




# Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica e relative opere connesse della potenza di 17,07888 MWp, denominato "SCERNE1"

**Regione Abruzzo  
Comune di Pineto (TE), Località Scerne**

## PROGETTO DEFINITIVO RELAZIONE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA




10/2023	00	Prima emissione	Berardinelli G. – Fratianni L.	Francavilla G.	Francavilla G.
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale 			<b>ID Documento Committente</b>  <b>CoD018_FV_BER_00006</b> <b>RELAZIONE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA</b>		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale  sviluppo sostenibile deve-loop S.r.l. unipersonale			ID Documento Appaltatore  FV_IR_01.Scerne1_PD.ELA.06		

	ID Documento Committente  <b>CoD018_FV_BER_00006</b> <b>RELAZIONE COMPATIBILITA'</b> <b>ELETTROMAGNETICA</b>	Pagina 2 / 21
		Numero Revisione
		00

## Sommario

1	Premessa.....	3
2	Riferimenti normativi.....	4
3	Definizioni .....	5
4	Valutazione previsionale dei campi elettrici e magnetici .....	8
4.1	Campi elettrici .....	8
4.2	Campi magnetici.....	8
4.2.1	Linee elettriche in corrente continua.....	9
4.2.2	Linee elettriche in alta tensione in corrente alternata .....	9
4.2.3	Linee elettriche in media tensione in corrente alternata .....	12
4.2.4	Apparecchiature elettromeccaniche .....	13
4.2.5	Sezione AT Stazione AT/MT d'utenza.....	16
5	Analisi dei campi elettrici e magnetici prodotti .....	19
6	Conclusioni .....	21

	ID Documento Committente	Pagina 3 / 21
	<b>CoD018_FV_BER_00006</b>	Numero Revisione
	<b>RELAZIONE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA</b>	00


## 1 Premessa

La presente **Relazione compatibilità elettromagnetica** è redatta a corredo del Progetto Definitivo inerente alla realizzazione di un impianto “fotovoltaico” denominato "**Scerne1**". L'impianto è progettato per produrre energia elettrica in collegamento alla rete di distribuzione. La **potenza di picco** dell'impianto prevista è pari a **17,07888 MWp**, il collegamento alla rete verrà realizzato tramite un **cavidotto MT 30 kV**, connesso ad una Stazione Elettrica 132 kV esistente.

L'impianto fotovoltaico verrà realizzato a terra, nel Comune di **Pineto** in provincia di Teramo, in un terreno avente superficie totale di circa **25 ettari**. Il cavidotto, di lunghezza totale di 7,68 km circa, correrà quasi interamente su strada pubblica, nel territorio del Comune di Pineto, collegando l'impianto alla Cabina Primaria esistente “Pineto 132kV”, tramite nuova Sottostazione utente.

L'area dell'impianto in oggetto è situata nel Comune di Pineto in provincia di Teramo e censito in catasto terreni al Foglio 6 p.lle 36, 84, 86, 89, 90, 93, 94, 231, 28, 37, 85, 87, 198, 649, 652, 653 individuato alle coordinate 42°36'37.0"N 14°03'16.0"E.


Il generatore fotovoltaico è costituito da moduli fotovoltaici collegati in stringhe e raggruppati in string box posizionati alla base dei sistemi di supporto dei moduli, in corrispondenza dei quali avviene il parallelo delle stringhe. Le string box sono poi collegate a cabine di conversione e trasformazione prefabbricate dislocate all'interno dell'area di impianto in posizioni tali da ottimizzare la distribuzione dell'energia elettrica. All'interno di queste cabine, mediante sistemi di conversione statica, avviene la conversione da corrente continua in corrente alternata e la successiva trasformazione da bassa tensione a media tensione per adeguare i livelli di tensione per la distribuzione dell'energia elettrica prodotta fino al punto di connessione con la rete di distribuzione locale dell'energia elettrica.

