

# REGIONE MOLISE

**PROVINCIA DI CAMPOBASSO  
COMUNE DI MONTENERO DI BISACCIA  
Contrada Montebello snc**

**Impianto Agro – Fotovoltaico APIDOR**

## PROGETTO DEFINITIVO

Realizzazione impianto agro fotovoltaico denominato “APIDOR” con potenza di picco 12.480 kWp e potenza di immissione in rete 9.588 kW comprensivo delle opere di connessione alla rete di distribuzione 20kV

ELABORATO	<b>RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI E DIMENSIONAMENTO CAVI MT E BT</b>	DATA	22/11/2021
N° PAGINE: 21	SCALA: ---	LIVELLO PROG.: PD	
CODICE ELABORATO: <b>RS06REL0007A0</b>	ID E-DISTRIBUZIONE: <b>T0737896</b>		
<i>Valutazione di Impatto Ambientale</i>			

REVISIONI					
Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	22/11/21	EMISSIONE	COSTEN srl	ING. F. MULÈ	COSTEN srl

<p><b><u>Proponente</u></b></p> <p><b>QUANTUM PV 03 SRL</b> Via Mannelli n° 5 00019 Tivoli (RM) P.IVA 15940861006 PEC: <a href="mailto:quantumpv03@legalmail.it">quantumpv03@legalmail.it</a></p>	<p><b><u>Progettazione: Ing. F. Mulè</u></b></p> 
<p><b><u>Progettazione</u></b></p>  <p>Costen srl Via Ninni Cassarà, 15 91011 Alcamo (TP) C.F./P.IVA: 02804040810 <a href="mailto:info@costen.it">info@costen.it</a></p>	<p><b><u>Spazio riservato per le approvazioni</u></b></p>

Le opere previste nel presente progetto sono di pubblica utilità.

## **SOMMARIO**

- **INTRODUZIONE GENERALE E PREMESSA** **PAG.3**
- **DATI DI PROGETTO** **PAG.4**
- **NORME DI RIFERIMENTO** **PAG.5**
- **PRESCRIZIONI GENERALI DEI MATERIALI DA UTILIZZARE** **PAG.9**
- **CAVI ELETTRICI E DIMENSIONAMENTO** **PAG.10**
- **CALCOLO DEI CAVI ELETTRICI LATO CONTINUA "DC" E  
LATO ALTERNATA "AC IN MT E BT"** **PAG.12**
- **COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA** **PAG.16**
- **CABINA DI TRASFORMAZIONE** **PAG.18**

## RELAZIONE

### **INTRODUZIONE GENERALE**

#### **INTRODUZIONE**

L'impianto **agro fotovoltaico** oggetto della presente è composto da **n.5 sottocampi** di produzione di energia elettrica mediante **fonte rinnovabile solare attraverso la conversione fotovoltaica denominato "Apidor"**, della potenza di picco di **12.480,00 kWp** con potenza complessiva in immissione da **9.588,00 kW**, da installare a terra su terreno agricolo con strutture **ad inseguimento "tracker" mono-assiali**, in acciaio zincato, orientati con asse principale nord-sud e rotazione massima variabile tra  $-60^\circ$  (est) e  $+60^\circ$  (ovest), in modo da non modificare in maniera permanente l'assetto morfologico, geologico ed idrogeologico del sito d'installazione, con interspazi **minimi** fra le file di 5 m, ed altezza di circa 2,5 m dal piano di campagna, al fine di consentire la coltivazione ed evitare ombreggiamenti significativi tra i moduli che compongono le stringhe e con connessione dell'impianto alla rete elettrica pubblica (**grid-connected**), inoltre si precisa che gli impianti in esame del presente progetto effettueranno la cessione totale alla rete di distribuzione MT a 20kV dell'energia elettrica prodotta.

L'impianto agro fotovoltaico nella sua totalità sarà costituito da **650 stringhe** con ognuna **32 moduli** collegati in serie, nella sua globalità vi saranno pertanto **20800 moduli bifacciali tipo monocristallino da 600Wp ciascuno**, il sistema prevede **n. 48 inverter** di stringa trifase idonei all'installazione sul campo in prossimità delle stringhe ove convergeranno tutte le coppie di cavi lato cc configurate come da schema elettrico di progetto, gli inverter lato alternata saranno interconnessi in idoneo quadro elettrico generale di bassa tensione ubicato nella cabina elettrica di trasformazione.

L'area d'impianto sarà interamente recintata. La recinzione presenta caratteristiche di sicurezza e antintrusione ed è dotata da cancello carraio, per l'accesso dei mezzi di manutenzione e agricoli e del personale operativo. Essa è costituita da rete metallica fissata su pali infissi nel terreno.

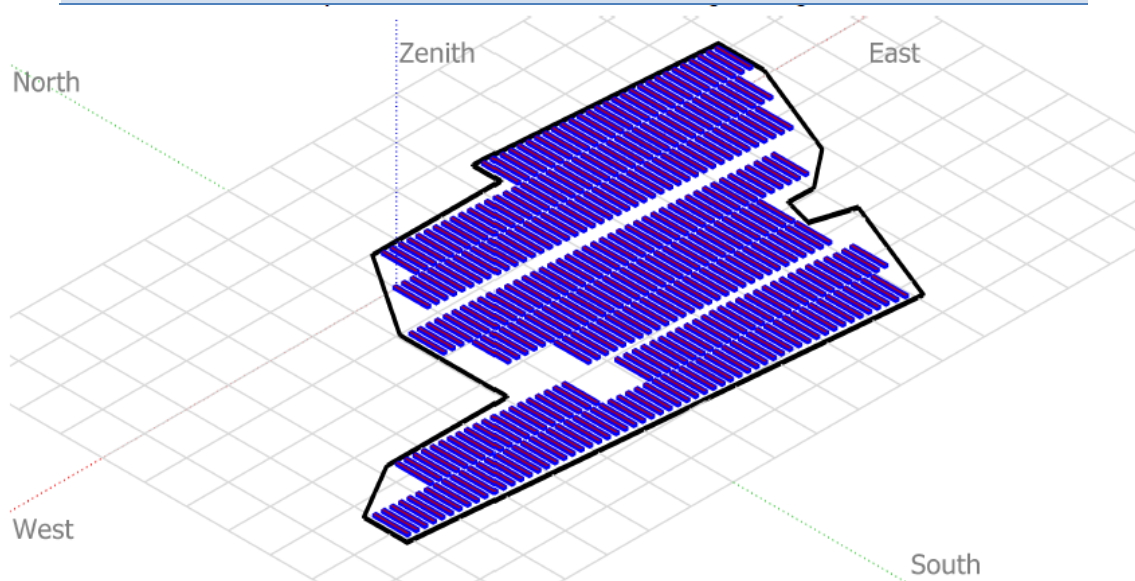
Relativamente ai criteri di progettazione dell'impianto sopra sinteticamente descritto si rimanda alla relazione specialistica dell'impianto fotovoltaico, elaborato n. RS06REL0009A0.

