

Comportamento al fuoco di isolanti termici in condizioni finali di impiego
Test comparativi tra isolanti poliuretanicici e lane minerali

Il contributo degli isolanti termici al comportamento al fuoco di tetti piani sotto sistemi fotovoltaici

PU Europe

La sicurezza antincendio è un requisito importante per la progettazione e la costruzione degli edifici. Sempre più spesso i sistemi fotovoltaici (FV) sono installati negli edifici per contribuire a raggiungere gli obiettivi di risparmio energetico e di riduzione delle emissioni di gas serra (GHG), e per ridurre i costi delle bollette energetiche dei cittadini. In diversi paesi l'installazione di impianti fotovoltaici è diventata obbligatoria per i nuovi edifici e per i grandi stabilimenti industriali. È quindi importante che le autorità di regolamentazione e le compagnie assicurative dispongano di solidi risultati di ricerca che consentano di assumere decisioni informate in base all'analisi del rischio.



PU Europe Factsheet n° 24 E June 2022

Il presente articolo traduce il progetto di ricerca condotto dalla federazione europea PU Europe che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di isolanti in poliuretano espanso rigido. Il testo originale in lingua inglese è disponibile all'interno della sezione Library del sito www.pu-europe.eu

Sintesi

Gli isolanti poliuretanicici (PIR) costituiscono una scelta di elezione soprattutto per i tetti piani. Oltre alle loro eccellenti prestazioni termiche, la stabilità meccanica dei pannelli isolanti PIR consente l'installazione e la manutenzione sia dei sistemi di impermeabilizzazione e sia degli impianti fotovoltaici.

Architetti, proprietari di edifici, autorità di regolamentazione e compagnie assicurative devono sapere che, in caso di incendio che coinvolga impianti fotovoltaici, gli obiettivi di sicurezza per i sistemi a tetto piano vengono raggiunti.



Glossario

- **BAPV** (Building Attached Photovoltaics): Fotovoltaico applicato all'edificio - I moduli fotovoltaici sono collegati all'edificio mediante strutture aggiuntive
- **BIPV** (Building Integrated Photovoltaics): Fotovoltaico integrato - Prodotti fotovoltaici utilizzati per sostituire il convenzionale materiale da costruzione in parti dell'involucro edilizio come gli elementi di copertura, i vetri, o gli elementi di facciate
- **FM:** Factory Mutual Compagnia assicurativa
- **MW:** lana minerale secondo EN13162
- **PIR:** Schiuma di poliuretano (PU) secondo EN13165
- **PV Array:** un insieme collegato di pannelli fotovoltaici
- **PV panel:** singolo pannello fotovoltaico che può essere costituito da diversi moduli fotovoltaici
- **TC:** Termocoppia

Sicurezza antincendio dei sistemi fotovoltaici e degli impianti collegati.

Sebbene le normative e gli standard siano stati sviluppati per evitare che le installazioni fotovoltaiche, i relativi cavi elettrici e le apparecchiature diventino una fonte di accensione, i danni causati dalle condizioni meteorologiche e/o la possibile installazione errata rendono ancora possibile il rischio che possa scoppiare un incendio.

I sistemi fotovoltaici non sono considerati prodotti da costruzione, pertanto non sono attualmente disponibili requisiti di reazione al fuoco o di marcatura CE per i sistemi fotovoltaici applicati agli edifici ai sensi del Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR). Sebbene le prestazioni al fuoco degli stessi sistemi fotovoltaici siano un parametro importante da considerare ulteriormente, questo aspetto non è trattato in questo documento.