	ID Documento Committente	Pagina 4 / 21
	<b>CoD018_FV_BER_00006</b>	Numero Revisione
	<b>RELAZIONE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA</b>	00

## 2 Riferimenti normativi

Di seguito sono elencati i principali riferimenti normativi in materia di valutazione delle emissioni di campi elettrici e magnetici:

- Legge 36 del 22 febbraio 2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- Decreto 29 maggio 2008 – Ministero dell’Ambiente e della tutela del territorio e del mare “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- 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 I”;
- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche”;
- ENEL - Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08 - Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche

	ID Documento Committente  <b>CoD018_FV_BER_00006</b> <b>RELAZIONE COMPATIBILITA'</b> <b>ELETTROMAGNETICA</b>	Pagina 5 / 21
		Numero Revisione
		00

### 3 Definizioni

Nell'ambito della caratterizzazione dell'esposizione a campi elettromagnetici generati da impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica, la legge 36/2001 riporta all'art.3 le definizioni delle grandezze di interesse. Considerando quanto indicato nel documento appena richiamato, nella presente relazione si tiene conto delle definizioni riportate di seguito:


- **esposizione:** è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;
- **limite di esposizione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori [...];
- **valore di attenzione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate [...]. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;  
obiettivi di qualità sono:
  1. i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8;
  2. i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi;
- **elettrodotto:** è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- **esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici:** è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- **esposizione della popolazione:** è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici [...].”

Con il D.P.C.M. 8 luglio 2003 ed in particolare con gli art. 3 e 4, sono stati poi definiti i limiti di esposizione e i valori di attenzione per elettrodotti esistenti e gli obiettivi di qualità per i nuovi elettrodotti:

“Art. 3

#### Limiti di esposizione e valori di attenzione

- Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

	ID Documento Committente  <b>CoD018_FV_BER_00006</b> <b>RELAZIONE COMPATIBILITA'</b> <b>ELETTROMAGNETICA</b>	Pagina 6 / 21
		Numero Revisione
		00

- A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.”

“Art. 4

### Obiettivi di qualità


Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.”

Inoltre, per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, con il Decreto 29 Maggio 2008 è stata approvata la “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”. Tale metodologia, ai sensi dell'art.6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto, da attribuire ove sia applicabile l'obiettivo di qualità (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che introduce il parametro distanza di prima approssimazione (DPA) che tiene conto e sostituisce il parametro fasce di rispetto nelle valutazioni legate ai limiti di esposizione.


Con riferimento all'allegato (“Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”) al D.M. appena richiamato, si riportano le seguenti definizioni di interesse ai fini della valutazione dell'impatto elettromagnetico dell'intervento:

- **Corrente:** Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica;
- **Portata in corrente in servizio normale:** Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni;

	ID Documento Committente	Pagina 7 / 21
	<b>CoD018_FV_BER_00006</b>	Numero Revisione
	<b>RELAZIONE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA</b>	00

- **Portata in regime permanente:** Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par.1.2.05);
- **Fascia di rispetto:** Spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità;

**Distanza di prima approssimazione (Dpa):** Distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.” Nella specificità dell'intervento proposto, in materia di impatto elettromagnetico di parchi eolici, è inoltre utile riportare la richiesta dell'art. 10 comma e del Regolamento Regionale 16/2006 che dispone come “In particolare sono richieste analisi e valutazioni in ordine a linee elettriche appositamente progettate e costruite ...”.

	ID Documento Committente	Pagina 8 / 21
	<b>CoD018_FV_BER_00006</b>	Numero Revisione
	<b>RELAZIONE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA</b>	00

## 4 Valutazione previsionale dei campi elettrici e magnetici

Come si evince dalla documentazione progettuale di cui la presente relazione è parte integrante, l'impianto è suddiviso in quattro sottocampi. Come riportato sugli elaborati grafici, questi sottocampi sono caratterizzati dalla presenza di un diverso numero di cabine di conversione e trasformazione. All'interno di queste cabine sono collocate sia le apparecchiature statiche per la conversione dell'energia elettrica corrente continua a corrente alternata, sia quelle elettromeccaniche per la trasformazione dell'energia elettrica dai parametri caratteristici della distribuzione interna al campo fotovoltaico ai parametri propri della distribuzione in media tensione. Due dei quattro sottocampi sono caratterizzati dalla presenza di due cabine, gli altri due da una. La principale tipologia di linee elettriche previste è quella in cavo interrato, la cui profondità di posa è non inferiore ad 1 m dal piano campagna. Le linee elettriche che connettono le singole stringhe costituenti il generatore fotovoltaico sono poste in canaline metalliche direttamente ancorate alla struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici, mentre quelli che collegano le singole stringhe alle string box e le string box alle cabine di conversione e trasformazione sono caratterizzate da posa interrata. L'impianto, nella sezione in corrente alternata, sarà gestito alla frequenza di rete, ovvero 50 Hz, il che lo caratterizza come rientrante nella categoria di sistemi ELF ovvero sistemi a frequenza estremamente bassa.