La stesura della stessa è necessaria in quanto gli interventi relativi all'impianto in oggetto rientrano nei limiti di progettazione obbligatoria ai sensi del DM 22 gennaio 2008 n.37.

## DATI DI PROGETTO

### DATI IDENTIFICATIVI DELL'IMPIANTO

<b>Soggetto Responsabile dell'Impianto:</b>	<b>QUANTUM PV 03 S.R.L.</b>
<b>Ubicazione dell'impianto:</b>	Comune di Montenero di Bisaccia (CB), Contrada Montebello, snc in catasto al foglio n° 10, particella n°58
<b>Latitudine:</b>	<b>42°1'17.25"N</b>
<b>Longitudine</b>	<b>14°46'48.17"E</b>
<b>Elevazione</b>	<b>80 m s.l.m.</b>



Il presente documento riporta le caratteristiche generali del progetto dei **cavi elettrici interni all'impianto fotovoltaico** ad **esclusione** del collegamento alla rete di media tensione a 20 kV come da TICA con codice di rintracciabilità n. **T0737896**, analizzati in relazione opere di connessione.

# Relazione campi elettromagnetici e dimensionamento cavi MT / BT interni al campo fotovoltaico

---

## 1. Leggi e Norme Tecniche di riferimento

Il presente progetto è predisposto ai sensi dei seguenti riferimenti per la realizzazione delle linee elettriche, in relazione all'insieme dei principi giuridici e delle norme che regolano la costruzione degli impianti ed in particolare:

### Per gli aspetti tecnici

Per quanto riguarda l'aspetto tecnico, le linee elettriche devono essere progettate, costruite ed esercite secondo le norme elaborate dal Comitato Tecnico 11 del Comitato Elettrotecnico Italiano che costituiscono disposizioni di legge.

I riferimenti legislativi sono:

- *Decreto Ministeriale 21 marzo 1988 e successivi aggiornamenti (DM 16/01/1991 e DM 05/08/1998): "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle Linee elettriche esterne";*
- *Decreto Ministero Infrastrutture 14/01/2008 – Norme tecniche per le costruzioni;*
- *Delibera ARG/elt 281/05, Delibera ARG/elt 179/08, Delibera ARG/elt 99/08;*
- *DPR 380/2001;*
- *D.Lgs n. 81 del 9 aprile 2008, D.Lgs 152/06, Legge 36/2001, Legge 163 163/2008, Legge 152/1999;*
- *DPCM 8 Luglio 2003;*
- *Legge 5 novembre 1971 n.1086;*
- *Decreto 29 Maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";*
- *Linee Guida per l'applicazione del DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee elettriche e cabine elettriche;*
- *D.M. n. 449 del 21/03/1988, D.M. 05/08/1998;*
- *DPR 21/06/1968;*
- *Norma CEI EN 61936-1 (CEI 99-2) "ex CEI 11-1": Impianti elettrici con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata";*
- *Norma CEI EN 50522 (CEI 99-3) Messa a terra degli impianti elettrici a tensione superiore a 1kV in c.a. e frequenze fino a 60Hz.*
- *Norma CEI 11-4 settembre 1998 e smi: "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne";*
- *Norma CEI 11-17 luglio 1997: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - linee interrate";*
- *CEI 0-16 ed. 04/2019: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT e MT delle imprese distributrici di energia elettrica;*

- CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione degli impianti elettrici;
- CEI 106-11 Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art.6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo;
- CEI 211-4 Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche;
- CEI 11-37 Guida per l'esecuzione degli impianti di terra di impianti utilizzatori in cui sono presenti sistemi con tensione maggiore di 1kV;
- Norma CEI 11-61 novembre 2000: "Guida all'inserimento ambientale delle Linee aeree esterne e delle stazioni elettriche";
- Decreto Legislativo 22 febbraio 2001, n° 36: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- Norma CEI 11-8 dicembre 1989: "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – impianti di terra e successive varianti";
- Norma CEI 103-6 dicembre 1997: "Protezione delle linee di telecomunicazioni dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto".
- Prescrizioni del Gestore di Rete DG2092 ed. 3: specifica tecnica, cabine secondarie prefabbricate o assemblate in loco MT/BT fuori standard per la connessione alla rete elettrica E-Distribuzione

## 2. Classificazione delle linee

La classificazione per le linee aeree è stabilita dalla norma CEI 11 – 4 e smi, resa legge dal decreto D.M.L.P. 21 Marzo 1988 n.449:

**Linee di 1ª classe:** sono linee di trasporto e distribuzione di energia elettrica con tensioni nominali di 1000 V, e linee in cavo per illuminazione pubblica con tensione nominale di 5000 V;

**Linee di 2ª classe:** sono le linee di trasporto e distribuzione di energia elettrica la cui tensione nominale è superiore a 1000 V, ma inferiore o uguale a 30 kV o a tensioni nominale superiore nelle quali il carico di rottura del conduttore di energia è superiore a 3.500 kg (3434 daN);

**Linee di 3ª classe:** sono le linee di trasporto e distribuzione di energia elettrica con tensione nominale superiore a 30 kV e nelle quali il carico di rottura del conduttore di energia è superiore a 3.500 kg (3434 daN)

**Nelle definizioni e classificazioni delle linee elettriche (D.M. 21/03/1988 e D.M. 05/08/1998) le linee interne all'impianto fotovoltaico da realizzare sono classificate LINEE DI 1ª CLASSE.**

# Relazione campi elettromagnetici e dimensionamento cavi MT / BT interni al campo fotovoltaico

## 3. Criteri di scelta del sito

La definizione dei tracciati delle linee sia lato continua (interconnessione moduli e inverter) che lato alternata (connessioni inverter e quadro elettrico di bassa tensione) sono state individuate in armonia con le leggi vigenti:

- in modo da utilizzare per le nuove installazioni percorsi in area di proprietà del Richiedente;
- tenendo conto dei vincoli esistenti sul territorio;
- in modo che le linee elettriche siano liberamente accessibili e che non comportino livelli inquinamento elettromagnetico alle persone al di sopra dei parametri di legge.