Considerazioni aggiuntive per i tetti con sistemi fotovoltaici

In Europa, la propagazione del fuoco al di sopra e all'interno dei sistemi di isolamento e impermeabilizzazione del tetto esposti a una fonte di fuoco esterna può essere valutata e regolata utilizzando uno

dei 4 metodi di prova indicati nella CENTS 1187 [1] e la relativa norma di classificazione EN13501-5 [2]. Per i tetti con impianti fotovoltaici montati al di sopra del pacchetto di copertura, le compagnie assicurative ed alcune autorità di regolamentazione si chiedono se il livello di sicurezza storicamente accettato sia ancora sufficiente per la combinazione di tali sistemi, considerando che il sistema fotovoltaico può rappresentare una possibile fonte di innesco e può aumentare il carico di incendio presente sulla copertura. Inoltre, si teme che gli incendi possano risultare più violenti a causa del maggiore irraggiamento.

Come misura semplicistica di mitigazione del rischio, alcune compagnie assicurative hanno proposto di richiedere, per le coperture dotate di impianti fotovoltaici, l'utilizzo di soli materiali isolanti non combustibili.

Per valutare la fondatezza di questa proposta, PU Europe ha commissionato due test comparativi. Sono stati scelti due sistemi di copertura approvati da Factory Mutual (FM), uno coibentato con schiuma poliuretanic (PIR) ed uno con lana minerale (MW). I pannelli fotovoltaici sono stati montati sopra il tetto in una

configurazione comunemente utilizzata nell'Europa settentrionale e occidentale ed è stato utilizzato un bruciatore a gas come fonte di accensione esterna.

Per entrambi i test, la velocità con cui le fiamme si sono propagate sia sotto i moduli fotovoltaici e sia sul sistema di copertura, al di fuori dal perimetro dei moduli, è stata simile. Non si è quindi riscontrata alcuna influenza diretta dei diversi strati di isolamento termico. L'isolamento PIR è risultato carbonizzato solo per poco più del 25% del suo spessore e il tetto si è raffreddato con continuità allo spegnimento dei pannelli fotovoltaici.

Risultato dei test

- Le coperture al di sotto di impianti fotovoltaici in fiamme possono essere esposte a un elevato livello di calore e irraggiamento;
- Nonostante l'elevata esposizione al fuoco derivante dal bruciatore a gas combinato con la combustione dei moduli fotovoltaici, le prestazioni della copertura con isolamento PIR si confrontano bene con quelle del tetto coibentato MW. La propagazione del fuoco sul tetto che si estendeva oltre e attorno ai sistemi fotovoltaici in fiamme era simile per entrambi i tetti testati;
- In questa configurazione è stato dimostrato che la scelta di un isolamento non combustibile non è significativa in termini di propagazione del fuoco e danni interni.

I risultati qui riportati sono specifici per i sistemi di copertura e per le configurazioni di impianti fotovoltaici che sono state testate.

Introduzione

I prodotti da costruzione commercializzati e applicati nell'Area Economica Europea (EEA) devono essere testati e classificati per quanto riguarda la loro reazione al fuoco e/o resistenza al fuoco per essere immessi sul mercato con marcatura CE. Per i sistemi di copertura sono previsti requisiti specifici per classificare il loro comportamento al fuoco in caso di fuoco proveniente dall'esterno. L'installazione di impianti fotovoltaici sulle coperture potrebbe rendere necessaria l'introduzione di requisiti aggiuntivi.

Gli impianti fotovoltaici che fanno parte integrante dell'involucro dell'edificio, come i BIPV (Building Integrated Photovoltaics) possono essere testati e classificati come prodotti da costruzione secondo CPR (UE n. 305/2011 Regolamento Prodotti da Costruzione).

Per gli impianti fotovoltaici integrati nelle coperture – chiamati in-roof system - questo significa che essi sono soggetti, come per tutte le coperture, alle normative nazionali relative ai requisiti di reazione al fuoco (in base alla norma EN13501-1) e, se previsti, a quelli relativi al comportamento della copertura per fuoco proveniente dall'esterno (EN13501-5). Impianti fotovoltaici montati sopra a coperture finite, come BAPV, non sono considerati prodotti da costruzione in Europa secondo il CPR e sono invece soggetti alla Direttiva Bassa Tensione (2014/35/UE).

