



Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile
CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO
Direzione Centrale Prevenzione e Sicurezza Tecnica

Relazione tecnica sugli incendi coinvolgenti impianti fotovoltaici

a cura del
NUCLEO INVESTIGATIVO ANTINCENDI
Capannelle – ROMA



L'investigazione sulle cause d'incendio/esplosione è un'attività che richiede particolari conoscenze multidisciplinari, quali quelle relative alla conoscenza del "fenomeno incendio" o quelle sul comportamento al fuoco dei materiali e delle strutture.

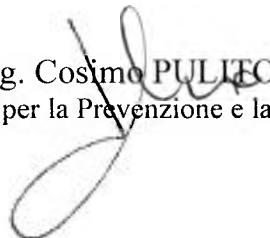
L'investigazione antincendio è, inoltre, resa complessa non solo dalla natura distruttiva dell'evento su cui si indaga, che vede gli investigatori operare su scenari caratterizzati da livelli di danneggiamento delle strutture e dei materiali tali da non consentire una ricostruzione dello stato dei luoghi, ma anche dalla carenza di strumenti uniformi per la ricerca delle cause di incendio e di esplosione.

In considerazione delle numerose richieste ricevute da parte delle strutture territoriali del Corpo nazionale dei Vigili del Fuoco e con la finalità di fornire un ausilio al personale chiamato a svolgere l'attività investigativa, si è ritenuto di approfondire le problematiche della ricerca delle cause di incendio e di esplosione predisponendo e pubblicando alcuni documenti per l'investigazione di specifici scenari incidentali (incendio di impianti fotovoltaici, incendi di impianti di riscaldamento, ecc.)

Gli autori delle varie pubblicazioni sono dei Vigili del Fuoco appartenenti a strutture centrali o territoriali del Corpo che, sulla base della propria esperienza operativa, maturata anche nell'espletamento dell'attività di soccorso, hanno predisposto i documenti prediligendo un approccio sintetico e il più possibile orientato a fornire soluzioni pratiche.

La collana è stata ideata ed è curata dall'ing. Michele Mazzaro, Dirigente del Nucleo Investigativo Antincendi, che si avvale del supporto e dell'esperienza investigativa del personale del Nucleo.

Ing. Cosimo PULITO
Direttore Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica





RELAZIONE TECNICA SUGLI INCENDI COINVOLGENTI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

ANALISI DELLE POSSIBILI CRITICITA' NELLA RICERCA DELLE PIU' FREQUENTI CAUSE DI
INCENDIO PER GLI ADEMPIMENTI DI POLIZIA GIUDIZIARIA ED AMMINISTRATIVI

GENERALITA'

Un incendio sviluppatosi in qualsiasi struttura con presenza di un impianto fotovoltaico (FTV) richiede un esame attento delle cause che lo hanno sviluppato per capire se l'impianto fotovoltaico può esserne la causa o si trova semplicemente coinvolto.

La presente relazione vuole essere un contributo indirizzato ai Capi Partenza per consentire di trarre utili spunti nell'esame dell'ampia casistica che può presentarsi.





CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente guida si applica agli impianti FTV di tipo fisso (grid connected) ad destinati ad operare in parallelo alla rete del distributore di Energia (ENEL od altri) e ad impianti FTV di tipo isolato (stand alone)

Negli impianti ad isola non vi è l'allaccio alla rete Enel ma vi sono sempre presenti batterie cariche. Di regola vi è un regolatore di carica per la trasformazione in alternata in quanto le schede elettroniche in commercio vengono alimentate dalla corrente AC.

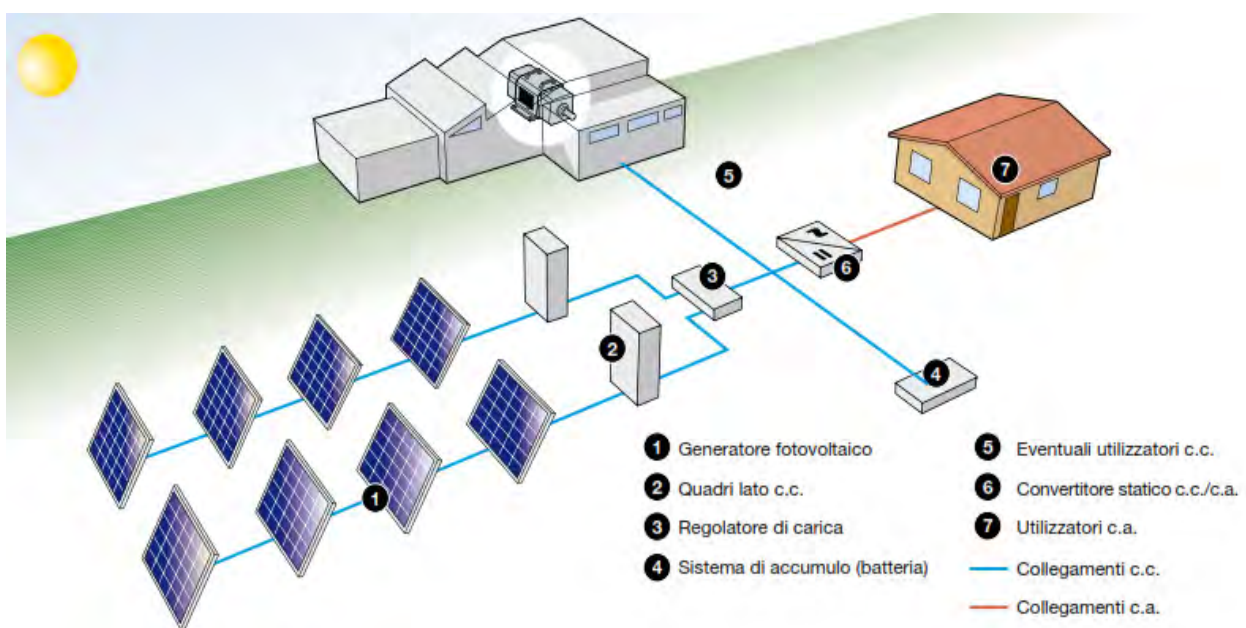
In Italia gli impianti ad isola sono piccoli impianti di potenza limitata (si potrebbe trovare, al massimo, qualche piccola baita di montagna funzionante col sistema ad isola).

Impianti ad isola

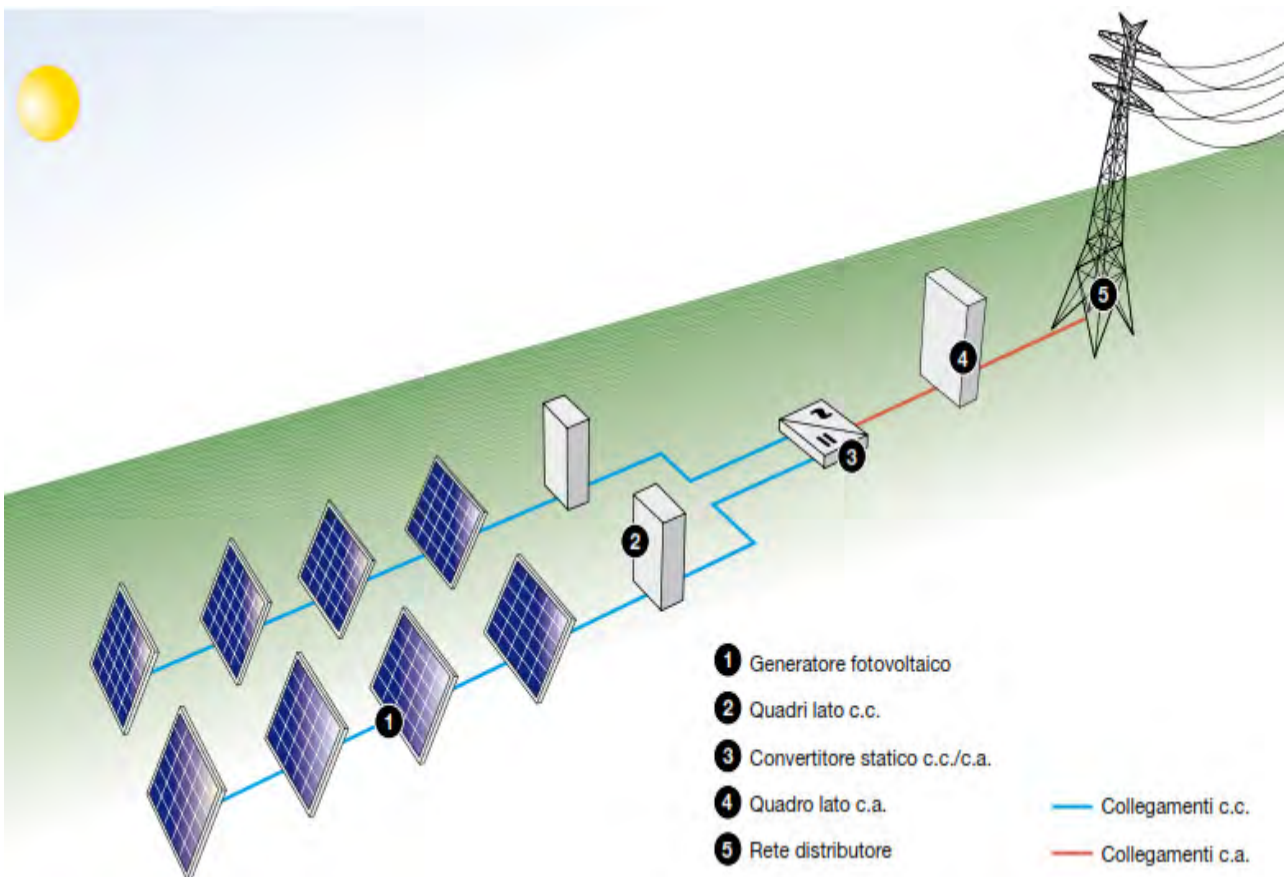
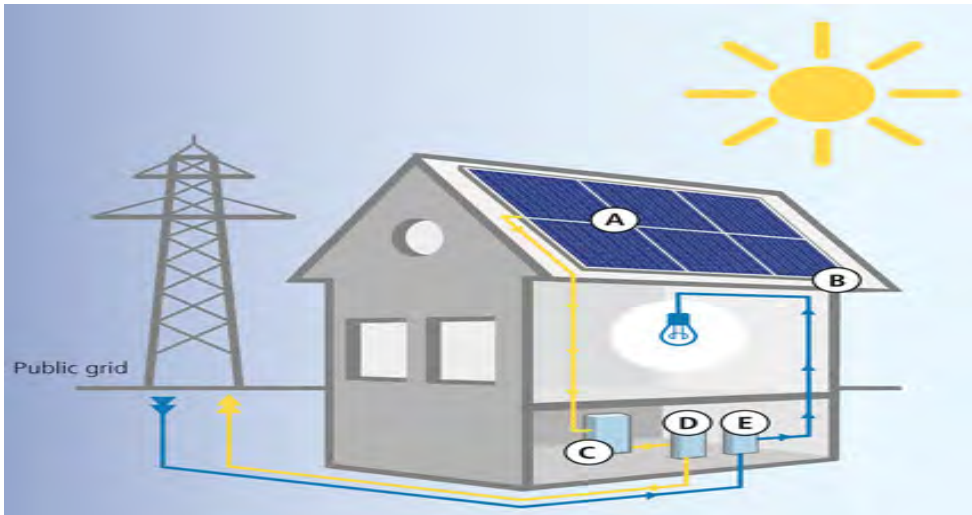


Gli impianti ad isola infatti sono detti tali in quanto “isolati” dalla rete elettrica, sono autonomi e l'energia prodotta va ad alimentare una batteria ed un alternatore.