La posizione dell'impianto e delle linee elettriche interne sono stata scelte in modo da realizzare i necessari franchi sui fondi o nel caso di interferenze con altre infrastrutture (strade, autostrade, linee telegrafiche e telefoniche, ferrovie, canali, ecc.) applicando la complessa normativa che regola incroci e parallelismi.

## 1. Canalizzazioni

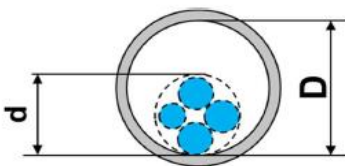
Per canalizzazione si intende l'insieme del canale, delle protezioni e degli accessori indispensabili per la realizzazione di una linea in cavo sotterraneo (trincea, riempimenti, protezioni, segnaletica).

La materia è disciplinata, eccezione fatta per i riempimenti, dalla Norma CEI 11-17. In particolare detta norma stabilisce che l'integrità dei cavi deve essere garantita da una robusta protezione meccanica supplementare, in grado di assorbire, senza danni per il cavo stesso, le sollecitazioni meccaniche, statiche e dinamiche, derivanti dal traffico veicolari (resistenza a schiacciamento) e dagli abituali attrezzi manuali di scavo (resistenza a urto).

La profondità minima per le strade ad uso pubblico è fissata da Nuovo Codice della Strada ad 1 m dall'estradosso della protezione del cavo; per tutti gli altri suoli e le strade di suo privato valgono i seguenti valori, dal piano di appoggio del cavo, stabiliti dalla norma CEI 11-17:

- 0,6 m (su terreno privato);
- 0,8 m (su terreno pubblico);

I cavi sotterranei sono posati in una tubazione ad alta resistenza (Tav. C2.1) previo scavo a sezione obbligata di larghezza pari a 40 cm e profondità di posa pari a 120 cm.



Il diametro interno del tubo e relativi accessori (curve, manicotti, ecc. ) non deve essere inferiore a 1,4 volte il diametro del cavo ovvero il diametro circoscritto del fascio (Norma CEI 11-17).

La posa dei cavi all'interno di un tubo in materiale plastico rivestito con bauletto in calcestruzzo, è limitata ai soli casi eccezionali dove è consentita la posa a profondità ridotta (art. 2.3.11-f norma CEI 11-17).

Questa tipologia di canalizzazione non richiede l'utilizzo di tubi con particolari caratteristiche meccaniche in quanto la resistenza è affidata al rivestimento protettivo in calcestruzzo, il quale deve essere realizzato rispettando lo spessore minimo prescritto di 100 mm in tutte le direzioni. Il calcestruzzo dovrà avere una classe di resistenza C12/15 (Rck 15 N/mm<sup>2</sup>).

Il tubo corrugato in conformità alle Norme di prodotto: CEI EN 50086 (1, 2-2, 2-4) ha una resistenza all'urto: 40 J (classe "N" normale), resistenza alla compressione: minima 450 N e marchio IMQ e marcatura CE (tav. M5.1). Successivamente alla posa lo scavo è riempito con inerti naturali e ripristinato

Il riempimento della trincea e il ripristino della superficie devono essere effettuati, in assenza di specifiche prescrizioni imposte dal proprietario del suolo, riportando i luoghi interessati allo stato originario. Il tutto, verrà realizzato a perfetta regola d'arte ed in conformità alle vigenti norme tecniche e di Legge che regolano tale materia, come risulta chiaramente illustrati negli allegati grafici che fanno parte della presente relazione tecnica.

## **Incroci fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati**

Va osservata la distanza minima di 0,3 m misurata tra le superfici affacciate sia nel caso in cui la tubazione metallica è sovrapposta che in quello in cui è sottopassante.

## **Parallelismi fra cavi di energia e tubazioni metalliche, interrati**

Nei parallelismi i cavi di energia e le tubazioni metalliche devono essere posati alla maggiore distanza possibile fra loro. In nessun tratto la distanza, misurata in proiezione orizzontale fra le superfici esterne di essi o di eventuali loro manufatti di protezione, deve risultare inferiore a 0,30m. Si può tuttavia derogare alla prescrizioni suddetta previo accordo fra gli esercenti:

- a) quando la differenza di quota fra le superfici esterne della struttura interessate è superiore a 0,50m;
- b) quando tale differenza è compresa tra 0,30 - 0,50 m, ma si interpongono fra le due strutture elementi separatori non metallici, nei tratti in cui la tubazione non è contenuta in un manufatto di protezione non metallico.

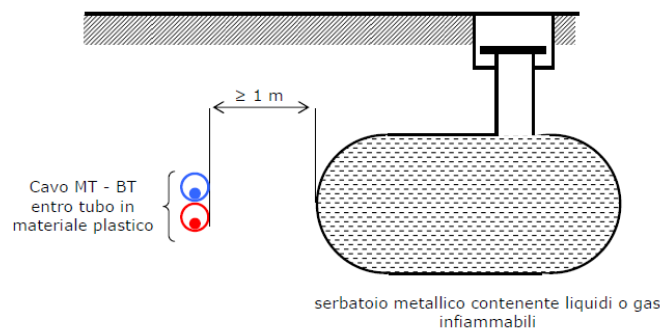
Non dovendo mai essere disposti nello stesso manufatto di protezione cavi di energia e tubazioni convoglianti fluidi infiammabili; per le tubazioni per altro uso, tale tipo di posa è invece consentito, previo accordo fra gli Enti interessati, purché il cavo di energia e le tubazioni non siano posti a diretto contatto fra loro. Per quanto applicabile, fare riferimento anche alla Norma CEI UNI 70029.

## **Coesistenza tra cavi energia e serbatoi di liquidi/gas infiammabili (Norme CEI 11 -17)**

Le superfici esterne di cavi di energia interrati non devono distare meno di 1 m dalle superfici esterne di serbatoi contenenti liquidi o gas infiammabili.

Si rammenta che deve comunque essere osservata la profondità minima di posa dei cavidotti.





## **PRESCRIZIONI GENERALI DEI MATERIALI DA UTILIZZARE**

I componenti elettrici, ovvero i materiali e le apparecchiature utilizzati, devono essere conformi alle prescrizioni di sicurezza devono essere realizzati e costruiti a regola d'arte, ovvero secondo le Norme CEI, alla normativa UNEL, alla normativa UNI, avere la marcatura CE: devono essere scelti in modo da non causare effetti nocivi sugli altri componenti o sulla rete di alimentazione.

I componenti degli impianti elettrici ed elettronici e gli apparecchi utilizzatori fissi devono essere installati in modo da facilitarne il funzionamento, il controllo, l'esercizio e l'accesso alle connessioni.

