conduttività [W/(m*K)]
1	Intercapedine pannello FV - copertura	Aria	60,00	0,0260
	Lamiera grecata	Acciaio	19,00	52,000
	Intercapedine coibentata - travetto	Legno	45,00	0,220
	Lamiera grecata	Acciaio	19,00	52,000
	Intercapedine coibentata - travetto	Legno	45,00	0,220
	Assistito in legno	Legno	1,50	0,220

Zona	Elemento	Materiale	Spessore [mm]	Conduttività [W/(m*K)]
2	Intercapedine pannello FV - copertura	Aria	60,00	0,0260
	Lamiera grecata	Acciaio	19,00	52,000
	Intercapedine coibentata - lana di roccia	Lana di roccia	45,00	0,040
	Lamiera grecata	Acciaio	19,00	52,000
	Intercapedine coibentata - lana di roccia	Lana di roccia	45,00	0,040
	Assistito in legno	Legno	1,50	0,220

Zona	Elemento	Materiale	Spessore [mm]	Conduttività [W/(m*K)]
3	Intercapedine pannello FV - copertura	Alluminio	40,00	200,000
	Copertura	Acciaio	149,50	52,000

Al fine di individuare l'andamento della temperatura superficiale della trave sottostante in legno, in funzione della temperatura del pannello fotovoltaico, si andrà pertanto a calcolare la resistenza totale del singolo pacchetto in funzione della superficie di esposizione.

### 5.1.1 Pacchetto zona 1

Nelle tabelle successive vengono riportati gli spessori le superfici e le resistenze degli elementi costituenti il pacchetto.

<b>INTERCAPEDINE ARIA</b>	
Spessore [mm]	60,00
Superficie [mq]	3,92E-02
resistenza [(mq*K)/W]	2,307692308

<b>LAMIERA GRECATA</b>	
Spessore [mm]	19
Superficie [mq]	3,92E-02
resistenza [(mq*K)/W]	0,000365385

<b>TRAVETTO LEGNO</b>	
Spessore [mm]	45
Superficie [mq]	3,92E-02
resistenza [(mq*K)/W]	0,204545455

<b>ASSISTITO IN LEGNO</b>	
Spessore [mm]	1,5
Superficie [mq]	3,92E-02
resistenza [(mq*K)/W]	0,006818182

Sulla base delle resistenze calcolate per il singolo elemento si individua una resistenza termica totale per unità di superficie pari a 2.724 mq\*K)/W.

Al fine di semplificare lo studio si può considerare l'assistito di legno come elemento strutturale in quanto, qualora esso raggiungesse la temperatura di ignizione, la stessa sorte toccherebbe alla sottostante trave. Questa semplificazione consente inoltre di studiare in modo più agevole la trasmissione del calore in quanto siamo in presenza di superfici piane.

Sulla base di tale ipotesi si individua una resistenza termica totale per unità di superficie pari a 2.718 mq\*K)/W

### 5.1.2 Pacchetto zona 2

Nelle tabelle successive vengono riportati gli spessori le superfici e le resistenze degli elementi costituenti il pacchetto.

<b>INTERCAPEDINE ARIA</b>	
Spessore [mm]	60,00
Superficie [mq]	1,50E+00
resistenza [(mq*K)/W]	2,307692308

<b>LAMIERA GRECATA</b>	
Spessore [mm]	19
Superficie [mq]	1,50E+00
resistenza [(mq*K)/W]	0,000365385

<b>LANA DI ROCCIA</b>	
Spessore [mm]	45
Superficie [mq]	1,50E+00
resistenza [(mq*K)/W]	1,125

<b>ASSISTITO IN LEGNO</b>	
Spessore [mm]	1,5
Superficie [mq]	1,50E+00
resistenza [(mq*K)/W]	0,006818182

Sulla base delle resistenze calcolate per il singolo elemento si individua una resistenza termica totale per unità di superficie pari a 4.565 mq\*K)/W.

Al fine di semplificare lo studio si può considerare l'assistito di legno come elemento strutturale in quanto, qualora esso raggiungesse la temperatura di ignizione, la stessa sorte toccherebbe alla sottostante trave. Questa semplificazione consente inoltre di studiare in modo più agevole la trasmissione del calore in quanto siamo in presenza di superfici piane.