Tuttavia le autorità edilizie in alcuni paesi hanno introdotto requisiti in merito alla reazione al fuoco dei moduli fotovoltaici montati in copertura: ad esempio la Germania prevede la classe minima E (secondo EN13501-1) l'Olanda sta definendo degli schemi di certificazione relativi all'installazione e alla manutenzione.

BIPV



BAPV



1) NdT

In Italia il Dipartimento dei Vigili del Fuoco ha emanato nel 2012 la Nota DCPREV «Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici» che prevede diverse opzioni di scelta per i requisiti tecnici degli impianti fotovoltaici e degli elementi di copertura su cui sono installati:

- 1) installazione su strutture ed elementi di copertura e/o di facciata incombustibili
- 2) interposizione tra i moduli fotovoltaici e il piano di posa di uno strato continuo incombustibile e con resistenza al fuoco di almeno EI 30
- 3a) una delle seguenti combinazioni:
 - tetti classificati Froof e pannello FV di classe 1 o equivalente di reazione al fuoco;
 - tetti classificati Broof (T2, T3, T4) e pannello FV di classe 2 o equivalente di reazione al fuoco
 - strati ultimi di copertura (impermeabilizzazioni o/e pacchetti isolanti) classificati Froof o F installati su coperture EI 30 e pannello FV di classe 2 o equivalente di reazione al fuoco.

3b) specifica valutazione del rischio incendi



Fig. 1. Configurazione dei campioni testati

Alcuni paesi europei stanno valutando l'opportunità di prevedere requisiti e certificazioni aggiuntive¹⁾.

Recentemente, il comitato di standardizzazione europea CEN/TC 127 "Sicurezza antincendio negli edifici" ha avviato i lavori per valutare la necessità di sviluppare uno standard o norma tecnica, che copra gli effetti combinati per la sicurezza antincendio delle coperture e dei moduli fotovoltaici. Inoltre alcune società di assicurazioni, hanno iniziato a valutare possibili requisiti aggiuntivi, per coperture con sistemi BAPV, quali la presenza di soli isolanti incombustibili al di sotto di sistemi fotovoltaici.

PU Europe ha incaricato "KIWA BDA Testing" di eseguire test comparativi di due sistemi di copertura approvati FM in combinazione con BAPV presso il Troned Twente Safety Campus nei Paesi Bassi. I test sono stati eseguiti nel 2021 per valutare l'impatto dei materiali isolanti testati sulle prestazioni al fuoco dell'intero sistema di copertura, in risposta a un incendio che ha coinvolto un sistema BAPV, sia in termini di propagazione che di penetrazione del fuoco. I test non avevano lo scopo di valutare prodotti isolanti specifici ma sono stati eseguiti esclusivamente per:

- valutare se sia giustificabile la richiesta generale di utilizzare prodotti isolanti non

combustibili nei sistemi di copertura al di sotto degli impianti fotovoltaici, al fine di limitare la propagazione e la penetrazione del fuoco in caso di incendio;

- fornire informazioni generali su come le prestazioni al fuoco di due diversi prodotti isolanti influenzino le prestazioni al fuoco di una copertura piana al di sotto del BAPV

In questo test non sono stati presi in considerazione altri fattori che hanno un impatto sulle prestazioni di una copertura con BAPV quando esposto a un fuoco esterno, come il comportamento della struttura portante dei pannelli fotovoltaici, i dettagli di installazione e la prestazione al fuoco dei pannelli fotovoltaici stessi.

Setup sperimentale

Scenario di incendio e configurazione del test

I test hanno simulato un incendio esterno sviluppatosi al di sotto di un sistema fotovoltaico installato sopra ad una copertura piana. La fonte di innesco utilizzata era un bruciatore a gas come proposto dalla norma CENELEC CLC/TR 50670:2016 [4] che è stato applicato per 15 minuti.

Questo bruciatore ha dimostrato di fornire un'esposizione al fuoco paragonabile a quella

del crib di legna utilizzata in CEN/TS 1187 t1, che rappresenta un tizzone ardente [5].