Particolare attenzione deve essere posta all'idoneità dei componenti elettrici installati conformi al luogo d'installazione.

Devono essere fornite targhe od altri mezzi appropriati di identificazione per indicare la funzione degli apparecchi di manovra e di protezione, a meno che non ci sia possibilità di confusione.

Per quanto riguarda l'identificazione dei conduttori dovranno essere rispettate le seguenti indicazioni volute dalle norme: - il bicolore giallo/verde per i conduttori di protezione ed equipotenziali, - il colore blu chiaro per il conduttore del neutro, - la norma non richiede colori particolari per i conduttori di fase si consiglia comunque di utilizzare i colori: nero, grigio, marrone.

**I tubi flessibili** in materiale isolante per posa sotto pavimento o interrate dovranno essere del tipo medio o pesante e dovranno essere protetti meccanicamente, i relativi pozzetti dell'impianto di messa a terra dovranno essere dotati di robusti chiusini ispezionabili.

**Le tubazioni per posa a vista** dovranno avere caratteristiche conformi alle tabelle CEI 23-8 tipo pesante, la raccorderia dovrà essere di tipo filettato e di conseguenza lo spessore dei tubi dovrà essere adatto; saranno accettati anche raccordi a pressatubo purché realizzanti un grado di tenuta idoneo.

**Eventuali canali metallici** portacavi dovranno essere costruiti in lamiera di acciaio pressopiegata e dovranno assicurare sia la continuità elettrica che magnetica e un grado di protezione esterno non inferiore a IP41, inoltre si dovrà prevedere il loro collegamento all'impianto di terra a mezzo cavo unipolare G/V da 6mm<sup>2</sup>, poiché nell'impianto potranno essere installate apparecchiature elettroniche quali a titolo di esempio videosorveglianza

e sistema antintrusione é preferibile che queste condutture siano posizionate ad un'adeguata distanza dalle condutture di energia, per problemi di compatibilità elettromagnetica quindi le canalizzazioni dovranno essere provviste di setti separatori per tenere separati i conduttori di energia da quelli di impianti elettronici.

Si raccomanda di prevedere la sfilabilità dei cavi; a tal fine si consiglia che il diametro interno dei tubi protettivi di forma circolare sia pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che essi sono destinati a contenere, con un minimo di 10 mm.

I conduttori utilizzati nell'impianto dovranno essere del tipo **non propaganti l'incendio e a ridotta emissione di gas corrosivi** secondo quanto previsto dalla norma CEI 20-22.

L'impresa installatrice dovrà essere abilitata ai sensi del DM 37/2008 e sarà tenuta a fornire il sistema completo e funzionante in ogni sua parte, includendo laddove necessario, parti di impianto non meglio definite ma necessarie per la perfetta funzione degli stessi conformemente alle norme vigenti.

## **CAVI ELETTRICI E DIMENSIONAMENTO**

Il dimensionamento dei conduttori è effettuato in conformità con le prescrizioni della Norma CEI 11-17, con le seguenti precisazioni:

I conduttori B.T. alimentanti utenze sono dimensionati come prescritto dalla Norma CEI 64-8, tenendo conto delle portate e delle cadute di tensione ammesse.

Si è tenuto conto altresì delle correnti di corto circuito possibili per la durata determinata dal tempo di intervento della protezione a monte. Dove la sezione del conduttore, tenendo conto dell'  $I^2t$ , è risultata superiore a quello desumibile dal carico nominale, il dimensionamento è stato adeguato in conseguenza.

I conduttori B.T. in partenza dai quadri principali/generali, risultano protetti dalla corrente di corto circuito, in qualsiasi punto del conduttore avvenga il corto stesso. Tutti gli altri conduttori in partenza da vari quadri sono invece protetti per la corrente di corto circuito ai terminali di arrivo dell'utenza alimentata.

La caduta di tensione massima ammessa tra i quadri, sottoquadri e punto di consegna non supera complessivamente il 4%. (Norma CEI 64-8/5, par.525).

La sezione dei conduttori è stata determinata tenendo conto di:

- corrente di impiego  $I_b$ ;
- corrente massima del dispositivo di protezione  $I_n$ ;
- corrente massima ammissibile dal conduttore in funzione delle condizioni di impiego, di posa e del tipo di cavo,  $I_z$ ;
- corrente convenzionale di funzionamento del dispositivo di protezione  $I_f$ ;
- massima caduta di tensione ammessa pari al 4%.

Le sezioni utilizzate sono risultate in accordo con le tabelle CEI-UNEL 35023 e 3502 in taluni casi anche sovradimensionati in maniera tale da ridurre le perdite per effetto joule considerando che a maggiore costo di installazione fa riscontro un minore costo di esercizio e quindi più producibilità per l'impianto.

## Protezione da sovraccarichi e da cortocircuiti.

La protezione contro i sovraccarichi e cortocircuiti è ottenuta nell'impianto in esame tramite interruttori automatici magnetotermici in grado di interrompere qualsiasi sovracorrente, sino alla corrente di cortocircuito presunta nel punto in cui sono installati.

Sono previsti interruttori di protezione in grado di interrompere le correnti di sovraccarico dei conduttori del circuito prima che tali correnti possano provocare un riscaldamento nocivo all'isolamento, ai collegamenti, ai terminali o all'ambiente circostante le condutture.

In modo da soddisfare le relazioni:  $I_b \leq I_n \leq I_z$ ;  $I_f \leq 1,45 I_z$

Dove è:

**$I_b$  = corrente di impiego nel circuito;**

**$I_z$  = portata in regime permanente della conduttura;**

**$I_n$  = corrente nominale del dispositivo di protezione;**

**$I_f$  = corrente che assicura l'effettivo funzionamento del dispositivo di protezione.**

La seconda relazione è soddisfatta automaticamente con l'uso di interruttori magnetotermici a norme CEI 23.3 o CEI 17.5.

La protezione dai cortocircuiti (effettuata con interruttori automatici) è garantita poiché l'energia specifica (**fig.1**), lasciata passare dall'interruttore durante il suo intervento, non supera quella sopportabile dal cavo.

Inoltre poiché conformemente alla norma CEI 64-8 il dispositivo di protezione contro i sovraccarichi è in accordo con le prescrizioni della Sezione 433 ed ha un potere di interruzione non inferiore al valore della corrente di cortocircuito presunta nel suo punto di installazione, si considera che esso assicuri anche la protezione contro le correnti di cortocircuito della conduttura situata a valle di quel punto.

