



**Piano Nazionale di  
Ripresa e Resilienza**

Regione Piemonte

Comune di Val di Chy (TO)

Intervento di manutenzione straordinaria con  
efficientamento energetico impianti ex sportivi  
comune di Val di Chy - Sez Alice Superiore  
CUP G14J22000840006

## **Relazione tecnica impianto fotovoltaico**

## **Tav 1.2**

Progetto Esecutivo  
Luglio 2023

Committente

Comune di Val di Chy  
Via Aosta, 7  
10039 Val di Chy (TO)

Tecnico incaricato

Alessandro Salato  
[ingegnere]



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



## **Relazione tecnica – Impianto fotovoltaico**

Oggetto	Intervento di manutenzione straordinaria con efficientamento energetico impianti ex sportivi Comune di Val di Chy – sez. Alice Superiore
Comune	Val di Chy (TO)
Indirizzo	Regione Canapre Superiore, 4 – 10039 Val di Chy (TO)
Richiedenti	<b><u>Amministrazione Comunale di Val di Chy</u></b> con sede presso Via Aosta, 7 – 10039 Val di Chy (TO) C.F. 93048750017 – P.Iva 12041760013 Sindaco pro tempore: <b><i>Michele Gedda</i></b> nato a Pecco (TO) il 11/02/1954
CUP	G14J22000840006

### **1. Premessa**

Con l'intervento in esame il Comune di Val di Chy intende procedere alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile sulla copertura del fabbricato presente presso gli impianti sportivi dell'abitato di Alice Superiore.

Tale impianto risulterà connesso alla rete elettrica di distribuzione con punto di consegna BT 400V e accederà alla convenzione GSE di Scambio Sul posto Altrove (SSA).

Il ricorso a tale tecnologia nasce dall'esigenza di coniugare:

- la compatibilità con esigenze architettoniche e di tutela ambientale;
- nessun inquinamento acustico;
- effettivo risparmio di combustibile fossile;
- produzione di energia elettrica senza emissioni di sostanze inquinanti;
- un tangibile risparmio nella fornitura dell'energia elettrica.

### **2. Normativa di riferimento**

Gli impianti devono essere realizzati a regola d'arte, come prescritto dalle normative vigenti ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37. Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono essere in accordo con le norme di legge e di regolamento vigenti ed in particolare essere conformi:

- alle prescrizioni di autorità locali, comprese quelle dei VV.F.;
- alle prescrizioni e indicazioni della Società Distributrice di energia elettrica;
- alle prescrizioni del gestore della rete;
- al D. Lgs n° 81 del 09/04/2008 e s.m.i.;
- al D. M. n° 37 del 22/01/2008;
- alle norme CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano): CEI 11-20; CEI EN 61727; CEI EN 62093; CEI EN 61000-3-2; CEI EN 60555-1; CEI EN 60439-1-2-3; CEI EN 60445; CEI EN 60529; CEI EN 60099-1; CEI 20-19; CEI 20-20; CEI 64-8; CEI EN 61439-1/2; CEI EN 62305; CEI EN 60904-1/2; CEI EN 61727; CEI EN 61215; CEI 20-19; CEI 20-20; CEI EN 61724; CEI 82/25; CEI 0-21; CEI 64-8;

### **3. Sito di installazione e componenti dell'impianto**

Il campo fotovoltaico risulterà installato sul manto di copertura del fabbricato facente parte dell'ex impianto sportivo dell'abitato di Alice Superiore, nel comune di Val di Chy. La copertura dell'immobile ha una struttura portante in travi e listellatura lignei, su cui poggia il manto realizzato con tegole in cemento avente finitura scura.

La copertura dispone di due ampie falde aventi inclinazione rispetto al piano orizzontale stimabile in circa 20° e orientazione opposta rispetto al sud. La falda sud gode di una ottima insolazione e non presenta ostacoli significativi che possano limitare la superficie utile ai fini dell'installazione di un impianto fotovoltaico. La falda nord, data l'esposizione non ottimale, non è stata considerata in sede di progetto per la posa dei moduli fotovoltaici.