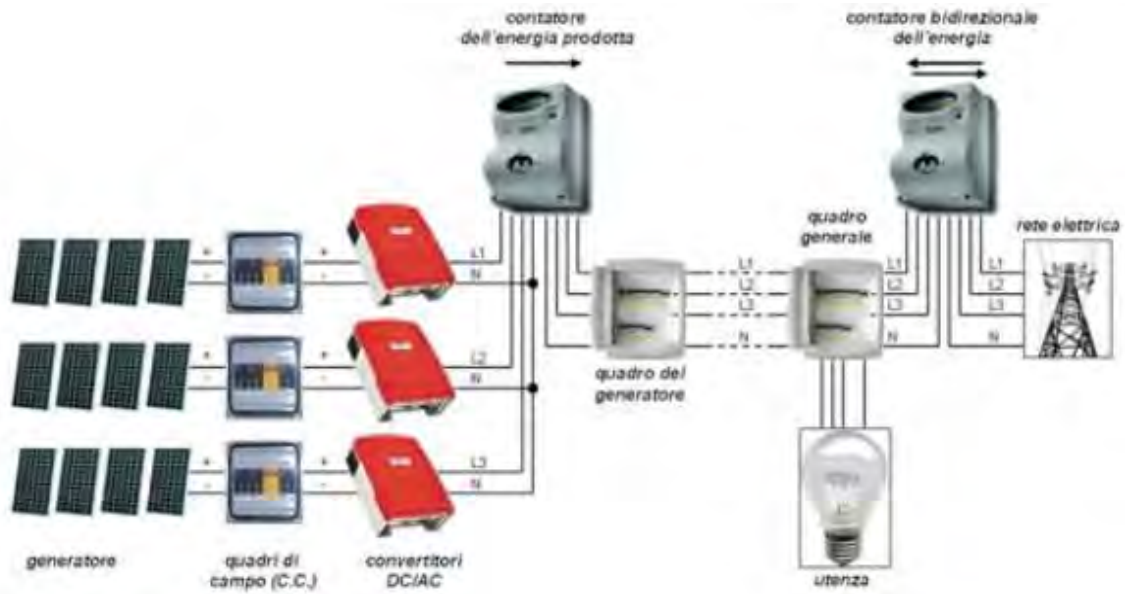
“Vivono” dell'energia prodotta e sono caratterizzati in Italia da tensioni e potenze basse, (generalmente sono a servizio di impianti semaforici o di illuminazione) e totalmente indipendenti dalla rete.

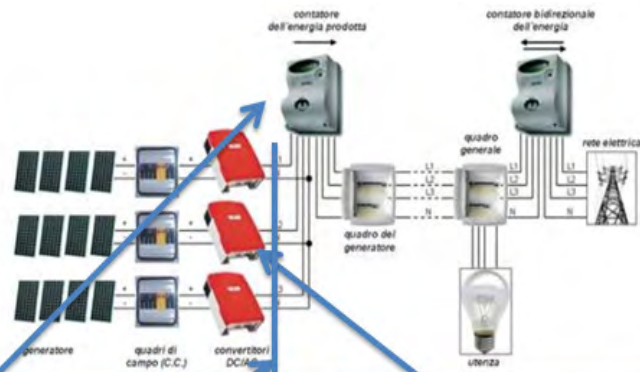


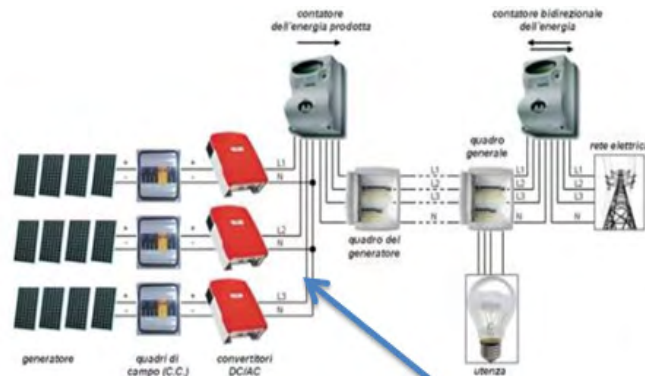
Impianti grid-connected



DA QUALI ELEMENTI E' COMPOSTO UN IMPIANTO?







COSTITUZIONE DI UN IMPIANTO (O SISTEMA) FOTOVOLTAICO

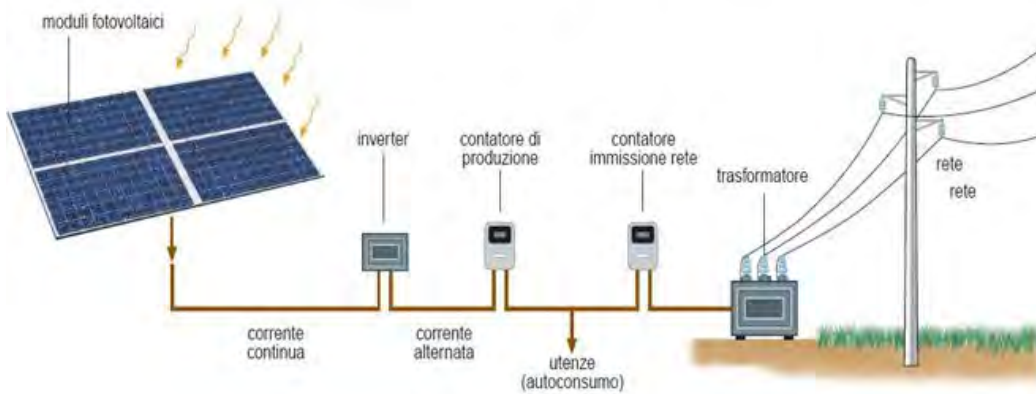
Un impianto (o sistema) fotovoltaico è “un impianto di produzione di energia elettrica composto dall'insieme di moduli fotovoltaici e da altri componenti tali da consentire di produrre energia elettrica e fornirla alle utenze elettriche e/o di immetterla nella rete del distributore.”

COMPONENTI FONDAMENTALI DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO

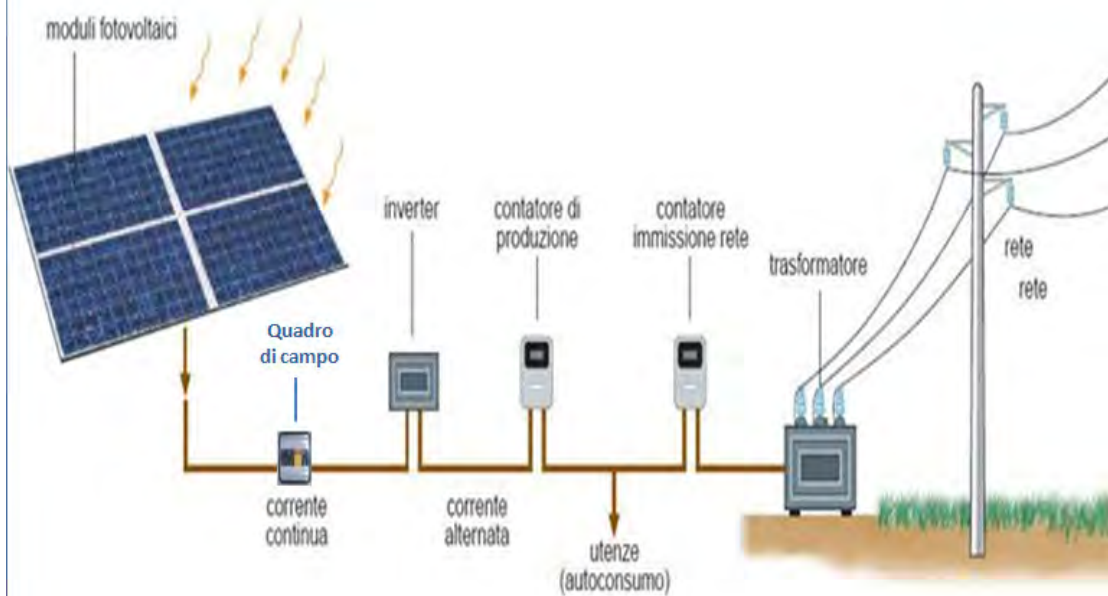
I componenti principali di un impianto FTV sono suddivisibili in tre gruppi distinti per funzione e caratteristiche:

- le strutture di sostegno;**
- i pannelli FTV;**
- i gruppi di conversione od inverter con le relative protezioni di carattere impiantistico elettrico;**

Visualizzazione dei componenti

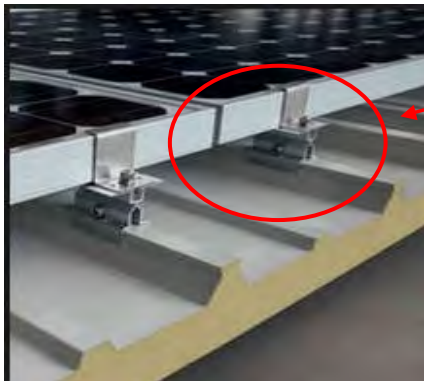


Impianto con presenza di quadro di campo



a) Le strutture di sostegno:

Gli impianti integrati e parzialmente integrati presentano i bulloni a vista che possono essere rimossi togliendoli dalle flat di collegamento, dei veri e propri binari in alluminio oppure da dei supporti in legno.



collegamenti



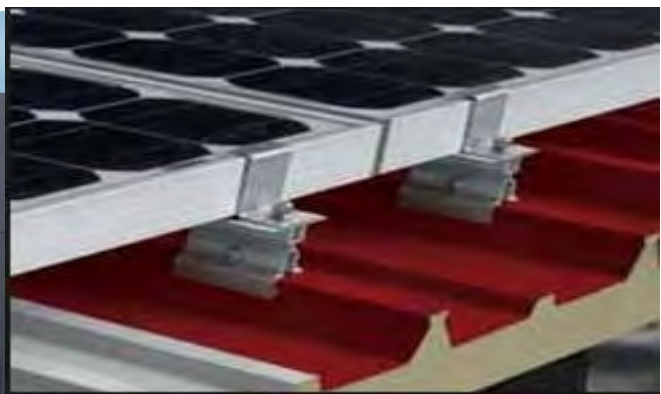
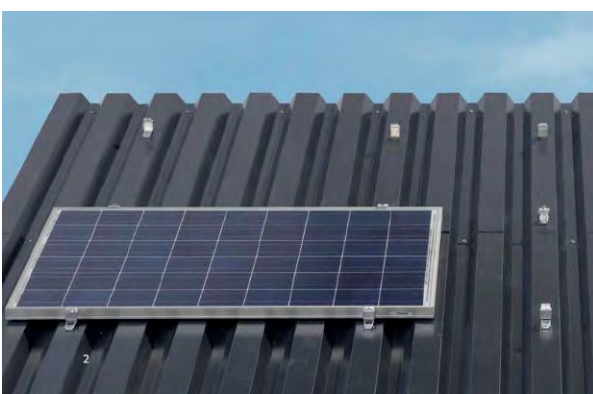
LINEE FLAT DI COLLEGAMENTO



dettaglio del fissaggio e ripristino guaina impermeabile



dettaglio della staffa inox installata



Gli impianti con tecnologia INNOVATIVA presentano in genere una doppia orditura in legno a cui sono collegati, gli stessi sono posizionati sulla copertura incastrati l'un l'altro formando un mosaico, non presentando nessun bullone a vista.



b) I pannelli FTV

I pannelli comunemente utilizzati hanno dimensioni che variano tra 0,5 e 1,5 m², anche se ne esistono in commercio di dimensioni superiori a 2 m² che risultano poco usati.

I moduli possono avere una cornice, solitamente realizzata in alluminio, che facilita il montaggio e costituisce una barriera contro l'infiltrazione di acqua.

I pannelli FTV sono composti da celle, a loro volta realizzate in materiale cristallino, costituite da una lamina di materiale semiconduttore, il più diffuso dei quali è il **silicio**, che si presenta in genere di colore nero o blu.

I moduli in silicio mono o policristallini rappresentano la maggior parte del mercato.

Sulla superficie posteriore di supporto, in genere realizzata in un materiale isolante con scarsa dilatazione termica, come il **vetro temperato** o un polimero come il **tedlar**, vengono appoggiati un sottile strato di acetato di vinile (spesso indicato con la sigla EVA), la matrice di moduli preconnessi, un secondo strato di acetato e un materiale trasparente che funge da protezione meccanica anteriore per le celle fotovoltaiche, in genere vetro temperato. *Dopo il procedimento di pressofusione, che trasforma l'EVA in mero collante inerte (*vedi nota in basso)*, le terminazioni elettriche dei nastri vengono chiuse in una morsettiera stagna generalmente fissata alla superficie di sostegno posteriore, e il "sandwich" ottenuto viene fissato ad una cornice in alluminio, che sarà utile al fissaggio del pannello.

Note sui materiali:

TEDLAR: è il nome commerciale di un film di polivinilfluoruro caratterizzato da alcune proprietà chimiche, elettriche e di resistenza meccanica, alle quali si aggiungono buone caratteristiche di barriera ai raggi UV e di resistenza all'invecchiamento atmosferico.

Viene utilizzato insieme ad altri materiali come l'EVA, per la realizzazione di pannelli fotovoltaici.

Poiché è resistente alla fiamma, viene usato come film protettivo nell'industria aeronautica.

ETILENE VINILE ACETATO – EVA: l'acetato di vinile o vinil acetato è l'estere vinilico dell'acido acetico.

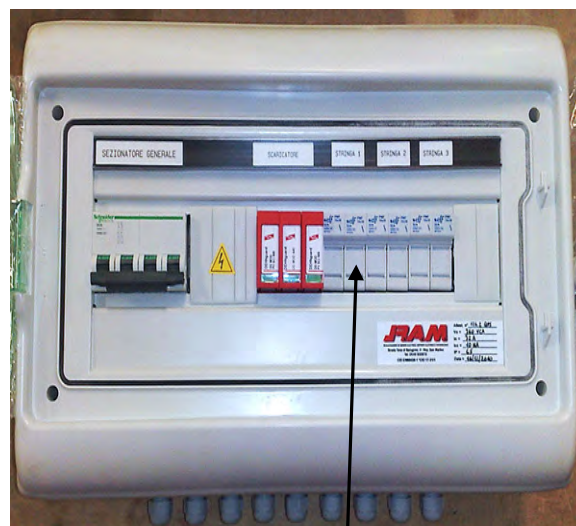
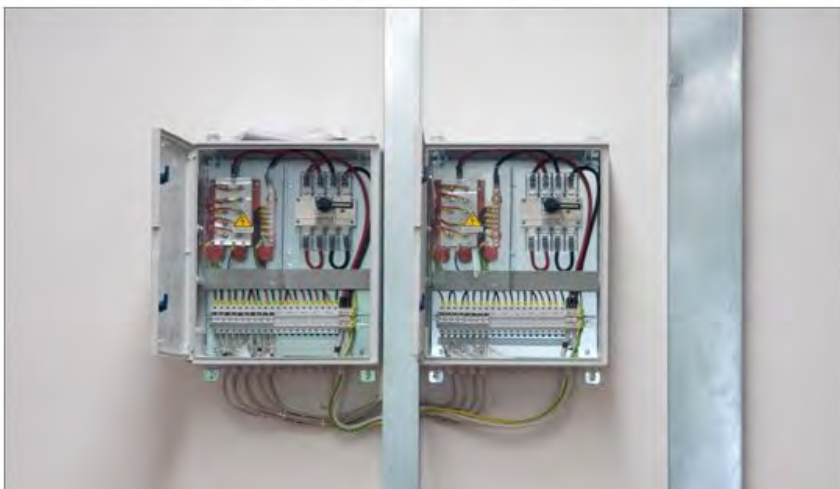
A temperatura ambiente è un liquido incolore, infiammabile, dall'odore dolciastro. Data la facilità con cui può polimerizzare, viene generalmente conservato per aggiunta di stabilizzanti.

Il suo polimero, noto semplicemente come acetato, è un materiale perfettamente trasparente, utilizzato spesso in fogli sottili, **da riprodurre tramite procedimento di pressofusione che lo rende un collante inerte.**

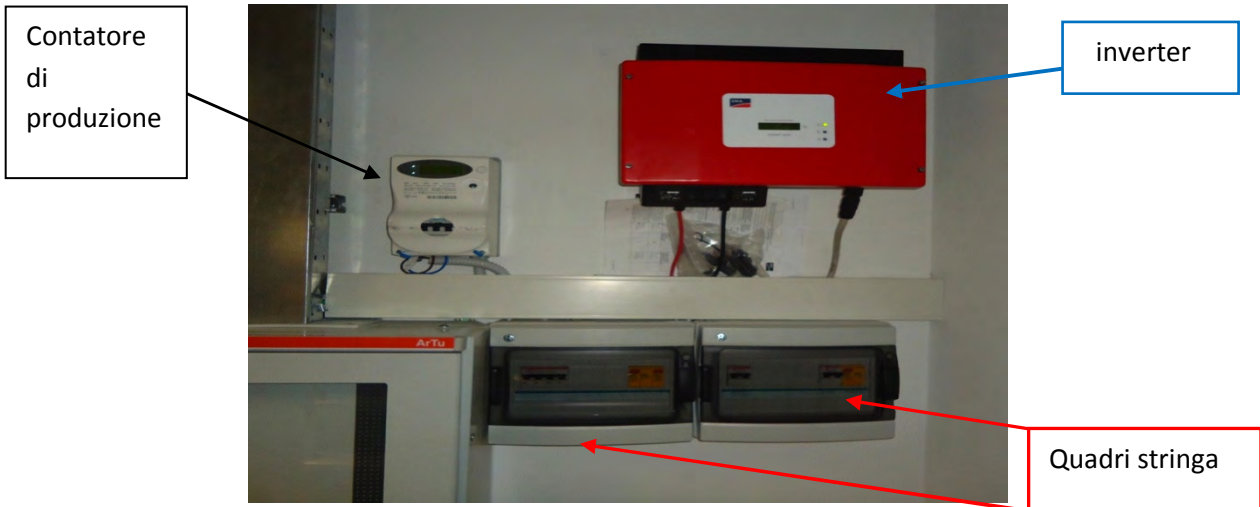
Ciascun modulo o pannello PUO' essere equipaggiato con una propria scatola di terminazione/connesione che, SE PRESENTE deve avere grado di protezione IP65 ed è dotata di terminali elettrici di uscita con polarità opportunamente contrassegnate (si ricorda che il pannello FTV PRODUCE UNA TENSIONE CONTINUA).

I quadri di campo (o quadri di stringa) sono componenti non sempre presenti in un impianto. Quando presenti vengono interposti tra i pannelli e l'inverter ed hanno il compito di raccogliere i cavi provenienti dalle varie stringhe e collegare queste ultime in parallelo tra loro aumentando notevolmente l'intensità di corrente circolante. In linea di massima non vengono utilizzati sugli impianti di piccole potenze dove il collegamento in parallelo viene eseguito direttamente nell'inverter.