Le termocoppie sono state installate direttamente sull'impalcato del tetto in acciaio e al centro degli strati del prodotto isolante. Sono state effettuate riprese video per entrambi i test.

Condizioni ambientali dei test

I due test sono stati eseguiti all'aperto lo stesso giorno. La direzione del vento è cambiata tra le prove uno e due e si può chiaramente osservare che la direzione del vento ha una forte influenza sulla direzione della propagazione della fiamma sul tetto.

Un'ulteriore differenza tra i due test erano le condizioni ambientali. Il primo test con isolamento MW è stato eseguito al mattino quando l'umidità dell'aria era elevata e la temperatura ancora fresca. Le temperature massime riscontrate prima dell'inizio dei test al centro dello strato isolante erano 13 °C per MW e 33,9 °C per PIR.

Copertura e impianti fotovoltaici

Sono stati testati due campioni di coperture di 6 m x 6 m, identici tranne che per lo strato isolante. Per i test sono stati scelti sistemi approvati da FM che includevano rispettivamente PIR e MW, due tipi di prodotti comunemente usati per l'isolamento dei tetti piani.

I sistemi comprendevano una membrana impermeabilizzante (PVC), uno strato isolante, una barriera al vapore (foglio di PE) installati su un supporto in acciaio. Gli spessori dei due isolanti erano tali da garantire che i due sistemi fossero termicamente equivalenti:

- isolamento PIR: uno strato, 142 mm;
- isolamento MW: 2 strati di 130 mm – spessore totale 260 mm

Il sistema fotovoltaico era composto da pannelli fotovoltaici con fogli posteriori in alluminio classificati in classe antincendio C secondo IEC 61730-2 [6]. Quattro di questi pannelli (dimensioni totali 3,2 m x 1,84 m, angolo al tetto 13°) sono stati montati in una configurazione back-to-back, che imita la configurazione est-ovest che è sempre più utilizzata nell'Europa settentrionale e occidentale. Per avere uno scenario più critico per una possibile propagazione del fuoco, non c'erano schermature verticali alle estremità aperte dell'impianto fotovoltaico.

Dati registrati e osservazioni

Propagazione delle fiamme

Entrambi i test hanno mostrato un'intensa fase di accensione dei pannelli fotovoltaici con conseguente propagazione autosostenuta della fiamma su parte della superficie del tetto al di fuori del perimetro dell'impianto fotovoltaico.

Con la configurazione del pannello fotovoltaico scelta, l'esposizione al calore della copertura è stata aumentata dall'intrappolamento parziale delle fiamme sotto il colmo dell'impianto fotovoltaico, dall'irraggiamento dall'impianto fotovoltaico, nonché dal carico di incendio dei



Fig. 2. Fase di sviluppo dell'incendio



Fig. 3a. Area danneggiata campione isolato con PIR



Fig. 3b. Area danneggiata campione isolato con MW

pannelli fotovoltaici in fiamme. La direzione principale del fuoco propagatasi oltre l'impianto fotovoltaico era diversa nei due test, determinata dalla direzione del vento. L'impianto fotovoltaico e il pacchetto di copertura hanno smesso di bruciare dopo circa 32 min per

il campione isolato con PIR e dopo 28 min per quello con MW. Le fiamme si sono autoestinte, senza necessità di intervento esterno, e in entrambe le prove non si sono estese all'intera superficie del tetto.

Le figure 3a e 3b mostrano come l'area danneggiata delle coperture in entrambi i test era limitata e molto simile [7].

Temperature al centro e al di sotto degli strati isolanti

(v. anche la sezione “Ambiente di prova” per le temperature iniziali e nota [8])

Per il pacchetto di copertura isolato con PIR, all'interno del perimetro dell'impianto fotovoltaico, le temperature al centro dello strato isolante hanno raggiunto i 155 °C dopo 23 minuti e dopo questo tempo hanno iniziato a diminuire. Sul supporto in acciaio, al di sotto dello strato isolante, all'interno del perimetro dell'impianto fotovoltaico, è stato osservato solo un leggero aumento (di 10 °C) fino a 80 minuti dopo l'inizio del test. L'intero campione di copertura, compresa la struttura in acciaio, ha iniziato a raffreddarsi circa 80 minuti dopo l'inizio del test (v. Figura 4a).