Attualmente i locali sottostanti sono adibiti in parte ad attività ristorativa ed in parte a spogliatoi a servizio dei campi da gioco. Tali attività paiono non essere ricomprese nel campo di applicazione delle normative in termini di prevenzione del rischio incendi. Non potendo tuttavia escludere modifiche future della destinazione d'uso dei locali ed al fine di tutelare il Comune di Val di Chy la progettazione contemplerà il rispetto delle prescrizioni VV.F. riportate nella Nota 1324 del 07/02/2012 del Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del soccorso pubblico e della difesa civile "Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici – edizione anno 2012".

I componenti dell'impianto fotovoltaico collegato in parallelo con la rete sono:

- Moduli fotovoltaici in silicio monocristallino
- Strutture di appoggio e sostegno dei moduli fotovoltaici
- Quadri elettrici di sezionamento lato corrente continua
- Convertitore CC/CA (Inverter)
- Quadri elettrici di manovra e protezione lato corrente alternata
- Cavi elettrici e cablaggio posati entro canalizzazioni
- Gruppi di misura dell'energia prodotta (M2) e scambiata con la rete (M1)

### **3.1 Moduli Fotovoltaici in silicio monocristallino**

Il campo fotovoltaico sarà composto da 28 moduli in silicio monocristallino di potenza nominale unitaria pari a 420 W, per una potenza nominale complessiva pari a 11,76 kWp. Nel caso di difficoltà nel reperimento sul mercato fotovoltaico di tale specifico prodotto, in relazione alla veloce evoluzione dei moduli disponibili in commercio, sarà mandatorio il rispetto della potenza nominale totale dell'impianto, intesa come potenza minima da garantire.

Caratteristiche mandatorie dei moduli fotovoltaici saranno:

- Celle in silicio monocristallino con almeno 5 bus bar
- Potenza nominale 420 W con tolleranza esclusivamente positiva
- Garanzia di almeno 12 anni contro i difetti di fabbricazione e almeno 25 anni sulle prestazioni
- Resistenza a carico di prova statico frontale non inferiore a 5400 Pa
- Elevata resistenza al PID
- Tensione di esercizio massima non inferiore a 1000 V
- Certificazione ISO 9001, ISO 14001 e ISO 17025
- Certificazione IEC 61215
- Conformità CE
- Certificazione in classe 1 di resistenza al fuoco

### **3.2 Strutture di appoggio e sostegno dei moduli fotovoltaici**

I moduli fotovoltaici saranno installati in copertura tramite sistema di fissaggio specifico per applicazioni fotovoltaiche su tetti inclinati con estradosso in tegole. Tale sistema è composto da:

- Ganci sottotegola in alluminio/acciaio legato/acciaio inossidabile regolabili in altezza in almeno un punto e fissati agli elementi portanti di copertura tramite viti autopercoranti
- Profili sagomati in alluminio per il raccordo tra i ganci sottotegola e i moduli fotovoltaici, collegabili tra loro tramite specifici elementi congiuntori
- Morsetti di ancoraggio in alluminio anodizzato per il corretto fissaggio dei moduli fotovoltaici, comprensivi di boccole filettate in acciaio inox

Ogni variante di prodotto che dovesse rendersi eventualmente necessaria in ragione delle difficoltà di reperimento dei materiali nell'attuale congiuntura del mercato dovrà essere preliminarmente approvata dalla Direzione Lavori, per garantire il rispetto dei parametri fondamentali per la verifica statica della soluzione in ragione delle caratteristiche della copertura.

### **3.3 Quadri elettrici di sezionamento lato corrente continua**

Lungo la facciata nord del fabbricato, in prossimità dell'inverter, sarà installato apposito quadro elettrico di sezionamento, necessario per garantire la corretta manutenzione dell'impianto in caso di necessità. Tale quadro avrà grado di protezione non inferiore a IP65 e conterrà un portafusibile con

due fusibili 16A 1000V DC ed uno scaricatore di sovratensione di tipo II per ogni circuito elettrico in corrente continua presente.

### **3.4 Convertitore CC/CA (Inverter)**

Il gruppo di conversione sarà posizionato lungo la facciata nord, in posizione protetta da intemperie e in luogo non usualmente frequentato da personale non autorizzato. Tale soluzione consente di limitare l'esposizione diretta ai raggi solari dell'inverter, condizione ottimale per escludere un surriscaldamento e per garantire maggiore una vita utile della macchina.