I quadri di stringa



Fusibili a striscia nella maggior parte dei casi non sezionabili a carico



c) I gruppi di conversione od inverter

Il gruppo di conversione della corrente continua (prodotta dai pannelli FTV) in corrente alternata (da immettere in rete) chiamato inverter attua il condizionamento ed il controllo della potenza trasferita.

La **TENSIONE IN INGRESSO ALL'INVERTER** (tensione continua DC) *varia con il numero di pannelli e delle stringhe FTV.*

La **TENSIONE IN USCITA DALL'INVERTER** (tensione alternata AC) *solitamente, per impianti civili assume valori di tensione pari a 230V - 50Hz (per taluni impianti potrebbe assumere valori di tensione di 400V trifase - 50Hz)*

I convertitori statici

Oltre ai moduli, ogni Impianto Fotovoltaico possiede:



Il gruppo di conversione statico (INVERTER), permette di trasformare l'energia, proveniente dal campo fotovoltaico, in corrente alternata.



L'Inverter rappresenta la parte più critica di un sistema fotovoltaico, va fatta quindi una scelta accurata prima dell'impiego.



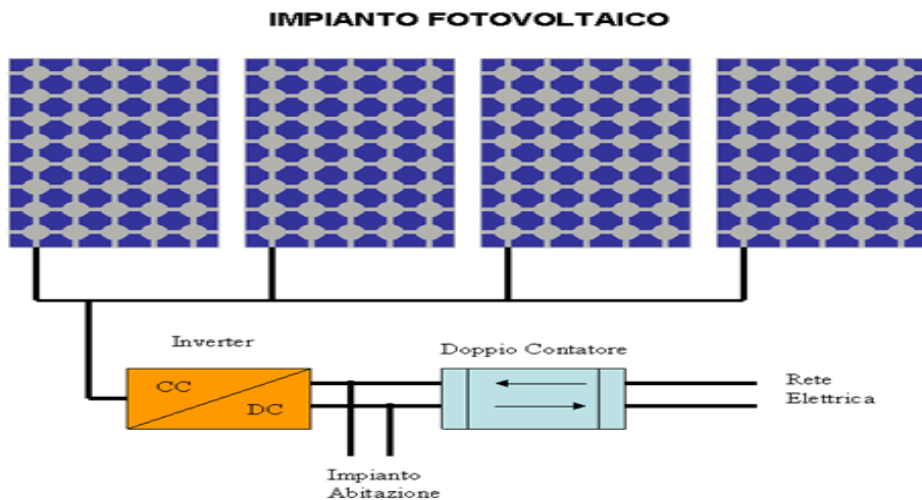
Per ragioni funzionali e di sicurezza i circuiti elettrici sono dotati di dispositivi di manovra ed interruzione, per:

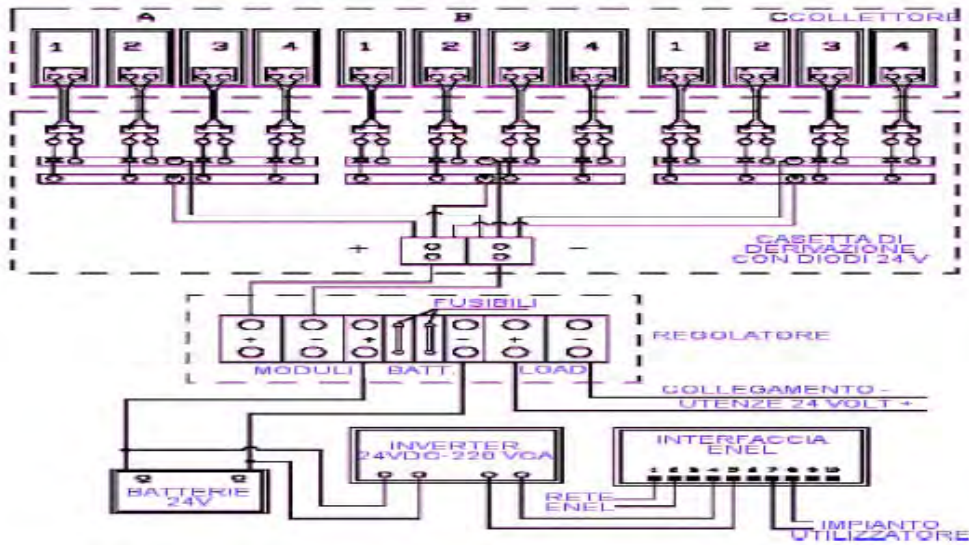
- sezionamento – per poter effettuare lavori elettrici;
- interruzione – per poter eseguire lavori non elettrici su apparecchiature;
- interruzione di emergenza – di fronte al rischio di pericolo imminente;
- comando funzionale – per aprire o chiudere i circuiti per motivi funzionali;

E' importante tenere presente che il pannello FTV produce tensione (D.C.) non appena viene irraggiato dalla luce solare; pertanto occorre sempre sezionare l'impianto APRENDO TUTTI GLI ORGANI DI SEZIONAMENTO/PROTEZIONE presenti e relativi al sistema FTV.

Come è stato evidenziato in precedenza un sistema FTV è in pratica un generatore di TENSIONE CONTINUA: tale tensione viene trasformata in TENSIONE ALTERNATA al fine di potersi interfacciare con la rete del gestore dell'energia.

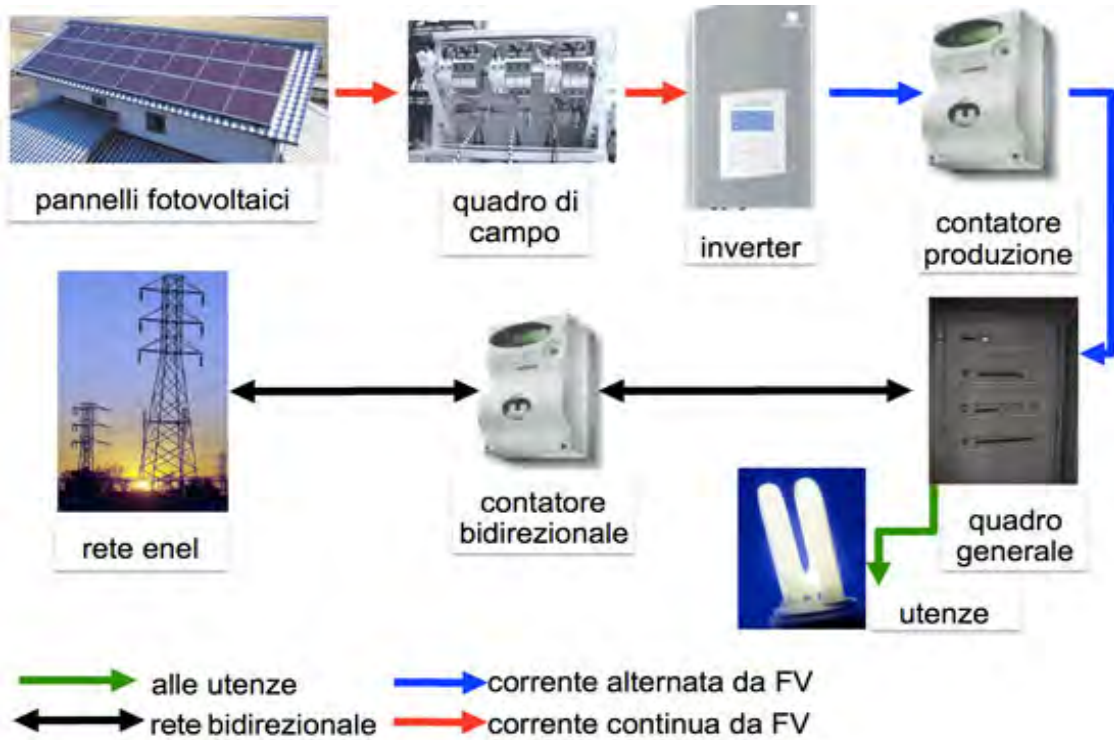
Si vedano a tal proposito, lo schema di principio e lo schema elettrico di un impianto FTV di seguito riportati.





In sostanza, un pannello FTV funziona come un elemento di una batteria, ai suoi capi (se sottoposto ad irraggiamento) è presente una TENSIONE CONTINUA, *che si può ridurre a valori prossimi allo zero* UNICAMENTE METTENDO FUORI USO IL PANNELLO ATTRAVERSO AZIONI CHE PORTINO AD OSCURARE LE CELLE FTV.

Negli impianti FTV alcuni singoli pannelli sono collegati in serie tra loro componendo UNA STRINGA che, a sua volta, è messa in parallelo con altre; l'effetto è quello di avere delle stringhe con la medesima tensione poste, in parallelo ad altre (per ottenere i valori di corrente desiderati), come gli elementi di una batteria di dimensioni ragguardevoli. Si pone l'attenzione sul fatto che le tensioni in gioco possono essere prossime al migliaio di Volt.



SCHEMA IMPIANTO FOTOVOLTAICO IN RETE - ON-GRID



La connessione in bassa tensione



La connessione in media tensione





ANALISI DELLE PRINCIPALI CAUSE DI INCENDIO

Il Capo Partenza che si trova ad intervenire in caso di un incendio in presenza di impianto fotovoltaico, terminate le necessarie operazioni di spegnimento e smassamento, dovrà svolgere gli atti dovuti per risalire all'individuazione della causa dell'evento.

Al fine di fornire un supporto a tale difficile operazione, di seguito, si esamineranno le specificità degli incendi originati nei pannelli, nei quadri stringa, nei cavi, nei cablaggi e negli inverter.

Ad esempio, si prenda in esame l'incendio di un tetto con la presenza di pannelli fotovoltaici sulla falda. Riuscire a discriminare se l'innesco è stato originato da cause elettriche e quindi l'incendio sia riconducibile all'impianto FV, oppure se lo stesso sia originato per cause di altra natura (ad esempio: dalla canna fumaria) pone in essere una serie di valutazioni finalizzate ad escludere, una dopo l'altra, le eventuali circostanze collegate all'incendio.

Le valutazioni di seguito riportate possono essere applicate in tutti i casi rendendo più semplice e schematico il lavoro di ricerca degli operatori VVF che, seguendo uno schema di indagine, riescono ad avere un quadro dell'origine dell'evento e del suo propagarsi.



Per semplicità partiamo nella disamina delle cause di incendio dell'impianto FVT da una domanda...