*C = curva dell' $I^2t$  sopportabile dal cavo;*

*A = curva dell' $I^2t$  lasciato passare dall'interruttore automatico.*

*$I_{cc}$  = corrente di cortocircuito*

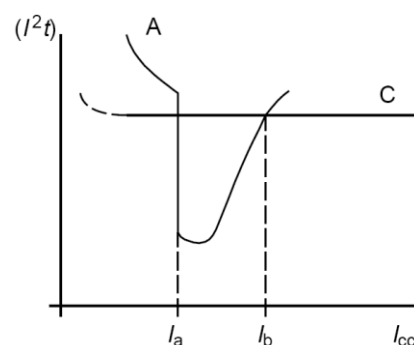


fig. 1

# Relazione campi elettromagnetici e dimensionamento cavi MT / BT interni al campo fotovoltaico

La corrente di cortocircuito calcolata che si produce per un guasto all'estremità della conduttura più lontana dal punto di alimentazione ( $I_{cc \text{ min.}}$ ) non è inferiore ad  $I_a$ :

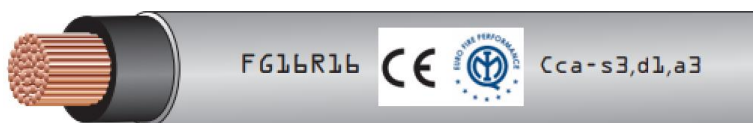
$$(I_{cc \text{ min}} \geq I_a)$$

La corrente di cortocircuito calcolata che si produce per un guasto franco all'inizio della conduttura ( $I_{cc \text{ max}}$ ) non è superiore ad  $I_b$ :

$$(I_{cc \text{ max}} \leq I_b)$$

## **Lato BT in AC - sistemi I Categoria, *connessione QBT parallelo inverter - Trasformatore***

Per il collegamento **dall'interruttore automatico Generale del quadro BT di bassa tensione al trasformatore** elevatore BT/MT saranno utilizzati cavi di idonea sezione, Fasi **3x2(1x400mm<sup>2</sup>)**, senza Neutro tipo FG16R16 per posa fissa, classificazione **CPR(UE) n°305/11 Cca-s3,d1,a3**, isolati in gomma etilenpropilenica alto modulo di qualità G16, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi, con **Tensione Nominale U0/U**: ca, 600/1000 V;



## **Lato BT in AC - sistemi I Categoria, *connessione inverter - DDG***

A vantaggio di minor perdite nei cavi di connessione per il collegamento **dagli inverter al quadro di bassa tensione di parallelo nei rispettivi DDG**, saranno utilizzati cavi di idonea sezione in posa interrata, tipo **ARG16R16 o similare** in alluminio per posa fissa, classificazione **CPR(UE) n°305/11 Cca-s3,d1,a3**, isolati in gomma etilenpropilenica alto modulo di qualità G16, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi, con **Tensione Nominale U0/U**: ca, 600/1000 V;

Dimensionamento dei conduttori elettrici per il **collegamento dagli inverter al quadro generale di cabina**

All'interno dell'impianto di produzione sono installati **n. 48** inverter trifase con:

<b>Tensione nominale di uscita (V)</b>	<b>800</b>
<b>Potenza nominale (kW)</b>	<b>200</b>
<b>Potenza apparente (kVA)</b>	<b>215</b>
<b>Corrente massima (A)</b>	<b>172</b>

La lunghezza della tratta più breve è di circa 30m

La lunghezza della tratta con maggior distanza è di circa 200m

# Relazione campi elettromagnetici e dimensionamento cavi MT / BT interni al campo fotovoltaico

---

Per una scelta d'installazione di uniformità dei cavi e reperibilità dei materiali si sono adottati dei cavi con sezioni calcolate per la tratta più gravosa con maggior distanza, a vantaggio complessivamente di minor cadute di tensioni e quindi per una maggior resa energetica dell'impianto.

Il tipo di posa utilizzato è interrato con protezione meccanica.

Di seguito il riepilogo della tratta e delle rispettive sezioni dei cavi:

## **Fasi 3x(1x120mm<sup>2</sup>) in alluminio tipo ARG16R16 0,6/1kV o similare**

Caduta di tensione per la tratta peggiore  $\leq 0,98 \%$

## ***Cavi elettrici di stringa in CC - sistemi I Categoria***

Per il collegamento **tra le tratte finali dei moduli che compongono la stringhe da 32 moduli ciascuno e gli inverter**, si prevede di utilizzare cavi unipolari con guaina per il cablaggio, in partenza dal primo ed ultimo modulo fotovoltaico, della serie (stringa), il cavo scelto deve essere di sezione **non inferiore a 6 mm<sup>2</sup>, tipo solare H1Z2Z2-K** flessibile, resistente ai raggi UV ed ozono, autoestinguente, privo di alogeni e resistente a basse e alte temperature con **Tensione Nominale U0/U: ca, 600/1000 V; cc, 900/1500 V;**

## **CONDIZIONI DI VALIDITA' PER I DIMENSIONAMENTI DEI CAVI SOPRA ESPOSTI**

Nella realizzazione impiegata per il dimensionamento della sezione del cavo in relazione al cortocircuito il valore dell' integrale di Joule ( $I^2t$ ) è stato calcolato assumendo per I il valore efficace della corrente di cortocircuito e per t la durata del cortocircuito stesso.

Quest' approssimazione è valida per cortocircuiti di durata superiore ad alcuni periodi. Nel caso di durate brevi ( $<0,1$  s) e di impiego di dispositivi di protezione del tipo limitatore il valore dell'integrale di Joule( $I^2t$ ) deve essere fornito dal costruttore del dispositivo di protezione.

Le formule impiegate per il calcolo delle cadute di tensione sono valide nell'ipotesi di carichi induttivi, caratterizzati da un fattore di potenza compreso tra 0,9 e 0,5.

I valori di resistenza impiegati per il calcolo delle cadute di tensione sono riferiti alla massima temperatura di funzionamento del cavo scelto.