L'inverter avrà queste caratteristiche:

- Presenza di due inseguitori di potenza indipendenti (MPPT)
- Ampio range di tensione degli MPPT per il funzionamento a pieno carico
- Tensione massima in ingresso lato corrente continua non inferiore a 900 V
- Dotazione a bordo macchina delle protezioni contro le sovratensioni lato corrente continua e corrente alternata
- Dotazione a bordo macchina di organi per il sezionamento lato corrente continua
- Tensione di uscita BT Trifase 400V
- Potenza nominale CA non inferiore a 10 kW
- Predisposto per il monitoraggio da remoto, senza la necessità di datalogger esterni aggiuntivi
- Garanzia di almeno 5 anni contro i difetti di fabbricazione
- Grado di protezione ambientale non inferiore a IP65
- Assenza di trasformatore di isolamento
- Conforme CEI 0-21:2022-03 o successive versioni che dovessero essere rilasciate tra la redazione del presente progetto e la messa in esercizio effettiva dell'impianto fotovoltaico

### **3.5 Quadri elettrici di manovra e protezione**

Lungo la parete nord del fabbricato, in posizione prossima all'inverter, sarà installato il quadro elettrico di manovra e protezione in corrente alternata, con grado di protezione almeno IP65, che ospiterà al proprio interno:

- Dispositivo Di Generatore (DDG): interruttore magnetotermico 4 poli, 20A curva C, potere di interruzione 10 kA
- Interruttore magnetotermico a protezione della linea del pulsante di sgancio in emergenza: 2 poli, 10A curva C, potere di interruzione 10kA
- Dispositivo Generale fotovoltaico (DG): interruttore magnetotermico 4 poli, 20A curva C, potere di interruzione 10kA, con blocco differenziale tipo A, corrente differenziale 0,3A e accessoriato con bobina di sgancio a lancio di corrente
- Scaricatore di sovratensione lato corrente alternata (SPD) tipo II, In = 20 kA

### **3.6 Cavi elettrici e cablaggio**

Il collegamento dei moduli all'inverter in corrente continua sarà realizzato con cavi H1Z2Z2-K (cavo unipolare flessibile stagnato con isolamento e guaina realizzati con mescola elastomerica senza alogeni non propagante la fiamma) di sezione 6 mmq, resistenti ai raggi UV rispondenti alla normativa CPR di colorazione rossa e nera.

Le linee elettriche in corrente alternata dall'inverter al quadro elettrico e dallo stesso al contatore di misura saranno realizzate con cavo in rame FG16R16 di sezione pari a 4 mmq, dimensionato per c.d.t inferiori al 3%, sulla potenza del generatore fotovoltaico e coordinato con l'interruttore DDG installato all'interno del quadro stesso.

Le connessioni in corrente alternata secondarie (circuito di emergenza) saranno invece realizzate con cavo in rame FG16OR16 di sezione inferiore (2x2,5) mmq.

Per maggiori dettagli si rimanda allo schema elettrico allegato.

### **3.7 Canalizzazioni**

I cavi lato corrente continua utilizzati per il collegamento tra le stringhe del campo elettrico fotovoltaico e l'inverter saranno posti in opera dapprima all'interno di tubazione plastica armata resistente ai raggi UV, con posa sottotegola, e quindi entro canalizzazione dedicata di sezione non inferiore a 50x50 mm, realizzata con lamiera in acciaio zincato a caldo (sono compresi le giunzioni, le curve, i coperchi, la presa di terra e le testate). La canalizzazione sarà fissata ad appositi supporti fissati alla facciata nord, lungo la quale sarà realizzata la discesa dei cavi dalla copertura.

La linea in corrente alternata sarà realizzata entro canalizzazione metallica per tutta la porzione visibile in facciata nord.

### **3.8 Gruppi di misura dell'energia prodotta (M2) e scambiata con la rete (M1)**

Per la contabilizzazione dell'energia elettrica prodotta e scambiata con la rete sarà richiesto il servizio di misura direttamente al Distributore di Rete.