Perché i pannelli possono prendere fuoco coinvolgendo in tutto o in parte la struttura di sostegno sottostante e propagarsi all'interno del fabbricato?

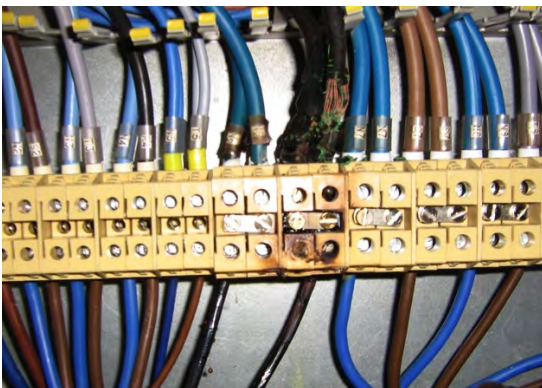


La presenza di lucernai e traslucidi in vicinanza dei pannelli può essere motivo di propagazione dell'incendio all'interno del fabbricato.

Uno dei problemi più frequenti è connesso ai cablaggi.

La questione dei cablaggi appare spesso sottovalutata e le connessioni lente pare siano una delle cause di incendio più comuni nel caso di incendi di impianti fotovoltaici.

Viste le tensioni non indifferenti in gioco, un primo rischio è quello dell'arco elettrico.



Sistema di connessione elettrica:
Connettori



Se durante la fase di sopralluogo post-incendio il ROS riscontra nell' impianto delle connessioni a vite allentate, queste potrebbero aver generato un *arco elettrico (arco voltaico)* che potrebbe avrebbe dato origine alle fiamme. E' appena il caso di evidenziare che, l'arco elettrico generatosi ad impianto in funzione può innescare il materiale sottostante che lentamente si autoalimenta fino a sviluppare l'incendio, anche in ore notturne.

Un arco elettrico in tensione continua, a voltaggio normalmente in uso negli impianti fotovoltaici, può restare acceso per moltissimo tempo, dell'ordine addirittura dei minuti: esso è, pertanto, in grado di forare una lamiera zincata come quella normalmente utilizzata per l'appoggio dei pannelli su un tetto e può comportare l' innesco dei materiali sottostanti.



Lunghezza di fiamma di un arco elettrico in continua su impianto da 6kw – il colore della fiamma ne indica l'elevata temperatura

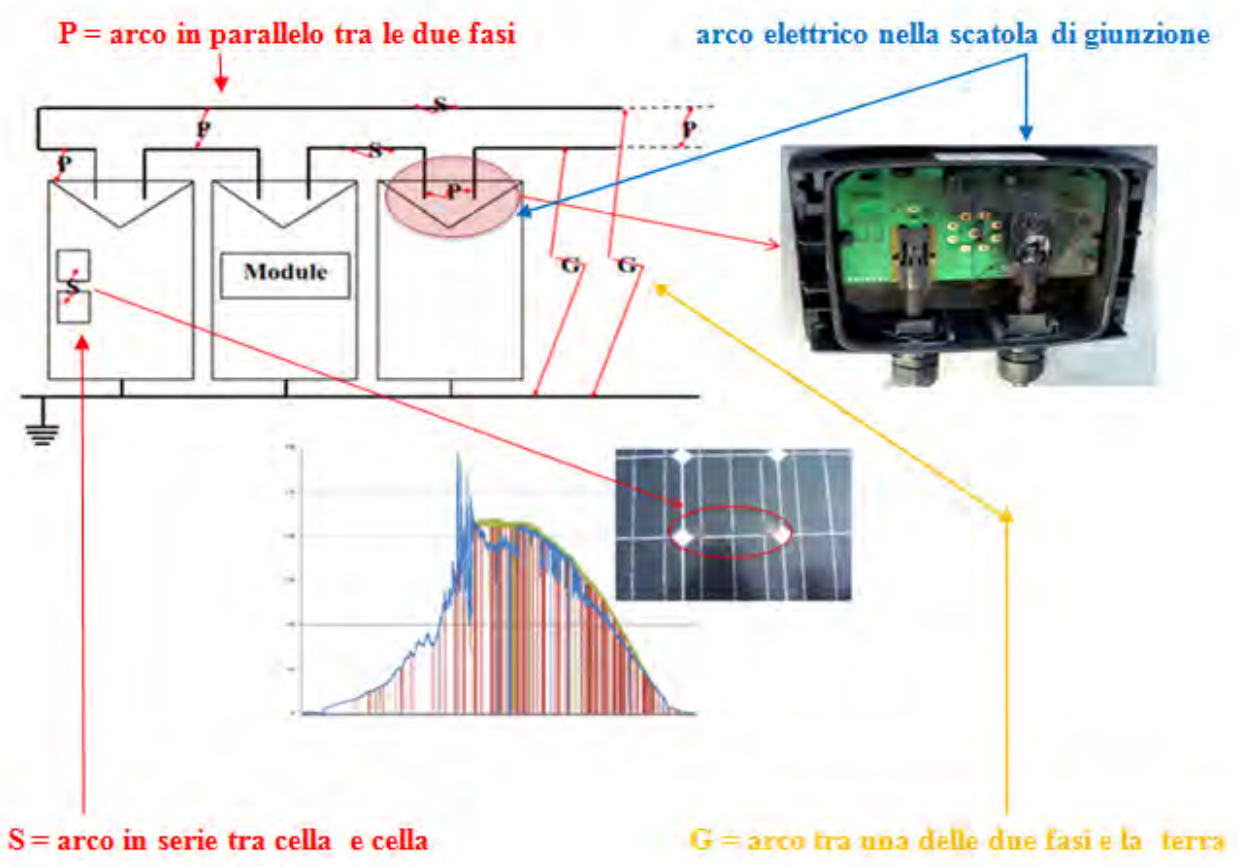




L'arco voltaico in corrente continua è assimilabile ad una saldatrice ad arco in grado di perforare la lamiera sottostante ed innescare i materiali.

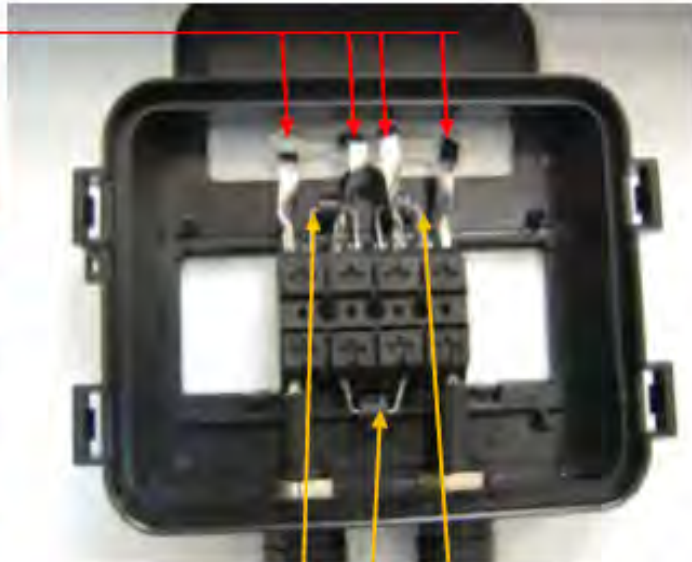


Albero dei guasti che esemplifica tutti i punti in cui può avvenire un arco voltaico

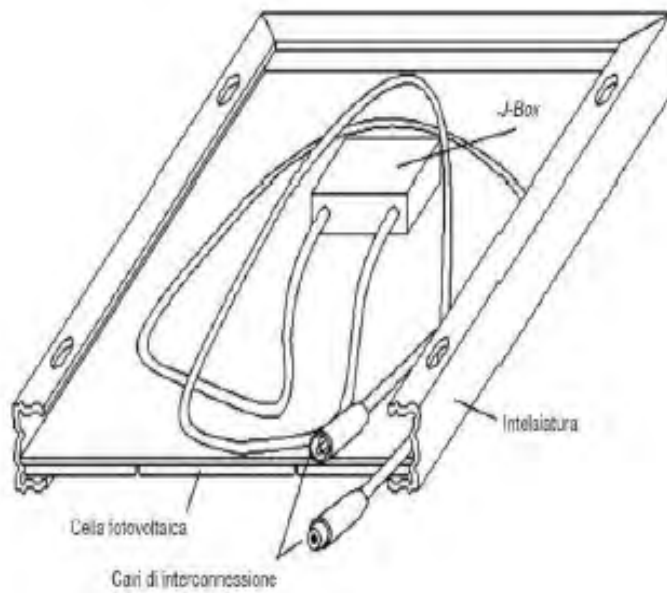


Uno dei punti a maggior criticità dove è riscontrabile un eventuale *arco elettrico* è la scatola di giunzione. Anche rimuovendo uno o più pannelli scelti sia tra quelli coinvolti dalle fiamme che tra quelli rimasti intatti si ricercano, all'interno della scatola di giunzione, le tracce di arco elettrico. Se la scatola di giunzione risulta già danneggiata appaiono evidenti i segni del fuoco anche sul materiale di supporto.