Sulla base delle resistenze calcolate per il singolo elemento si individua una resistenza termica totale per unità di superficie pari a  $4.558 \text{ mq} \cdot \text{K} / \text{W}$ .

### 5.1.3 Pacchetto zona 3

Nelle tabelle successive vengono riportati gli spessori le superfici e le resistenze degli elementi costituenti il pacchetto.

<b>SUPPORTO IN ALLUMINIO PANNELLO</b>	
Spessore [mm]	40,00
Superficie [mq]	1,60E-03
resistenza [(mq*K)/W]	0,0002

<b>VITE TIRAFONDO</b>	
Spessore [mm]	149,5
Superficie [mq]	7,85E-05
resistenza [(mq*K)/W]	0,002875

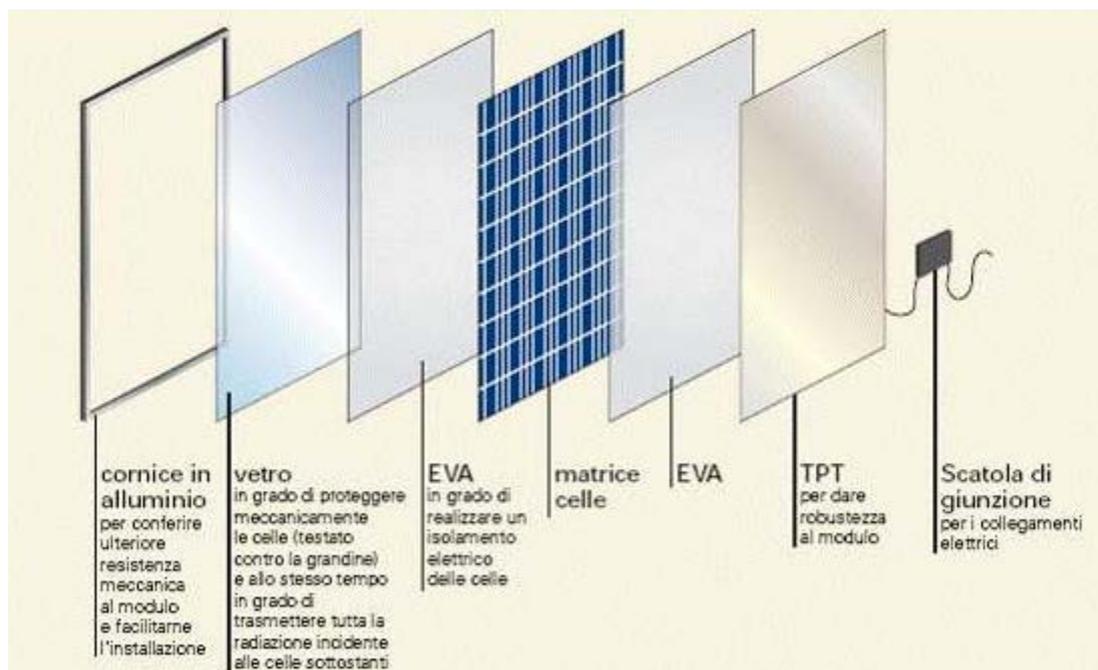
Sulla base delle resistenze calcolate per il singolo elemento si individua una resistenza termica totale per unità di superficie pari a  $0.003 \text{ mq} \cdot \text{K} / \text{W}$ .

## 5.2 *Descrizione dell'andamento delle temperature in caso di surriscaldamento o cortocircuito*

Al fine di valutare l'incremento delle temperature di un generico pannello fotovoltaico soggetto a un flusso termico costante si fa riferimento a una prova sul campo realizzata dal comando dei vigili del fuoco di Roma in collaborazione con l'università La Sapienza. Tale prova fu redatta allo scopo di studiare la reazione al fuoco di un generico pannello fotovoltaico secondo le modalità di prova indicate nella norma UNI 9174 "Reazione al Fuoco dei prodotti sottoposti all'azione di una fiamma di innesco in presenza di calore radiante".

### 5.2.1 Applicabilità della prova al caso in studio

Come si può notare dall'immagine sotto riportata pannello fotovoltaico analogo a quello attualmente installato presso l'edificio oggetto di studio è composto da una serie di strati di vari materiali di cui una parte di essi risulta combustibile (eva e tpt / tedlar). Tale tipologia di materiali risultano presenti anche nel campione oggetto di analisi, pertanto, essendo i materiali che compongono il fotovoltaico installato analoghi a quelli del pannello fotovoltaico oggetto di prova, si è ritenuto corretto utilizzare i risultati ottenuti per analizzare la reazione al fuoco del pannello fotovoltaico.