#### **4. Prescrizioni V.V.F.**

##### ***4.1 Osservanza delle prescrizioni della circolare V.V.F. del 07/02/2012***

Con nota DCPREV prot n. 1324 del 7 febbraio 2012 e successiva nota prot n. 6334 del 4 maggio 2012 con oggetto: "Chiarimenti sulla Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici - Edizione 2012" il Comando Nazionale dei Vigili del Fuoco afferma che "Gli impianti fotovoltaici non rientrano fra le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi ai sensi del D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011" tuttavia "In via generale l'installazione di un impianto fotovoltaico (FV), in funzione delle caratteristiche elettriche/costruttive e/o delle relative modalità di posa in opera, può comportare un aggravio del preesistente livello di rischio di incendio".

Di seguito si riassumono i passaggi che comportano i necessari adempimenti:

- L'installazione di un impianto fotovoltaico a servizio di un'attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi richiede gli adempimenti previsti dal comma 6 dell'art. 4 del D.P.R. n. 151 del 1° agosto 2011.
- Si evidenzia che ai sensi del D.Lgs 81/2008 dovrà essere garantita l'accessibilità all'impianto per effettuare le relative operazioni di manutenzione e controllo.
- L'installazione dovrà essere eseguita in modo da evitare la propagazione di un incendio dal generatore fotovoltaico al fabbricato nel quale è incorporato. Tale condizione si ritiene rispettata qualora l'impianto fotovoltaico, incorporato in un'opera di costruzione, venga installato su strutture ed elementi di copertura e/o di facciata incombustibili (Classe 0 secondo il DM 26/06/1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10/03/2005). Risulta, altresì, equivalente l'interposizione tra i moduli fotovoltaici e il piano di appoggio, di uno strato di materiale di resistenza al fuoco almeno EI 30 ed incombustibile (Classe 0 secondo il DM 26/06/1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10/03/2005).
- In alternativa potrà essere effettuata una specifica valutazione del rischio di propagazione dell'incendio, tenendo conto della classe di resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture di tetti (secondo UNI EN 13501-5:2009 Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 5: Classificazione in base ai risultati delle prove di esposizione dei tetti a un fuoco esterno secondo UNI ENV 1187:2007) e della classe di reazione al fuoco del modulo fotovoltaico attestata secondo le procedure di cui all'art. 2 del DM 10 marzo 2005 recante "Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione" da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio.
- L'ubicazione dei moduli e delle condutture elettriche dovrà inoltre sempre consentire il corretto funzionamento e la manutenzione di eventuali evacuatori di fumo e di calore (EFC) presenti, nonché tener conto, in base all'analisi del rischio incendio, dell'esistenza di possibili vie di veicolazione di incendi (lucernari, camini, ecc.). In ogni caso i moduli, le condutture, gli

inverter, i quadri ed altri eventuali apparati non dovranno essere installati nel raggio di 1 m dagli EFC.

- Inoltre, in presenza di elementi verticali di compartimentazione antincendio, posti all'interno dell'attività sottostante al piano di appoggio dell'impianto fotovoltaico, lo tetto dovrà distare almeno 1 m dalla proiezione di tali elementi.

Relativamente alla pratica in oggetto, i moduli fotovoltaici saranno installati sulla copertura del fabbricato con le modalità descritte nel relativo paragrafo di competenza e per limitare l'aggravio del livello di rischio di incendio saranno adottate le seguenti misure di prevenzione e sicurezza:

- Nessuna linea elettrica dell'impianto fotovoltaico in corrente continua transiterà all'interno dei locali sottostanti. Le dorsali saranno posate entro canalizzazioni dedicate e separate dagli altri circuiti
- L'inverter sarà collocato all'esterno dei locali, così che una volta azionato il pulsante di sgancio entri istantaneamente in standby garantendo assenza di tensione sui morsetti AC
- I moduli fotovoltaici sono certificati in classe 1 di resistenza al fuoco (DM 10/03 del 2005)
- I moduli fotovoltaici rispetteranno la distanza minima di 1 metro da ogni EFC, camino o apertura esistente in copertura
- Saranno installati dispositivi di sgancio in emergenza sul lato AC, così da garantire il sezionamento delle linee in caso di azionamento del pulsante di sgancio
- L'area in cui verrà ubicato il generatore ed i suoi accessori sarà segnalata con apposita cartellonistica conforme al D.Lgs. 81/2008, e tale cartellonistica verrà installata ogni 5 metri per i tratti di condotta e riporterà la dicitura di seguito indicata:



#### 4.2 Sgancio di Emergenza

Secondo le prescrizioni della circolare VV.F. n° 1324 del 07/02/2012, l'impianto sarà dotato di apposito circuito di sgancio in emergenza azionabile tramite pulsante che sarà installato in posizione segnalata, concordata con la Direzione Lavori e facilmente accessibile.