Connessioni che dalla scatola di giunzione passano nella parte anteriore del pannello a cui vengono collegate in serie le celle

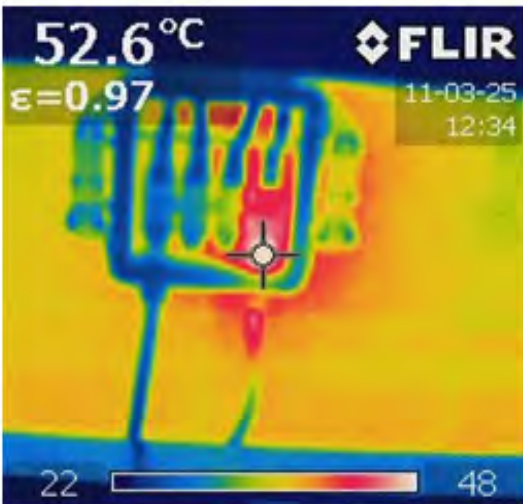


Diodi di by pass





Un arco elettrico nella scatola di giunzione è tranquillamente in grado di provocare un incendio ed intaccare il materiale sottostante



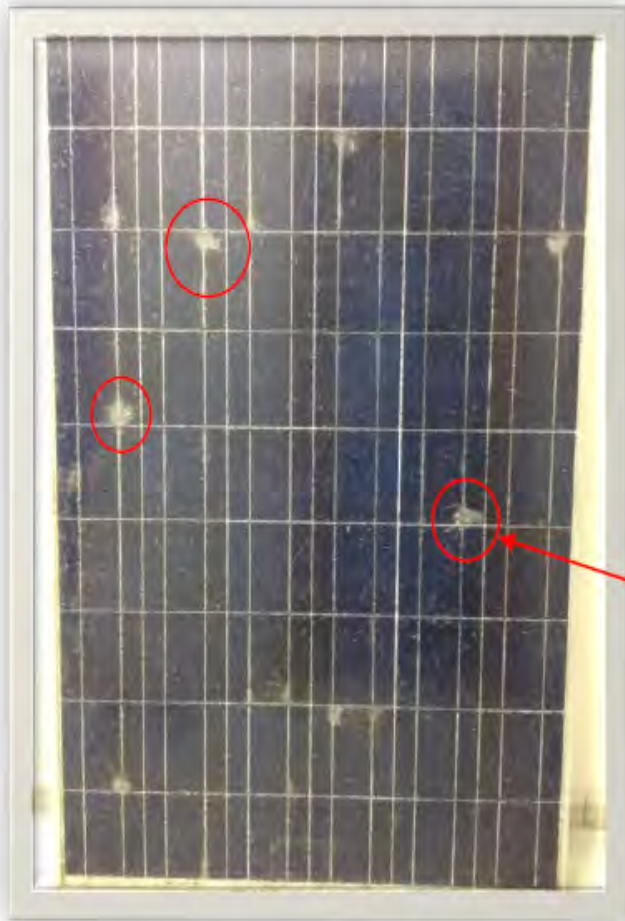


Principio di incendio scaturito dalla scatola di giunzione





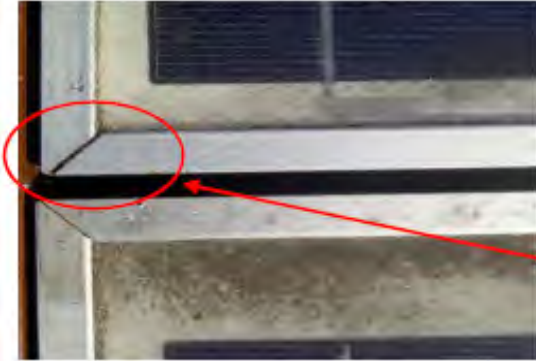
E' possibile che si sviluppi un arco elettrico anche all'interno del pannello per difettosità delle saldature tra cella e cella oppure per ossidazione creatasi a seguito di perdita di ermeticità del pannello.



Arco voltaico in serie tra cella e cella dovuto a possibili problemi di ossidazione, o difettosità delle saldature di unione per collegare tra loro le celle. Il vetro in superficie rimane intatto il problema si verifica all'interno con la scarica che può intaccare la pellicola di EVA ed il tedlar sottostante ed innescare l'incendio del pannello.

N.B. si noti le micro esplosioni nel punto di unione delle celle

Riscontrare la presenza di questi segni sia sui pannelli incendiati che sui pannelli costituenti l'impianto, significa aver individuato una difettosità interna del pannello stesso tale da generare durante l'irraggiamento solare, un arco elettrico in serie tra le celle e capace, altresì, di perforare la parte sottostante (ammaccando il vetro nella parte anteriore) ed intaccando ed innescando il materiale di supporto.

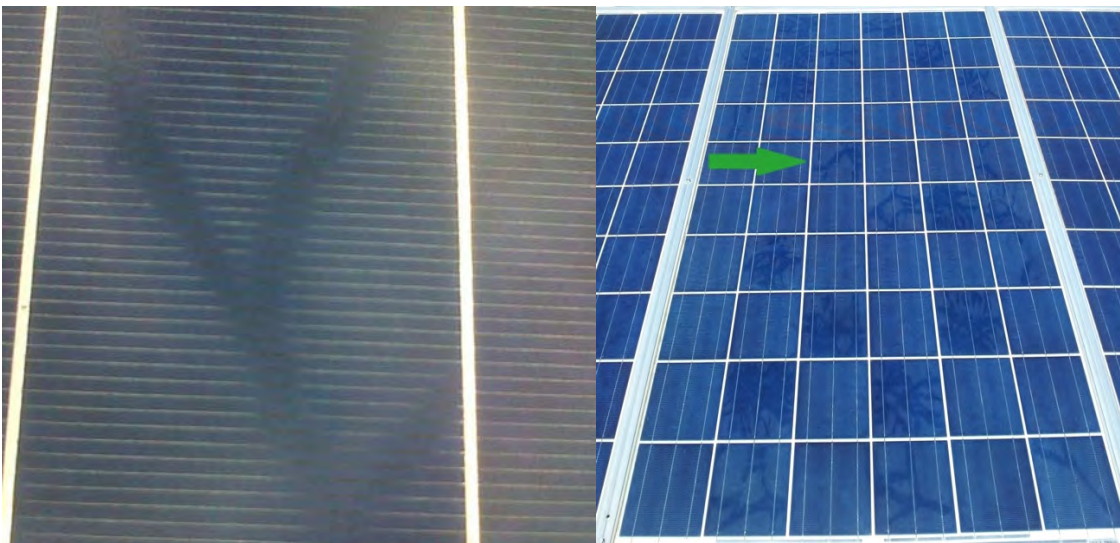


Le perdite di integrità ed ermeticità del telaio possono dar luogo a condense e fenomeni di ossidazione interna che inducono delle scariche interne con possibile innesco del pannello.

Telaio non stagno



OSSIDAZIONE INTERNA A BAVA DI LUMACA





Telaio con perdita di integrità situato nel sottogronda a fine falda dove convogliano tutte le acque piovane che penetrando all'interno delle celle creano fenomeni di cortocircuito.



Le connessione lente del telaio e la particolare collocazione dei pannelli situati al termine della falda possono creare infiltrazioni di acqua che nel tempo possono generare, durante il funzionamento, significative correnti di cortocircuito in grado di innescare i pannelli (vedi figura precedente).



Un **secondo rischio di incendio** dei pannelli FTV è dovuto al fenomeno cosiddetto di *“hot spot”*, ovvero al riscaldamento localizzato. Nei moduli, è impossibile che tutte le celle fotovoltaiche siano perfettamente identiche, a causa di inevitabili lievi differenze in fase di fabbricazione. Inoltre può anche accadere che una parte del campo FTV sia in ombra, o anche semplicemente più sporca (presenza di foglie, polvere): perciò, due stringhe di moduli collegate in parallelo non avranno mai perfettamente la stessa tensione. Di conseguenza, si potrebbe verificare una corrente interna inversa che potrebbe provocare danni o surriscaldamenti localizzati: *l’hot spot*. Per evitare ciò nei circuiti elettrici si inseriscono appositi diodi: la mancanza dei diodi, ovvero il posizionamento di diodi in numero o di caratteristiche insufficienti, ovvero il loro posizionamento scorretto ovvero, la scelta di materiale non idoneo, ecc. sono tutti fattori che possono provocare l’hot spot, con conseguente rischio di innesco.



In questo punto per particolari condizioni il pannello si è surriscaldato ed ha preso fuoco.

La sporcizia che ricopre un tratto del pannello provoca il fenomeno dell’hot spot con conseguente cambio di “mansione” delle celle oscurate, che da generatori diventano utilizzatori con successivo ed eccessivo surriscaldamento.



Vediamo in maggior dettaglio quali sono le conseguenze del fenomeno dell'ombreggiamento. Le celle sono collegate in serie. L'ombreggiamento di una singola cella diminuirebbe il flusso della corrente in tutte le altre celle. Nel caso non sia presente ombreggiamento la corrente totale che fluisce nella serie è circa pari alla corrente delle singole celle e la tensione è la somma delle tensioni delle singole celle.

Nel caso, invece, di ombreggiamento di una o più celle, la cella ombreggiata diventa un utilizzatore e consuma energia, dissipando la potenza generata dalle altre celle non ombreggiate. Si va incontro, così, al cosiddetto fenomeno dell'“hot spot”, ovvero del surriscaldamento con relativo rischio di danneggiamento irreversibile delle celle in ombra. I costruttori dei moduli fotovoltaici inseriscono i diodi di by-pass nella scatola di collegamento, allo scopo di “cortocircuitare” ogni singolo gruppo di celle in caso di ombreggiamento. Una tale tecnica di protezione per ogni cella è costosa; in pratica il diodo si connette in parallelo a gruppi di celle in serie (18-24-36) formanti un modulo.



L'incuria, la scarsa manutenzione e la sporcizia portano ad un oscuramento delle celle fotovoltaiche comportando fenomeni simili a quello dell'ombreggiamento.



A scopo didattico è possibile affermare che, da un'analisi e da un esame approfondito degli incendi originati dai pannelli fotovoltaici, l'andamento del fronte di fiamma avviene in modo ellittico con effetto domino del pannello che, incendiatosi, si propaga ai pannelli confinanti.





Un altro dei punti deboli dell'impianto FV è rappresentato dai cavi che, con la perdita di isolamento, possono provocare archi elettrici lungo le tratte tra i pannelli i quadri stringa o gli inverter.



Guaina deteriorata con perdita del potere isolante

In particolare i cavi devono essere resistenti ai raggi UV ed alle alte temperature (sono posizionati al sole!), essere di sezione adeguata ed essere correttamente collegati.



Cavo solare danneggiato con altissima probabilità di sviluppare arco voltaico

L'analisi del ROS deve tenere in conto anche il degrado delle proprietà elettriche dei materiali isolanti dei cavi e dei connettori che vengono comunemente utilizzati in tale ambito, saranno gli elementi sottoposti all'analisi che deve finalizzarsi nella ricerca di eventuali cavi danneggiati con deterioramento dell'isolante causato sia da eventi atmosferici, da prolungata esposizione alla radiazione solare che da animali (roditori ecc.).

È infatti, possibile supporre che in particolari condizioni e dopo periodi prolungati di utilizzo, la guaina isolante dei cavi solari possa perdere le sue proprietà isolanti, scendendo al di sotto dei limiti previsti dalle norme. A causa di ciò, essa può divenire sede di pericolose scariche di perforazione, dovute alla degradazione dell'isolante: tali scariche oltre a comportare un disservizio in termini di efficienza energetica del generatore fotovoltaico, potrebbero innescare pericolosi archi



in corrente continua in grado di rappresentare un innesco efficace per l'incendio dell'installazione e della struttura ove l'impianto è posizionato.