## Lato MT – sistemi II Categoria

CARATTERISTICHE TECNICHE	
TENSIONE	12/20KV - 18/30KV
ISOLAMENTO	Isolamento in gomma, qualità G26
GUAINA ESTERNA	Termoplastica LSOH, qualità M16, colore rosso
TEMPERATURA	-15°C + 105 °C
NORMATIVA	CPR Cca-s1b,d1,a1
CONDUTTORE	Rame rosso rigido Classe 2
RAGGIO CURVATURA	12 x ø
SCHERMATURA TOTALE	-

### RG26H1M16 12/20 kV



#### NORMATIVE STANDARDS

COMPORTAMENTO AL FUOCO  
FIRE PERFORMANCE

EN 13501-1 | EN 50288-1 | EN 60332-1-2 | EN 60754-2 | EN 61634-2

REFERIMENTI STANDARD  
STANDARD REFERENCE

EN 50575:2014+A1:2016 | CEI UNEL 30204 | IEC 60502 (p.a.s.) | CEI 28-13 (HD 630) | CEI 28-340-1

### Tratto che collega l'impianto dal Dispositivo Generale al vano di consegna dell'Ente Gestore della Rete MT.

Per le connessioni dal quadro di Media Tensione a Protezione Generale e da quest'ultimo al punto di connessione con la rete MT di distribuzione si utilizzerà cavo con sezione **150 mm<sup>2</sup>** tipo **RG26H1M16** per posa fissa, classificazione **CPR(UE) Cca-s1b,d1,a1**, isolato in gomma etilenpropilenica alto modulo di qualità G26, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi, con **Tensione Nominale U0/U:** ca, 12/20 kV, inoltre poiché trattasi di cavo per sistemi di II categoria è dotato di una schermo o di una guaina metallica che verrà connessa a terra almeno ad una estremità del cavo (Norma CEI 11-17), come richiesto dalla Guida alle Connessioni, e verificato con il carico massimo di **304,71A a 20kV**. (il cavo per la sezione ed il tipo di posa adottato ha una portata massima nominale Iz di 317,24A) **(VERIFICATO)**

### Dorsali che collegano i quadri MT Protezione linee ubicati in cabina utente smistamento ai quadri MT ubicati nelle cabine di sottocampo

Per le connessioni in posa interrata all'interno dell'impianto dai quadri di Media Tensione partenza linea ai quadri di Media Tensione Protezione trasformatore MT per la **dorsale MT01** (sottocampo 1 e 2), **dorsale MT02** (sottocampo 3 e 4) dalla potenza massima impegnabile per singola dorsale da 4000 kVA si utilizzerà cavo con sezione **50mm<sup>2</sup>**, per la dorsale **MT03** (sottocampo 5) dalla potenza massima impegnabile della dorsale da 1600 kVA si utilizzerà cavo con sezione **35mm<sup>2</sup>**, tipo **RG26H1M16** per posa fissa, classificazione **CPR(UE) Cca-s1b,d1,a1**, isolato in gomma etilenpropilenica alto modulo di qualità G26, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi, con **Tensione Nominale U0/U:** ca, 12/20 kV, inoltre poiché trattasi di cavo per sistemi di II categoria è dotato di una schermo o di una guaina metallica **che verrà connessa a terra almeno ad una estremità del cavo** (Norma CEI 11-17), verificato con il carico massimo (le dorsali **MT01, MT02** Pmax erogabile dai sottocampi per dorsale 4.000,00kW) di **128,3A a 20kV** (il cavo per la sezione ed il tipo di posa adottato ha una portata massima nominale Iz di 131,17A), verificato con il carico massimo (**dorsale**

**MT03** Pmax erogabile dal sottocampo 1.600,00kW) di **51,32A a 20kV** (il cavo per la sezione ed il tipo di posa adottato ha una portata massima nominale Iz di 111,34A) **(VERIFICATO)**

## ***Installazione dei cavi elettrici***

### **Generalità**

Di seguito si riportano alcune regole ed avvertenze da seguire per una corretta messa in opera; indicazioni più complete in merito, si possono trovare nelle norme CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo".

### **Temperatura di posa**

Durante le operazioni di posa dei cavi per installazione fissa, la loro temperatura per tutta la loro lunghezza e per tutto il tempo in cui essi possono venire raddrizzati o piegati non deve essere inferiore a 0°C per i cavi con guaina in PVC; per cavi con guaina di altri materiali si consiglia la consultazione della nostra società. I limiti di temperatura di cui sopra sono da riferirsi ai cavi stessi e non all'ambiente, a questo proposito si ricorda che se i cavi sono rimasti per lunghi tempi a bassa temperatura occorre che vengano fatti stazionare per un adeguato numero di ore in ambiente a temperatura superiore a 0°C e messi in opera prima che la temperatura della guaina possa scendere al di sotto di detto valore.

### **Sollecitazione a trazione**

Gli sforzi di tiro con cui viene sollecitato il cavo durante le operazioni di posa devono essere applicati ai conduttori e non debbono superare il valore di 6 Kg/mm<sup>2</sup> di sezione totale dei conduttori di rame. Se il cavo è provvisto di un'armatura a piattine (Z) la forza di tiro va applicata all'insieme dei conduttori più armatura e deve essere tale da non superare il valore di 7,5 Kg/mm<sup>2</sup> di sezione totale dei conduttori di rame. L'armatura a nastri (N) non dà alcun contributo all'aumento dello sforzo di tiro. Per modeste sollecitazioni il tiro di posa può essere effettuato mediante calza in acciaio applicata direttamente sulla guaina esterna.

### **Raggi di curvatura**

I valori minimi dei raggi consentiti durante le operazioni di messa in opera dei cavi sono indicati generalmente nelle tabelle dei dati costruttivi; in mancanza di questi valori si deve fare riferimento alle regole date nella norma CEI 11-17.

## ***CAVIDOTTI***

### **Lato BT - sistemi I Categoria (vedi particolari disegni)**

I cavi di connessione lato AC all'interno del campo fotovoltaico, saranno ubicati in cavidotti in polietilene in **posa interrata**, a doppio strato con esterno corrugato, con resistenza agli agenti chimici idonei alla posa in qualsiasi tipo di terreno ed elevata resistenza allo schiacciamento e agli urti.

Inoltre per la scelta dei cavidotti si è previsto per favorire la sfilabilità dei cavi che il diametro interno dei tubi protettivi di forma circolare sia pari almeno a 1,3 volte il diametro del cerchio circoscritto al fascio di cavi che essi sono destinati a contenere, con un minimo di 10 mm.

Lo scavo nel terreno sarà realizzato in modo tale da permettere la posa dei cavidotti ad una profondità  $\geq$  di 600mm dalla superficie di calpestio, sia il fondo dello scavo che il suo riempimento sarà realizzato con materiale di riporto in modo da costituire un supporto continuo e piano al cavidotto.