<i>Componente</i>	<i>Materiale</i>	<i>Tipologia</i>
Cornice	Alluminio	incombustibile
Vetro	Vetro	incombustibile
EVA	Etilene vinil acetato	combustibile
Matrice	Silicio	incombustibile
EVA	Etilene vinil acetato	combustibile
TPT	Polivinfluoruro	combustibile

### 5.2.2 Risultati della prova utilizzati per l'analisi del caso in oggetto

Dalle prove effettuate con un flusso di 25 kW/mq, fornito tramite cono calorimetro, su un campione di pannello fotovoltaico utilizzato come campione di dimensioni 9.8 cm x 9.8 cm è risultato quanto di seguito:

- L'estinzione della fiamma si verifica dopo un tempo massimo di 1170 secondi;
- La temperatura raggiunta dal pannello è di 300°C e viene raggiunta dopo circa un minuto di esposizione al flusso di calore;
- La formazione del focolaio di incendio si verifica dopo circa 4 minuti di esposizione al flusso di calore (250 secondi);
- Velocità di combustione pari a 1.0 g/(mq\*s);
- Carico di incendio compreso fra 28.1 MJ/mq e 31.2 MJ/mq;
- Portata dei fumi di combustione pari a 14.7 mc/s.

Si fa presente che in fase di prova il cono calorimetro è stato posto a 2.5 cm dallo strato inferiore del pannello fotovoltaico detto TPT o tedlar.

### 5.2.3 Fase di surriscaldamento

Ipotizzando che l'incremento della temperatura del pannello sia dovuto a un cortocircuito o a un surriscaldamento si è in presenza di un flusso termico costante. In tale situazione l'incremento di temperatura di un corpo ha un andamento di tipo lineare in funzione del tempo.

Dalla prova effettuata risulta che per portare il pannello da 20°C a 300°C, sotto l'azione di un flusso termico di 25 kW/mq, sono necessari indicativamente 60°C, pertanto ogni secondo il pannello subisce un incremento di temperatura di circa 4.67°C. Conoscendo tale incremento è possibile simulare il surriscaldamento del generico pannello ipotizzando una temperatura superficiale uniforme.

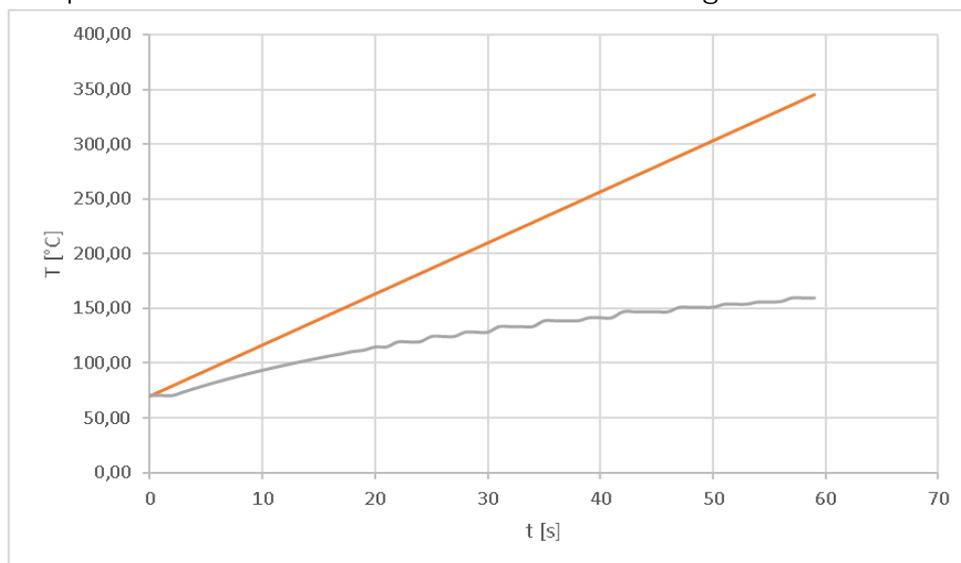
Sulla base delle temperature individuate si evince che l'intervento del dispositivo di regolazione della potenza avverrà dopo 8 secondi. In corrispondenza di tale istante cesserà l'apporto di flusso termico dovuto al transito di corrente elettrica, con conseguente successivo raffreddamento progressivo del pannello fotovoltaico.