Per la copertura coibentata con MW, all'interno del perimetro dell'impianto fotovoltaico, la temperatura al centro dello strato isolante ha raggiunto 35 °C 30 minuti dopo l'inizio della prova. Sebbene la fiamma visibile fosse cessata circa 30 minuti dopo l'inizio del test, la temperatura ha raggiunto 290 °C dopo 80 minuti e stava aumentando ulteriormente (v. Figura 4b). La temperatura massima registrata è stata di 440 °C dopo 4 ore all'interno del perimetro dell'impianto fotovoltaico. Le misurazioni notturne sulla struttura in acciaio hanno registrato un picco di temperatura di 190 °C.

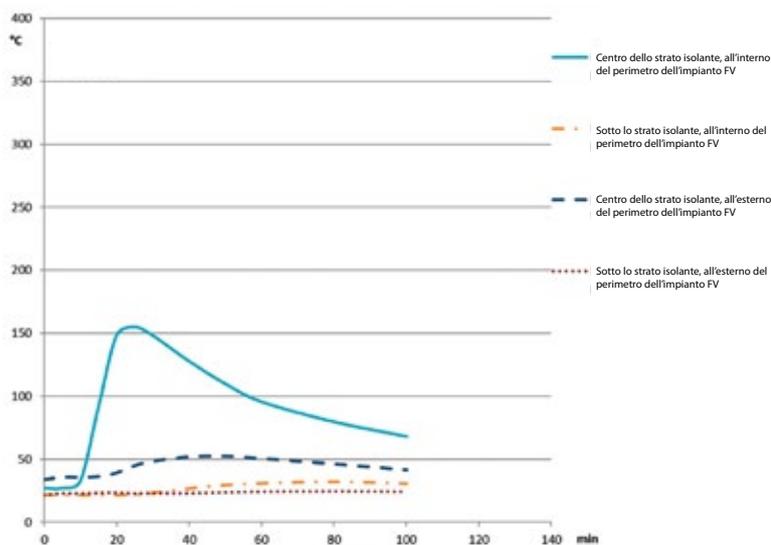


Fig. 4a. Campione isolato con PIR - Andamento delle temperature dopo l'inizio del test

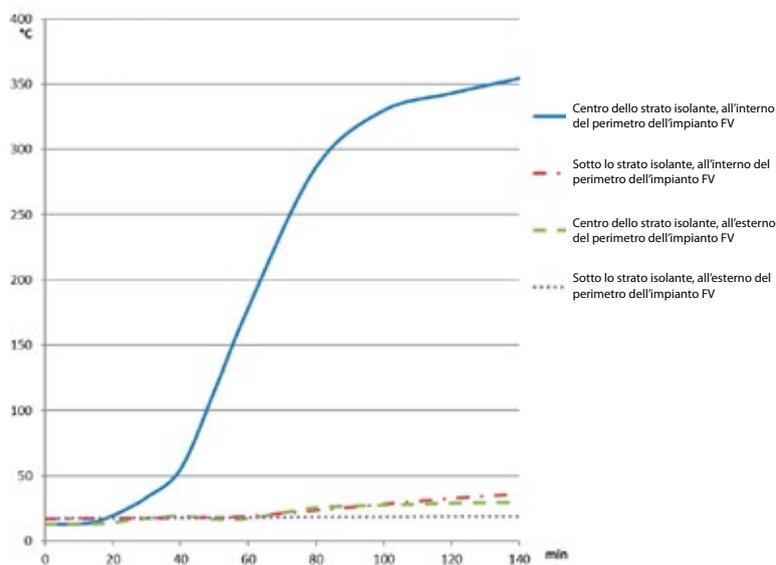


Fig. 4b. Campione isolato con MW - Andamento delle temperature dopo l'inizio del test

Danni e propagazione dell'incendio attraverso il pacchetto di copertura

Il danno allo strato impermeabilizzante e alla superficie superiore dello strato isolante è stato simile per entrambi i test (v. Fig. 5a e 5b). Il danno attraverso lo strato isolante più in basso nell'isolamento era abbastanza diverso.