## **Lato MT - sistemi II Categoria**

### ***interconnessioni all'interno delle cabine elettriche***

Per i cavi di collegamento lato MT dai trasformatori ai relativi quadri MT ubicati in cabina utente smistamento e tra Il Dispositivo Generale al punto di connessione con la rete MT nella cabina di distribuzione E-Distribuzione, la posa sarà effettuata in idonei cunicoli realizzati nei basamenti prefabbricati in cemento armato vibrato per la posa delle cabine elettriche prefabbricate di trasformazione ed in cavidotti in polietilene in **posa interrata**.

Tali cunicoli realizzano un'adeguata protezione meccanica, idonea a garantire conformemente alle norme vigenti, la protezione contro i contatti diretti.

La profondità di posa dei cavi all'interno dei suddetti cunicoli sarà  $\geq$  di 1000mm dalla superficie di calpestio.

## **CAMPI ELETTROMAGNETICI**

In generale, l'intensità dei campi elettrico e magnetico generati da una cabina MT/BT connessa a sistemi di I e II categoria e dei componenti che compongono l'impianto fotovoltaico nonché i cavi ed **elettrodotti in posa interrata all'interno del campo**, realizzati nel rispetto delle Norme CEI, non sono causa di interferenze elettromagnetiche ad altri impianti posti nelle vicinanze, il trasporto di energia avviene nel rispetto delle norme in vigore, non vi sono aree interessate ad esposizioni da considerarsi a lungo termine, le emissioni dell'impianto riguardano soltanto la produzione di radiazioni non ionizzanti provenienti dai cavidotto di collegamento con la rete MT di Distribuzione e considerando che tale cavidotto verrà interrato e protetto il valore di tale emissione è trascurabile.

La tecnica adottata per evitare l'emissione di radiazioni consiste appunto nella scelta del tipo di cavo, nel sistema di protezione, nell'interramento dello stesso e nella scelta dei materiali e procedure di installazione conformemente alle norme vigenti in materia.

### **Compatibilità elettrica**

I livelli di campo elettrico non necessitano di alcuna valutazione in quanto gli schermi metallici dei cavi e gli involucri metallici di tutte le apparecchiature sono collegati francamente a terra e assumono pertanto il potenziale zero di riferimento. Il valore del campo elettrico è inferiore al limite di 5 kV/m fissato dall'art. 3 del D.P.C.M. 08/07/03.



## Compatibilità magnetica

Le prescrizioni di cui all'art. 4 del D.P.C.M. 08/07/03, fissa per il valore dell'induzione magnetica l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

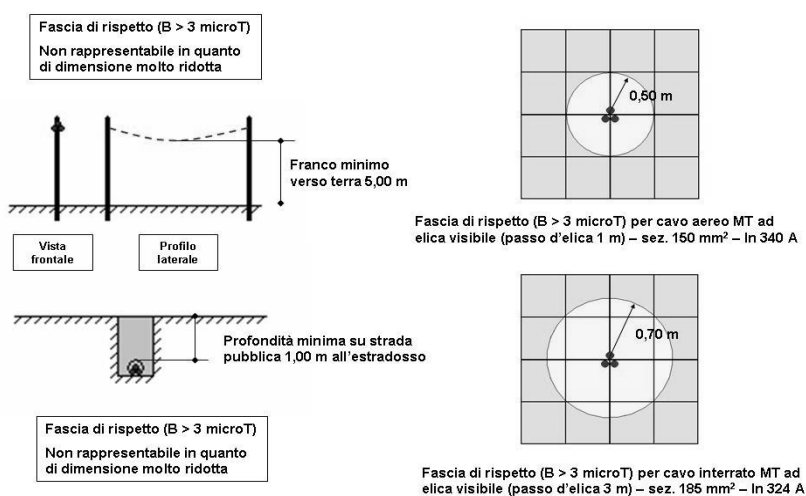
In relazione alla specifica ubicazione degli impianti e/o del locale cabina sulla citata area è applicabile il criterio basato sulla DPA, distanza di prima approssimazione.

La Distanza di prima approssimazione (Dpa) è stata calcolata sulla base della tabella riportata nell'articolo 5.2.1 dell'allegato al D.M. 29 maggio 2008, considerando che il limite fissato dall'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  di cui all'art. 4 del D.P.C.M. 08/07/2003 risulta rispettato per le aree ad una distanza superiore a quanto riportato nelle allegate rappresentazioni grafiche della fascia di rispetto e della D.P.A.

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

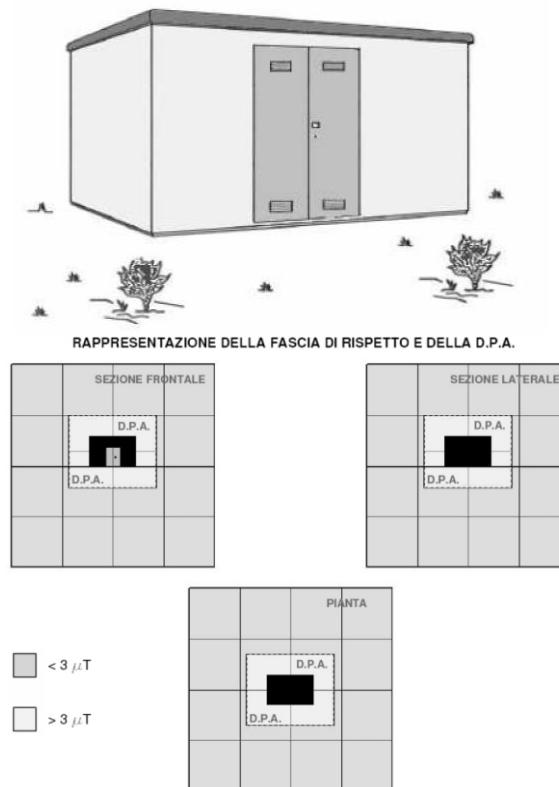
- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- **linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);**
- **linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);**
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree - Figura 1);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.



**Figura - Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale “Elico” della piattaforma “EMF Tools”, che tiene conto del passo d'elica.**

## Cabina di trasformazione



Le cabine elettriche MT/BT di utente non rientrano nel campo di applicazione del DM 29/05/08 in quanto:

- il DM 29-05-2008 contempla come impianto solamente le cabine del distributore e le cabine dell'utente se alimentato in alta tensione (art. 3.2 Oggetto ed applicabilità – punto 4 definizioni)
- le modalità di calcolo per la distanza di prima approssimazione indicata nel DM 29/05/08 fanno riferimento a cabine di tipo a box unificate (in pratica quelle dell'Enel) e sono difficilmente adattabili a cabine di trasformazione utente generalmente più complesse.

Come già indicato il metodo proposto DM 29/05/08 non è applicabile alle cabine utente in quanto le cabine di trasformazione considerate non possono ritenersi equivalenti.