Tutte le componenti caratteristiche dell'impianto FV (moduli fotovoltaici, cavi DC, inverter, quadro elettrico, cavi AC, contatore) saranno posizionati all'esterno del fabbricato principale.



## 5. CRITERI DI PROTEZIONE

L'impianto fotovoltaico descritto nella presente relazione è progettato al fine di assicurare:

- la protezione di persone e beni contro pericoli e danni derivanti dal suo utilizzo;
- il suo corretto funzionamento per l'uso previsto.

Sono quindi state adottate le seguenti misure di protezione, relativa alla protezione dai contatti diretti, indiretti, dalle sovracorrenti ed al sezionamento.

### 5.1 *Misure di protezione contro i contatti diretti*

Protezione totale contro i pericoli derivanti da contatti con parti in tensione, realizzata in conformità al cap. 412 della Norma CEI 64-8 mediante:

- Isolamento delle parti attive, rimovibile solo mediante distruzione ed in grado di resistere a tutte le sollecitazioni meccaniche, chimiche, elettriche e termiche alle quali può essere sottoposto nel normale esercizio;
- Involucri idonei ad assicurare complessivamente il grado di protezione IP XXB (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova) e, sulle superfici orizzontali superiori a portata di mano, il grado di protezione IP XXD (parti in tensione non raggiungibili dal filo di prova)

A tal fine saranno impiegati cavi a doppio isolamento (o cavi a semplice isolamento posati entro canalizzazioni in materiale isolante) e le connessioni verranno racchiuse entro apposite tubazioni e canalizzazioni con coperchio apribile mediante attrezzo.

### 5.2 *Misure di protezione contro i contatti indiretti lato AC*

Protezione contro i pericoli risultanti dal contatto con parti conduttrici che possono andare in tensione in caso di cedimento dell'isolamento principale, realizzata sul lato a 400 V AC dell'impianto mediante l'interruzione automatica dell'alimentazione secondo il paragrafo 413.1 della norma CEI 64.8, collegando all'impianto generale di terra tutte le masse presenti negli ambienti considerati ed impiegando interruttori automatici, il tutto coordinato in modo da soddisfare la condizione di cui all'art. 413.1.4.2. della norma CEI stessa. Per quanto riguarda la protezione dei contatti indiretti sul lato corrente alternata, tutti i dispositivi elettrici connessi e quindi anche degli inverter ed i componenti del quadro di interfaccia, fanno parte dello stesso sistema elettrico classificabile come TN-S.

Quindi la protezione contro i contatti indiretti è assicurata dai seguenti accorgimenti:

- collegamento al conduttore di protezione PE delle masse interne ed estranee dell'impianto;
- utilizzo di dispositivi di protezione a corrente differenziale di tipo "A".
- disconnessione automatica del circuito in accordo alla norma CEI 64-8/4

Il coordinamento della protezione dai contatti indiretti avviene tramite la verifica in ogni punto dell'impianto della seguente disequazione:

$$Z_s \cdot I_A \leq U_0$$

dove:

- $Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, il conduttore attivo fino al punto di guasto e il conduttore di protezione tra il guasto e la sorgente (in ohm);
- $I_a$  è la corrente di intervento in Ampère del dispositivo di protezione entro il tempo definito nella tabella seguente (in funzione della tensione nominale  $U_0$ ) per i circuiti terminali con correnti superiori a 32A, se si usa un interruttore differenziale  $I_a$  è la corrente differenziale nominale di intervento;
- $U_0$  è la tensione nominale verso terra in CA o in CC.