Per la copertura isolata con PIR, lo strato di schiuma è risultato carbonizzato solo verso il basso dalla superficie fino a circa il 25% dello spessore totale.

La parte inferiore dello strato isolante e la barriera al vapore sottostante sono rimaste intatte (v. Fig.6).

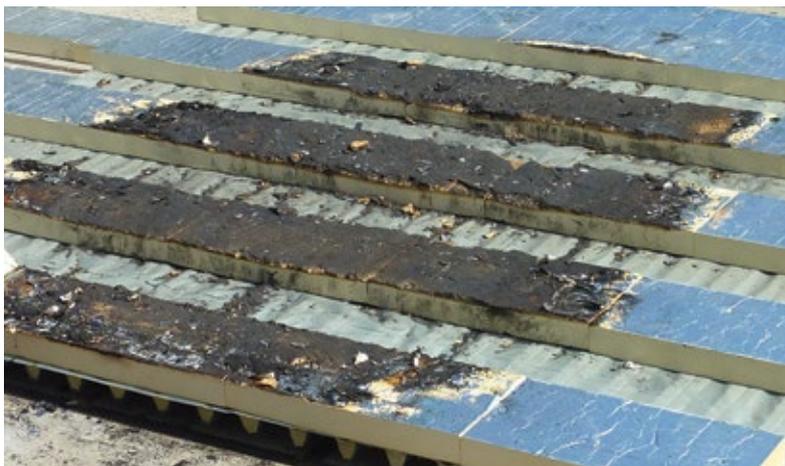
Per il tetto MW, il danno ha invece raggiunto la struttura in acciaio del tetto causando lo scioglimento della barriera al vapore (v. Fig. 7).



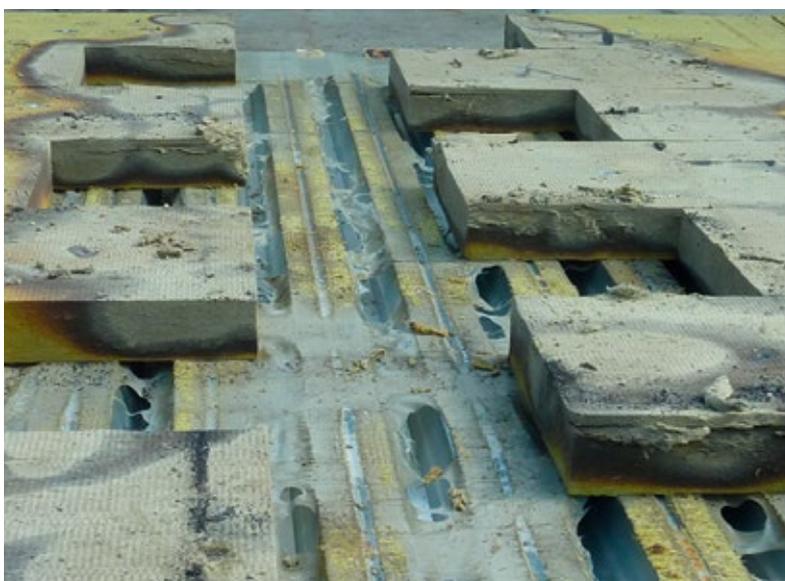
*Fig. 5a Campione isolato con PIR
Area superficiale danneggiata dopo la rimozione
dei pannelli fotovoltaici*



*Fig. 5b Campione isolato con MW
Area superficiale danneggiata dopo la rimozione
dei pannelli fotovoltaici*