All'interno della cabina elettrica le principali fonti di campo magnetico sono i cavi percorsi da corrente quindi maggiore sarà la corrente che percorre il cavo, maggiore sarà il campo magnetico generato. Pertanto se supponiamo ipoteticamente che lungo il perimetro della cabina transitino tutti i cavi in uscita dal trasformatore MT/BT **lato bassa tensione** e che questi cavi siano percorsi dalla corrente nominale del trasformatore stesso possiamo individuare una distanza dal perimetro della cabina oltre la quale è ragionevolmente prevedibile un valore di induzione magnetica inferiore ai  $3 \mu\text{T}$ . Per la determinazione del campo magnetico generato da cavi percorsi da corrente si è fatto riferimento alla

# Relazione campi elettromagnetici e dimensionamento cavi MT / BT interni al campo fotovoltaico

norma CEI 106-12 "Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT" che ci fornisce la seguente formula:

a) Terna trifase di conduttori in piano	b) Terna trifase di conduttori in verticale	c) Terna trifase di conduttori a triangolo
$B(\mu T) = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I \cdot S}{D \cdot D}$		$B(\mu T) = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I \cdot S}{D \cdot D}$

dove:

B = induzione magnetica [mT]

I = corrente che percorre i conduttori [A]

S = distanza fra le fasi [m]

D = distanza dalla terna di conduttori del punto "P" dove si vuole calcolare il valore di induzione magnetica [m]

Utilizzando la formula inversa avremo che la distanza D per cui B=3 μT sarà

$$D = \text{radq}[(0,2 \cdot 1,73 \cdot I \cdot S) / 3]$$

In analogia a quanto previsto dal DM 29/05/08 si può considerare la distanza fra le fasi "S" pari al diametro reale dei cavi (conduttore + isolante); in caso di cavi in parallelo per ciascuna fase si può cautelativamente considerare "S" pari alla somma di tutti i diametri dei cavi costituenti la formazione di una singola fase. Allo stesso modo sembra ragionevole approssimare il valore D al mezzo metro superiore. Per la determinazione del diametro dei cavi si fa riferimento alle indicazioni fornite in tabella dei cavi in commercio conformi alle specifiche vigenti.

A titolo esemplificativo si riporta nel seguito una tabella riepilogativa di cavi unipolari con guaina isolati in gomma etilenpropilenica alto modulo di qualita' G16, non propaganti l'incendio a ridotta emissione di gas corrosivi, con

**Tensione Nominale U0/U:** ca, 600/1000 V;

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Diametro est. indicativo di produzione	Peso indicativo del cavo	Resistenza Elettrica a 20°C	Portata di corrente (A)	
Cores number	Cross section	Approx. conductor diameter	Insulation medium thickness	Approx. external production diameter	Approx. cable weight	Electric resistance at 20°C	Current carrying capacities (A)	
(N°)	(mm²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	30°C In tubo o in aria In air or pipe	(*) 20°C Interrato In ground
1x	1,5	1,6	0,7	6,05	51	13,3	20	21
	4	2,6	0,7	7,15	84	4,95	37	35
	6	3,4	0,7	7,5	104	3,3	48	44
	10	4,4	0,7	7,99	152	1,91	66	59
	16	5,7	0,7	9,1	211	1,21	88	77
	25	6,9	0,9	10,4	301	0,78	117	100
	35	8,1	0,9	11,7	396	0,554	144	121
	50	9,8	1	14,05	556	0,386	175	150
	2,5	2	0,7	6,5	63	7,98	28	27
	70	11,6	1,1	15,9	761	0,272	222	184
	95	13,3	1,1	17,59	991	0,206	269	217
	120	15,1	1,2	19,9	1219	0,161	312	259
	150	16,8	1,4	22,01	1517	0,129	355	287
	185	18,6	1,6	24,2	1821	0,106	417	323
	240	21,4	1,7	26,88	2366	0,0801	490	379
	300	23,9	1,8	31,7	2947	0,0641	-	429
	400	27,5	2	35,1	3870	0,0486	-	541

tabella riepilogativa

# Relazione campi elettromagnetici e dimensionamento cavi MT / BT interni al campo fotovoltaico

Applicando i criteri sopra riportati alla casistica standard di varie potenze di trasformatori si ottiene la tabella sottoriportata:

Potenza trasformatore (kVA)	I (A)	Formazione cavi in uscita trafo (mmq)	S (m)	B ( $\mu$ T)	D (m)	Dpa (m)
160	240	1x150	0,022	3	0,78	1
250	375	1x240	0,027	3	1,08	1,5
400	600	2x185	0,048	3	1,82	2
630	945	3x240	0,081	3	2,97	3
800	1200	4x185	0,096	3	3,65	4
1000	1500	4x240	0,108	3	4,33	4,5
1250	1875	6x185	0,144	3	5,58	6
1600	2400	6x240	0,162	3	6,70	7
2000	3000	7x240	0,189	3	8,09	8,5
2500	3750	8x240	0,216	3	9,67	10

Per quanto sopra esposto l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, che saranno generati in esercizio dalle cabine, sono compatibili con le disposizioni di legge.

La tecnica adottata per evitare l'emissione di radiazioni consiste appunto nella scelta del tipo di cavo, nel sistema di protezione, nell'interramento dello stesso e nella scelta dei materiali e procedure di installazione conformemente alle norme vigenti in materia.

Per i criteri d'installazione adottati e per quanto sopra esposto si evidenzia che le nuove linee **interne all'impianto oggetto della presente non attraversano in nessun caso, aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e ne luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere**, e che non vi sono recettori sull'aria oggetto dell'intervento.

Inoltre si precisa che per quanto oggetto della presente sono interessate:

- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);

per le quali non è applicabile il DPCM 8 luglio 2003.

**A conclusione si può dichiarare che il fondo magnetico è trascurabile**, il trasporto di energia all'interno dell'impianto fotovoltaico lato bassa tensione, avvengono nel rispetto delle norme in vigore, non vi sono aree interessate ad esposizioni da considerarsi a lungo termine, le emissioni dell'impianto riguardano soltanto la produzione di radiazioni non ionizzanti provenienti dai cavidotti di collegamento con la rete MT di Distribuzione

# Relazione campi elettromagnetici e dimensionamento cavi MT / BT interni al campo fotovoltaico

---

QUANTUM PV 03 S.R.L.

e considerando che tale cavidotti sono interrati e protetti il valore di tale emissione è pressoché da considerarsi trascurabile **“nullo”**.

Montenero di Bisaccia, 22/11/2021