	$50V < U_0 \leq 120V$ S		$130V < U_0 \leq 230V$ S		$230V < U_0 \leq 400V$ S		$U_0 > 400V$ S	
Sistema	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.	c.a.	c.c.
TN	0.8	Nota 1	0.4	5	0.2	0.4	0.1	0.1

NOTA 1 Per le tensioni che sono entro la banda di tolleranza precisata nella Norma CEI 8-6 si applicano i tempi di interruzione corrispondenti alla tensione nominale.

NOTA 2 Per valori di tensione intermedi, si sceglie il valore prossimo superiore della Tabella 4.

NOTA 3 L'interruzione può essere richiesta per ragioni diverse da quelle relative alla protezione contro i contatti elettrici.

NOTA 4 Quando la prescrizione citata sia soddisfatta mediante l'uso di dispositivi di protezione a corrente differenziale, i tempi di interruzione della presente Tabella si riferiscono a correnti di guasto differenziali presunte significativamente più elevate della corrente differenziale nominale dell'interruttore differenziale [tipicamente  $5 I_{\Delta n}$ ].

### 5.3 Misure di protezione contro i contatti indiretti lato CC

Gli stessi accorgimenti sopra descritti sono efficaci anche per quanto riguarda la protezione dei contatti indiretti sul lato corrente continua, che è stato progettato in classe II di isolamento. La norma CEI 64-8 proibisce la messa a terra dei moduli fotovoltaici e delle strutture se i cavi e i moduli fotovoltaici sono in classe di isolamento II.

L'inverter senza trasformatore utilizzato è dotato di sistema misura della resistenza di isolamento in fase di avvio e di un sistema di misura della corrente verso terra durante il normale funzionamento.

### 5.4 Protezione dalle sovracorrenti

Protezione contro il riscaldamento anomalo degli isolanti dei cavi e contro gli sforzi elettromeccanici prodotti nei conduttori e nelle connessioni causati da correnti di sovraccarico o di cortocircuito, realizzata mediante dispositivi unici di interruzione (interruttori magnetotermici o fusibili) installati all'origine di ciascuna conduttura ed aventi caratteristiche tali da interrompere automaticamente l'alimentazione in occasione di un sovraccarico o di un cortocircuito, secondo quanto prescritto nel Cap. 43 e nella sez. 473 della Norma CEI 64-8 facendo riferimento alle tabelle CEI-UNEL relative alla portata dei Cavi in regime permanente.

Le sezioni dei cavi per i vari collegamenti sono state scelte in modo da assicurare una durata di vita soddisfacente dei conduttori e degli isolanti agli effetti termici causati dal passaggio della corrente elettrica per periodi prolungati in condizioni normali di funzionamento. Tutti gli interruttori automatici

magnetotermici e magnetotermici differenziali di tipo “A” previsti a monte di ogni conduttura, sul lato in corrente alternata, sono dimensionati in modo da proteggere i cavi sia dal sovraccarico, che dal cortocircuito.

Secondo la normativa CEI 64-8 le caratteristiche di funzionamento del dispositivo di protezione delle condutture elettriche dai sovraccarichi devono rispondere alle seguenti due condizioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \text{ ed } I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

dove:

- $I_b$  è la corrente di impiego;
- $I_n$  è la corrente nominale dell'interruttore;
- $I_z$  è la portata del cavo;
- $I_f$  è la corrente convenzionale di sicuro funzionamento.

Per la parte in corrente continua del sistema non si prevede la protezione dai sovraccarichi in quanto la massima corrente erogabile dal campo fotovoltaico nel punto di massima potenza è approssimabile, come valore, alla massima corrente che il campo è in grado di erogare (corrente di corto-circuito). È quindi condizione sufficiente alla verifica della protezione dal sovraccarico che

$$I_b \leq I_z$$

dove  $I_b$  corrisponde alla massima corrente erogabile dal campo fotovoltaico mentre  $I_z$  è la corrente in regime permanente della conduttura elettrica.

Per quanto riguarda il corto circuito nella sezione di impianto in corrente continua la protezione è assicurata dalla caratteristica di generazione tensione-corrente dei moduli fotovoltaici che limitano la corrente di cortocircuito ad un valore noto e di poco superiore alla corrente massima erogabile al punto di funzionamento alla massima potenza, con cui sono state dimensionate le condutture elettriche.