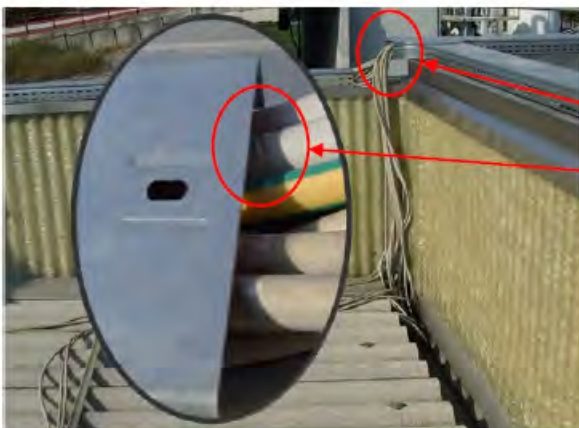
Potere delle punte, effetto spigolo di cavi solari su lamiera. Il deterioramento delle guaine in prossimità dell'angolo è assicurato



Corrugati e cavi solari danneggiati



Fattore di riempimento delle canale non rispettato



Cavi in parallelo gravanti sulla lamiera danneggiando l'isolamento

Si raccomanda perciò, di ispezionare attentamente tutte le tratte in cui le canale raccolgono i cavi e tutti quei punti dove i conduttori sono posizionati al fine di verificare l'integrità degli stessi, come si evince dall'immagine sopra riportata.



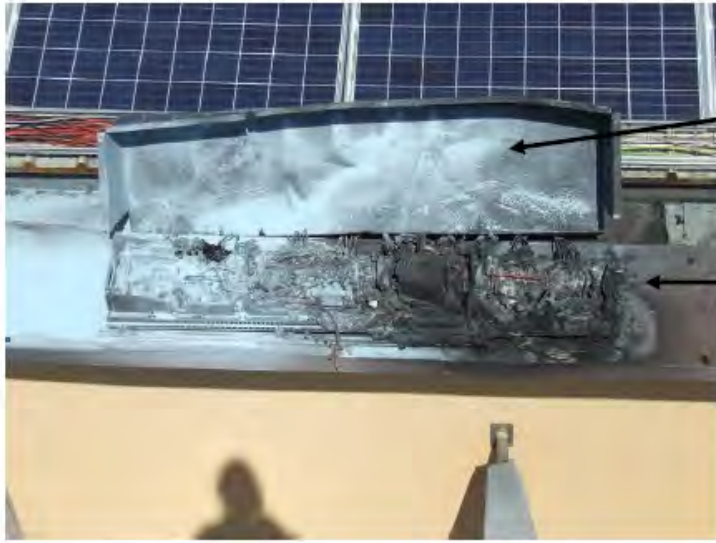
Particolare attenzione dovrà essere posta ai fattori di riempimento non rispettati (canaline troppo piene), ai tratti ad angolo retto su protezioni in lamiera che creano un effetto spigolo (nei mesi estivi con temperature elevate, danneggiano la guaina), all' incuria nel posizionamento dei conduttori tale da tagliare l'isolante sotto il proprio peso.



Conseguenza di cavi danneggiati che per arco voltaico hanno innescato la guaina bituminosa con incendio del fabbricato

Nell'immagine precedente, la perdita di isolamento di un conduttore ha portato ad avere un arco elettrico in corrente continua all'interno della canalina di alloggiamento. L'arco ha bucatato la lamiera ed innescato la guaina bituminosa utilizzata come isolante per la copertura dell'edificio.

Una **terza causa di incendio** è legata agli inneschi nelle "string box" (quadri stringa), dovuti a fenomeni di surriscaldamento per scarsa ventilazione, errata installazione (componenti elettrici posizionati sul tetto in involucri metallici che possono raggiungere temperature critiche).



Quadro stringa chiuso in scatola metallica su gronda di lamierino, in estate l'esposizione al sole sommata al calore prodotto durante il funzionamento porta i componenti ed i cavi al raggiungimento di temperature critiche che in campo elettrico si raggiungono superando gli 80 gradi.



Quadro stringa incendiatosi con coinvolgimento dell'inverter posizionato a lato.



CONNETTORI BRUCIATI



Quadro di stringa con connettori mal cablati e con la presenza di un pannello anteriore in plexiglas trasparente che ne procurava lo schiacciamento ed il conseguente arco voltaico alimentato dai pannelli.

ARCO VOLTAICO



**QUADRO STRINGA
POSIZIONATO NEL
SOTTOTETTO
DELL'AZIENDA**

Pannelli isolanti in poliuretano (infiammabili)

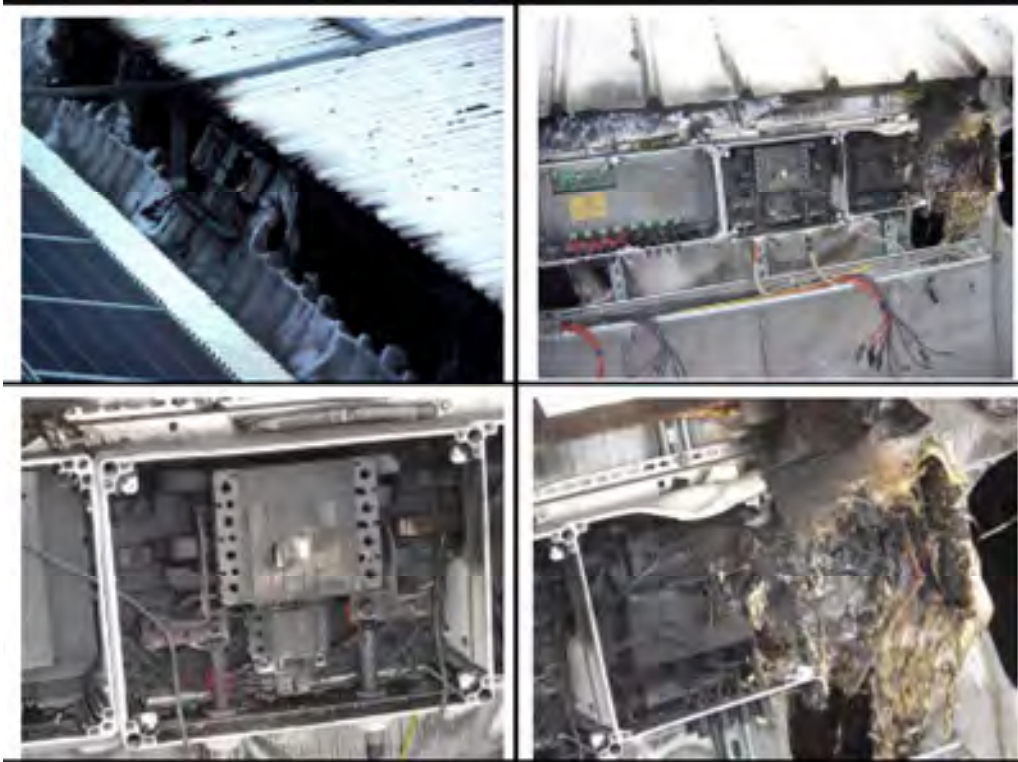


Nell'effettuare il sopralluogo, il ROS deve tener conto che l'installatore, durante la realizzazione dell'impianto, può aver commesso taluni errori. Un esempio è quello proposto nelle immagini sopra riportate, dove è possibile vedere un pannello in plexiglas va a comprimere in modo anomalo i connettori all'interno di un quadro stringa provocando fiamme e bruciature all'interno dello stesso. I quadri stringa erano, inoltre, posizionati al di sopra di pannelli in poliuretano che avrebbero potuto essere innescati facilmente dall'incendio del quadro di campo.

E' appena il caso di rammentare che, durante il sopralluogo post- incendio, il ROS dovrà ispezionare tutto l'impianto ripercorrendo ed analizzando ogni parte dello stesso dal generatore (pannello) e andando a ritroso, fino al punto di consegna e di scambio dell'energia.



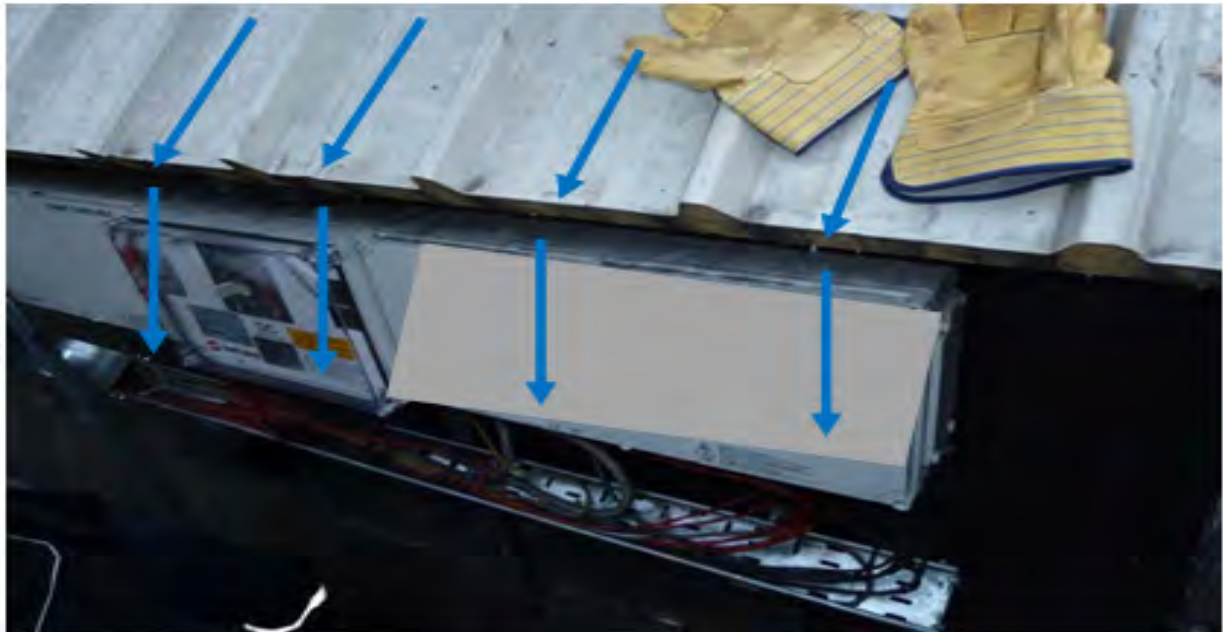
In queste immagini, le connessioni difettose all'interno del quadro stringa hanno provocato l'incendio dello stesso.