### 4.1 Campi elettrici

Per quanto riguarda la valutazione dei campi elettrici generati dalle linee elettriche dell'impianto, data la modalità di posa delle stesse nonché la tipologia di linea prevista, si possono considerare trascurabili le emissioni attribuite alle linee elettriche presenti all'interno dell'area di impianto. In particolare, nel caso dei cavi in media tensione, casistica da prendere in maggiore considerazione, l'utilizzo di conduttori in cavo schermato per singola fase consente di contenere notevolmente i valori di campo elettrico già in corrispondenza della guaina esterna, portando i valori all'interno delle soglie limite attualmente in vigore. Stessa cosa dicasi per le parti attive in media tensione presenti all'interno degli scomparti di manovra, in cui la presenza delle parti metalliche dell'involucro connesse a terra evitano l'estendersi dei campi elettrici all'esterno degli involucri stessi.

### 4.2 Campi magnetici


Per quanto concerne, invece, i campi magnetici che possono essere generati dalle singole parti d'impianto, occorre valutarne gli effetti individuando innanzitutto le possibili sorgenti e successivamente, a seconda della natura delle stesse, valutarne le emissioni.

Data la conformazione d'impianto, possono essere individuate le seguenti categorie di sorgenti di campo magnetico:

- Linee elettriche in corrente continua di connessione delle stringhe del generatore fotovoltaico con le string box e delle stesse con i sistemi di conversione;
- Linee elettriche in media tensione in corrente alternata;
- Apparecchiature elettromeccaniche

Nel seguito sono approfondite le valutazioni relative alle categorie di sorgenti emissive appena indicate.



	ID Documento Committente	Pagina 9 / 21
	<b>CoD018_FV_BER_00006</b>	Numero Revisione
	<b>RELAZIONE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA</b>	00

#### 4.2.1 Linee elettriche in corrente continua

Le linee elettriche in corrente continua presenti all'interno dell'impianto, che si diramano a partire dalle singole stringhe, confluiscono all'interno delle string box per poi giungere direttamente fino ai sistemi di conversione statica installati all'interno delle cabine prefabbricate dislocate nell'area coperta dal generatore fotovoltaico. I collegamenti dalle stringhe alle string box, nella quasi totalità del tracciato, presentano la posa dei due conduttori costituenti il circuito in corrente continua vicini tra loro e posti in canaline metalliche direttamente ancorate alla struttura di sostegno dei moduli fotovoltaici e messe a terra. Tale caratteristica porta a livelli di emissione ridotti e rientranti nei limiti previsti dalla normativa vigente. Le connessioni dalle string box alle cabine di conversione e trasformazione sono invece caratterizzate da posa interrata. Anche in questo caso, la sola profondità di posa caratteristica dei conduttori è sufficiente a garantire livelli di emissione ridotti e rientranti nei limiti previsti dalla normativa vigente.

#### 4.2.2 Linee elettriche in alta tensione in corrente alternata

Ciascun cavo d'energia a 120 kV sarà costituito da un conduttore in alluminio compatto di sezione indicativa pari a circa 1600 mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in polietilene reticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in polietilene con grafitatura esterna.

Data la potenza d'impianto richiesta in immissione, la corrente di impiego che interessa la linea di collegamento è:

$$I_{bmax} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos \varphi} = \frac{16000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 120 \cdot 10^3 \cdot 0,90} = 85,5A$$

Data la conformazione d'impianto e considerando anche sviluppi futuri legati ad ampliamenti della stazione AT/MT d'utenza, sono utilizzati per la realizzazione della linea AT di connessione cavi in alluminio normalizzati a 1600 mm<sup>2</sup> per fase al fine di normalizzare la tipologia di linee elettriche afferenti alla Cabina Primaria "Pineto" del distributore.