*Fig. 6 Campione isolato con PIR
Lo spessore di schiuma danneggiata è al mas-
simo del 25% del totale. La barriera al vapore al
di sotto dello strato isolante non ha subito danni*



*Fig. 7 Campione isolato con MW
I danni subiti dallo strato isolante in MW.
Il mantenimento di temperature molto elevate
per un periodo di tempo molto lungo ha determi-
nato la fusione dello strato di barriera al vapore.*



Due sistemi di copertura piana su struttura in acciaio con applicati impianti fotovoltaici montati su tetto (BAPV) sono stati sottoposti ad una prova di comportamento al fuoco proveniente dall'esterno.

Si presume che la configurazione del metodo di prova (4 moduli FV in due file di due su una struttura a tetto piano di 6 m x 6 m, acceso con un bruciatore secondo CLC/TR 50670: 2016) sia una rappresentazione ragionevole dello scenario di incendio preso in esame.

La prova ha evidenziato che le prestazioni della copertura con sistema di coibentazione e impermeabilizzazione approvato FM testato con isolamento PIR e una membrana impermeabilizzante combustibile si confrontano bene con quelle di un sistema di copertura simile con isolamento in MW.

Al termine della prova per entrambi i campioni non è stato necessario spegnere le fiamme: l'incendio si è estinto senza alcun intervento.

L'incendio non si è diffuso su tutta la superficie del tetto, ma gli impianti fotovoltaici sono completamente bruciati.

Sommario e conclusioni

L'area di propagazione dell'incendio ha evidenziato modeste differenze tra i due campioni.

Il giorno successivo al test i pacchetti di copertura sono stati smontati e si è riscontrato che la barriera al vapore posta al di sotto dello strato isolante era intatta per il campione in PIR mentre risultava parzialmente fusa per quello in lana minerale.

Allo scopo di assicurare una piena conoscenza dei rischi per i sistemi di copertura al di sotto di impianti fotovoltaici potrebbero essere necessari ulteriori prove per verificare che gli incendi non si propaghino attraverso la copertura o oltre il perimetro degli impianti fotovoltaici.

La definizione di un metodo di prova rappresentativo della realtà applicativa consente di colmare un vuoto di conoscenze con un approccio molto più efficace rispetto alla semplicistica raccomandazione di utilizzare materiali isolanti non combustibili.

Avvertenze

Sebbene tutte le informazioni e le raccomandazioni in questa pubblicazione rappresentino il meglio delle nostre conoscenze, informazioni e convinzioni accurate alla data di pubblicazione, nulla di quanto contenuto nel presente documento deve essere interpretato come una garanzia, espressa o di altro tipo.

Referenze e Note

- [1] CEN TS 1187:2012 Test methods for external fire exposure to roofs
- [2] EN 13501-5:2016 Classification using data from external fire exposure to roofs tests
- [3] FM 4470 Single-ply, polymer-modified bitumen sheet, built-up roof (BUR) and liquid applied roof assemblies for use in Class 1 and non-combustible roof deck construction
- [4] CLC/TR 50670:2016 External fire exposure to roofs in combination with photovoltaic (PV) arrays – Test method(s)
- [5] Bachelor Thesis, Constantin Niederwieser, Entwicklung einer Prüfmethode zur Beurteilung des Brandverhaltens von dachadditiven und dachintegrierten Photovoltaikanlagen, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, 2013
- [6] IEC 61730-2:2016 Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 2: Requirements for testing
- [7] L'area esatta non è stata calcolata a causa delle differenti direzioni del vento tra le due prove, l'incendio iniziato sotto l'impianto fotovoltaico ha raggiunto il bordo più vicino del sistema di copertura isolata con PIR
- [8] Per la copertura con PIR, l'acquisizione dei dati è stata interrotta quando è diventato chiaro che tutte le termocoppie si stavano raffreddando. Per il sistema con MW, tutte le termocoppie sono state monitorate per un periodo di tempo più lungo, poiché vi è stato un continuo aumento delle temperature