Questa serie di immagini sono relative ad un incendio nelle string box che, propagatosi poi all'interno dello stabile, ha provocato la distruzione dell'intero fabbricato industriale.

La causa dei guasti dei quadri di stringa è da ricercarsi nella presenza di acqua all'interno degli stessi, a sua volta causata da due gravi errori costruttivi e di installazione:

- il posizionamento dei quadri esattamente alla fine della falda del tetto, in posizione tale da raccogliere grandi quantità di acqua in caso di pioggia,
- il basso grado di protezione IP dei quadri di stringa ne riduce la protezione all'acqua.



La quasi totalità dei quadri stringa e degli inverter installati hanno un grado di protezione **IP 65**, che come si evince dalla tabella sottostante non resiste a forti getti di acqua.

| 1° CIFRA : PENETRAZIONE DEI SOLIDI | | 2° CIFRA : PENETRAZIONE DEI LIQUIDI | |
|------------------------------------|---|-------------------------------------|--|
| 0 | Non protetto | 0 | Non protetto |
| 1 | Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50mm di \varnothing | 1 | Protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua |
| 2 | Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12mm di \varnothing | 2 | Protetto contro la caduta di gocce d'acqua con inclinazione max di 15° |
| 3 | Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2,5mm di \varnothing | 3 | Protetto contro la pioggia con inclinazione max di 60° |
| 4 | Protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1mm di \varnothing | 4 | Protetto contro gli spruzzi d'acqua |
| 5 | Protetto contro la polvere | 5 | Protetto contro i getti d'acqua con lanci da tutte le direzioni |
| 6 | Totalmente protetto contro la polvere | 6 | Protetto contro le ondate |
| LETTERA AGGIUNTIVA" | | 7 | Protetto contro gli effetti dell'immersione |
| A | Protetto contro l'accesso con il dorso della mano | 8 | Protetto contro gli effetti dell'immersione prolungata |
| B | Protetto contro l'accesso con dito | | |
| C | Protetto contro l'accesso con un attrezzo | | |
| D | Protetto contro l'accesso con un filo | | |



I quadri di stringa sono elementi in cui una volta innescatosi un cortocircuito le correnti iniettate vengono continuamente alimentate dal funzionamento dei pannelli stessi. Di conseguenza si viene a creare una circolazione continua di corrente che porta alla riaccensione dell'incendio.

Ciò può essere evitato solamente impedendo l'ingresso della corrente stessa nelle string box bruciate sezionando i cavi in ingresso ed i cavi in uscita.



Perciò, il ROS dovrà porre particolare attenzione ed ispezionare tutte le parti a possibile rischio.

Le string box non coinvolte dall'incendio devono essere verificate per escludere ulteriori rischi e per individuare quelle criticità che potrebbero aver dato origine al rogo (presenza di acqua, connessioni lente, ecc.).



Una **quarta causa di rischio** è costituita dall'inverter che, come tutti gli apparecchi di questo tipo, può surriscaldarsi. Di conseguenza se il suo sistema di raffreddamento non è stato correttamente dimensionato, esso può costituire fonte di innesco. Poiché l'inverter è normalmente ospitato in un apposito locale, l'innesco può facilmente propagarsi alle altre apparecchiature contenute nel medesimo locale.



Vicinanza dell'inverter a copertura combustibile



Possibili conseguenze



Inverter installati all'interno dei luoghi di lavoro a stretto contatto con i lavoratori e con strutture facilmente infiammabili. In giornate dove non vi è presenza di operai i pannelli posizionati sulla copertura irraggiati dal sole continuano a produrre, se vi fosse un problema elettrico all'inverter nessuno se ne accorgerebbe e l'incendio potrebbe facilmente propagarsi ai materiali adiacenti.



Tendaggi in viscosa nella parte superiore degli inverter.

Scatoloni contenenti fibre acriliche ammassati a contatto con gli inverter.



L'immagine mostra l'incendio sviluppatosi in un locale adibito all'alloggiamento degli inverter.



Come nel caso sopradescritto, che vedeva coinvolto i quadri stringa, anche in questa situazione, una volta estinto l'incendio è necessario sezionare i cavi che dalla canalina vanno verso l'inverter, evitando, così, che il funzionamento del generatore FTV continui ad alimentare il cortocircuito all'interno degli inverter stessi.



Mediante il sezionamento dei cavi, all'inverter non arriva nessuna alimentazione elettrica.



La presente pubblicazione è stata realizzata grazie all'impegno e all'elevata professionalità del **C.S.E. Andrea Foggetti**, in servizio presso il Comando provinciale dei Vigili del Fuoco di Cremona.

Un grazie particolare al **Dott. Ing. Massimiliano Sassi**, Libero Professionista ed esperto in impianti fotovoltaici ed in sicurezza elettrica, per il contributo tecnico fornito ed il materiale messo a disposizione.

Ing. Michele Mazzaro
Dirigente del Nucleo Investigativo Antincendi

Di seguito si allega, a titolo puramente esemplificativo, una scheda di raccolta dati creata in collaborazione con il Comando VVF di Milano e già utilizzata come statistica ad uso interno per raccogliere informazioni utili e dettagliate sia come ausilio all'Ufficio di P.G. e dei Capi Partenza e sia come banca dati.



| | | | | | |
|--|--|--|--|--|-------------|
|  | Comando Vigili del Fuoco di | | | | |
| | INTERVENTI IN PRESENZA DI PANNELLI FOTOVOLTAICI SCHEDA STATISTICA interna | | | | PV |
| | | | | | <i>Data</i> |

| | | | | | |
|-------|---|--|---|--|--|
| 1 | Data | Comune | Indirizzo | Sede VF | Scheda Intervento N° |
| 2 | Turno | Località | Ore | Piano/altezza | |
| 3 | Tipologia intervento <input type="checkbox"/> inc. copertura <input type="checkbox"/> verifica stabilità <input type="checkbox"/> verifica a seguito incendio <input type="checkbox"/> giorno <input type="checkbox"/> notte <input type="checkbox"/> alba <input type="checkbox"/> tramonto <input type="checkbox"/> impianto PV coinvolto parzialmente o totalmente <input type="checkbox"/> non coinvolto altro | | | | |
| 4 | Condizioni meteo <input type="checkbox"/> sereno <input type="checkbox"/> nuvoloso <input type="checkbox"/> pioggia <input type="checkbox"/> presenza di vento <input type="checkbox"/> mancanza di visibilità <input type="checkbox"/> presenza di ghiaccio | | | | |
| 5 | Tipologia struttura | Industriale <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Civile abitazione <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Altro | |
| 5 bis | Attività soggetta a CPI <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | CPI aggiornato dopo l'installazione dell'impianto PV <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Se presenti EFC sono state rispettate le distanze obbligatorie <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Se è presente abbaino si è rispettato lo spazio libero per l'uscita in sicurezza <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | |
| 6 | Caratteristiche struttura | Cemento armato <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Cemento Misto legno <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Legno <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | |
| 7 | Lastre in ca <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Tegole <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Pannelli coibentati <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Pannelli lamiera <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | |
| 8 | Intervento con ausilio di scala all'Italiana <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | | Con autoscala <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | | Dall'interno <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no |
| 9 | Probabili cause * | accidentale <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Naturale <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Volontario <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | |
| 10 | Tipologia della copertura | Falda unica <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Inclinata/e <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | | A volta <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no |
| 11 | Altro..... | | | | |



| | | | | | |
|--------|--|--|--|--|----------------------|
| 1 | Data | Comune | Indirizzo | Sede VF | Scheda Intervento N° |
| 11 bis | Vi è presenza di canne fumarie/camini/canne collettive ramificate vicino ai pannelli <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | | | | |
| 12 | Tipologia di spegnimento | <input type="checkbox"/> acqua <input type="checkbox"/> acqua da autoscala/scala <input type="checkbox"/> estintori <input type="checkbox"/> frazionata <input type="checkbox"/> getto pieno <input type="checkbox"/> altro | | | |
| 13 | Tipologia dei pannelli | Mono/policristallino <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Amorfo <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Impianto innovativo <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | |
| 14 | Si è potuto identificare la presenza di pannelli fotovoltaici sulla copertura <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | | | I pannelli erano occultati <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | |
| 15 | Numero di pannelli totali Marca | Numero di pannelli coinvolti Numero di pannelli smontati | Numero di cavi tagliati Punto del taglio | Assistenza installatore Sig. della ditta | |
| 16 | Era visibile e fruibile il punto di accesso alla copertura <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no Erano presenti i cartelli di impianto in tensione nelle ore diurne <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | | | I pannelli hanno subito rottura <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | |
| 17 | Si è riusciti ad identificare il punto d'innescio <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Punto d'innescio <input type="checkbox"/> Pannelli PV <input type="checkbox"/> Quadri stringa <input type="checkbox"/> Inverter <input type="checkbox"/> Quadri alternata <input type="checkbox"/> Contatore <input type="checkbox"/> Canalina cavi da a | | Numero di inverter Marca | |
| 18 | Si è riusciti ad identificare ed agire sui contatori <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Si è riusciti ad identificare ed agire sui quadri generali <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no | Ci sono stati reali rischi per la sicurezza del personale <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> no specificare nel dettaglio | | |



| 1 | Data | Comune | Indirizzo | Sede VF | Scheda Intervento N° |
|--------------------------------|------|--------|-----------|---------|----------------------|
| <p>Note</p> <p>.....</p> | | | | | |

NB (*) si precisa che le indicazioni qui riportate non saranno indicazioni utili ad alcun accertamento ne saranno parte integrante di quanto riportato nella scheda d'intervento.

Capo reparto Capo squadra Nome Cognome

NON DIVULGABILE - uso interno

Firma

data

NON DIVULGABILE – USO INTERNO NON DIVULGABILE – USO INTERNO NON DIVULGABILE – USO INTERNO