Per gli impianti in corrente alternata occorre proteggere le condutture elettriche dalle correnti di corto-circuito provenienti dalla rete. Bisognerà quindi verificare la condizione che:

$$I_{kMax} \leq P.d.i.$$

$$I^2 t \leq K^2 S^2$$

dove:

- $I_{kMax}$  = Corrente di cortocircuito massima
- P.d.i. = Potere di interruzione apparecchiatura di protezione
- $I^2 t$  = integrale di Joule per la durata del corto circuito in  $A^2 \cdot s$  cioè lasciata transitare nel cavo dalla corrente di corto-circuito.
- $K$  = costante dei cavi;
- $S$  = sezione del conduttore di protezione in  $mm^2$ .

In definitiva, analizzando le curve di intervento del dispositivo di protezione scelto, le sezioni dei cavi adottate, e le correnti di corto-circuito presunte nel punto di consegna dell'energia dovrà verificarsi che in condizioni di corto-circuito l'energia lasciata transitare dal dispositivo di protezione, prima dell'intervento, non danneggi la conduttura elettrica interessata.

### 5.5 Caduta di tensione

$$\Delta V = K \times I_b \times L \times (R_l \cos \phi + X_l \sin \phi)$$

dove

- $I_b$  = corrente di impiego  $I_b$  o corrente di taratura  $I_n$  espressa in A
- $R_l$  = resistenza (alla TR) della linea in W/km
- $X_l$  = reattanza della linea in W/km
- $K = 2$  per linee monofasi - 1,73 per linee trifasi
- $L$  = lunghezza della linea

### 5.6 Temperatura a Regime

Il conduttore attraversato da corrente dissipa energia che si traduce in un aumento della temperatura del cavo. La temperatura viene calcolata come di seguito indicato:

$$T_R = T_Z \times n^2 - T_A (n^2 - 1)$$

dove

- $T_R$  = temperatura a regime espressa in °C
- $T_Z$  = temperatura massima di esercizio relativa alla portata espressa in °C
- $T_A$  = temperatura ambiente espressa in °C
- $n$  = rapporto tra la corrente d'impiego  $I_b$  e la portata  $I_z$  del cavo.

#### Verifiche Portata e Caduta di Tensione Cavi

Temperatura ambiente retro moduli	70	°C
Temperatura ambiente Canale	40	°C
Temperatura ambiente Cunicolo	30	°C
Potenza nominale modulo STC	420	W
Vmppt modulo STC	41,3	V
Imppt modulo STC	10,17	A

Tratta cavo	Sigla di designazione	Nr. moduli	Pmppt [Wp]	Vmppt [V]	rosso [metri]	nero [metri]	lunghezza [metri]	sezione [mmq]	Posa	nr. circuiti adiacenti	Portata [A]	$I_b$ [A]	resistenza linea [ohm]	C.d.t. [V]	C.d.t. cavi moduli [V]	C.d.t. %
1.1.1 - INV1	H1Z2Z2-K	14	5880	578,2	25	27	52	6	31	1	24,2	10,17	0,21	2,17	1,75	0,68%
1.2.1 - INV1	H1Z2Z2-K	14	5880	578,2	18	25	43	6	31	1	24,2	10,17	0,18	1,79	1,75	0,61%

Tratta cavo	Sigla di designazione	Potenza [W]	cosphi	Vn [V]	T regime [°C]	lunghezza [metri]	sezione [mmq]	Posa	nr. circuiti adiacenti	Portata [A]	$I_b$ [A]	resistenza linea [ohm]	C.d.t. [V]	C.d.t. %
INV1 - DDG	FG16R16	11760	1	400	40,97	5	4x4	12	0	45	16,99	0,0001	0,76	0,19%
DDG - M2	FG16R16	11760	1	400	40,97	5	4x4	12	1	45	16,99	0,0001	0,76	0,19%
M2 - DG	FG16R16	11760	1	400	40,97	5	4x4	12	1	45	16,99	0,0001	0,76	0,19%
DG - M1	FG16R16	11760	1	400	40,97	5	4x4	12	0	45	16,99	0,0001	0,76	0,19%