Al fine di valutare l'incremento di temperatura della trave si assume che all'istante 0 secondi essa presenti uniformemente una temperatura pari a quella del pannello fotovoltaico nelle sue normali condizioni di funzionamento, ovvero 70°C.

Ipotizzando il surriscaldamento di un singolo pannello, avente superficie di 1.59 mq si passa ad analizzare la variazione di temperatura dell'assistito in legno. Tale calcolo è effettuato applicando le seguenti ipotesi semplificative e cautelative:

- È assente la sottrazione di calore per convezione dovuta all'intercapedine di aria fra pannello e copertura;
- L'asportazione di calore della trave verso l'ambiente interno della palestra avviene solo per irraggiamento, si trascurano pertanto i fenomeni di convezione e conduzione. Pertanto l'asportazione di calore risulta inferiore rispetto al reale.

Ai fini cautelativi l'analisi dell'andamento delle temperature viene svolta considerando che il generico pannello fotovoltaico continui a incrementare la sua temperatura, supponendo pertanto un ritardo nel funzionamento del regolatore di circa 22 secondi.



Come si può notare dalla tabella di seguito riportata la temperatura raggiunta dall'assistito risulta nettamente inferiore alla minima di auto-ignizione.

Nel grafico riportato si possono visualizzare gli andamenti delle temperature in funzione del tempo per un lasso di tempo di 59 secondi:

- In arancione l'andamento della temperatura del pannello fotovoltaico;
- In grigio l'andamento della temperatura dell'assistito in legno.

<b>Tempo [s]</b>	<b>T FV [°C]</b>	<b>T legno [°C]</b>
0	70,00	70,00
1	74,67	70,00
2	79,33	70,00
3	84,00	73,34
4	88,67	76,57
5	93,33	79,63
6	98,00	82,59
7	102,67	85,41
8	107,33	88,13
9	112,00	90,72
10	116,67	93,23
11	121,33	95,62
12	126,00	97,95
13	130,67	100,15
14	135,33	102,34
15	140,00	104,36
16	144,67	106,45
17	149,33	108,23
18	154,00	110,41
19	158,67	111,64
20	163,33	114,64
21	168,00	114,64
22	172,67	119,17
23	177,33	119,17
24	182,00	119,48
25	186,67	124,23
26	191,33	124,23
27	196,00	124,23
28	200,67	128,14
29	205,33	128,14
30	210,00	128,14

## 6 CONCLUSIONE

Sulla base dell'analisi riportata nel corso della relazione si è dimostrato che il sistema di regolazione della potenza previsto a servizio dell'impianto fotovoltaico è in grado di eliminare le cause di auto-ignizione legati a tutti quei fenomeni che causano surriscaldamento o corto-circuito, siano essi dovuti a malfunzionamenti o a errori di installazione o a errori di progettazione. Il sistema inoltre fornisce un feed-back in termini di allarmi che consentono agli addetti alla manutenzione di intervenire prima dell'aggravarsi della situazione. Sulla base di quanto riportato si conclude che non risulta necessario considerare un eventuale scenario di incendio dovuto al fotovoltaico in quanto il sistema di regolazione impedisce ad esso di presentarsi.

Le uniche cause che il sistema di regolazione della potenza non è in grado di eliminare sono quelle dovute a incendi dolosi, tuttavia in tale caso il sistema è in grado di fornire in tempi rapidi la segnalazione di formazione del focolaio, consentendo l'esodo delle persone e il pronto intervento dei mezzi dei vigili del fuoco.

Quanto sopra tuttavia non esime il proprietario o il terzo responsabile dall'effettuare tutte le attività di manutenzione, sia essa ordinaria o straordinaria, così come previsto dalle norme vigenti, nonché alla sostituzione periodica dei pannelli fotovoltaici così come previsto dal produttore del pannello.

## 7 ALLEGATI

Si riporta in allegato il documento redatto dai vigili del fuoco di Roma in collaborazione con l'università la sapienza di Roma circa la determinazione della reazione al fuoco di un generico pannello fotovoltaico.