#### DATI DEL CAVO

Tipo di conduttore	Unipolare in XLPE (polietilene reticolato)
Sezione	1600 mm <sup>2</sup>
Materiale del conduttore	Corda di alluminio compatta
Schermo semiconduttore interno	A base di polietilene drogato
Materiale isolamento	Polietilene reticolato
Schermo semiconduttore esterno (sull'isolante)	A base di polietilene drogato
Materiale della guaina metallica	Rame corrugato
Materiale della blindatura in guaina anticorrosiva	Polietilene, con grafite refrigerante (opzionale)
Materiale della guaina esterna	Polietilene
Tensione di isolamento	127/220kV

Tali dati potranno subire adattamenti comunque non essenziali dovuti alla successiva fase di progettazione esecutiva e di cantierizzazione, anche in funzione delle soluzioni tecnologiche adottate dai fornitori e/o appaltatori.

La linea AT in cavo che collega la SSU alla CP sarà realizzata con modalità di posa interrata, come riportato nella figura seguente.

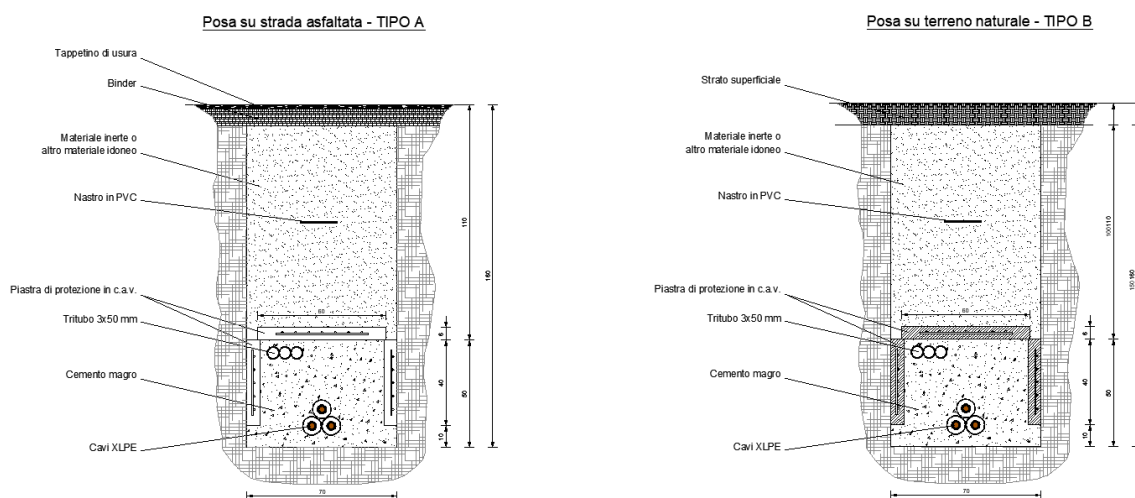



Figura 4.1: Modalità di posa linea in cavo AT.

## DATI CONDIZIONI DI POSA E DI INSTALLAZIONE

Posa	Interrata in letto di sabbia a bassa resistività
Messa a terra degli schermi	“cross bonding” o “single point-bonding”
Profondità di posa del cavo	Minimo 1,60m
Formazione	Una terna a trifoglio
Tipologia di riempimento	Con sabbia a bassa resistività termica o letto di cemento magro h=0,50m
Profondità del riempimento	Minimo 1,1m
Copertura con piastre di protezione in C.A. (solo per riempimento con sabbia)	Spessore minimo 5cm
Tipologia di riempimento fino a piano terra	Terra di riporto adeguatamente selezionata
Posa di nastro monitore in PVC - profondità	1,00m circa

Nella figura seguente è mostrato il grafico dell’andamento dell’induzione magnetica sul piano campagna in funzione della distanza rispetto all’asse dell’elettrodotto. Nel calcolo, essendo il valore dell’induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede una posa dei cavi a trifoglio, ad una profondità

	ID Documento Committente	Pagina 11 / 21
	<b>CoD018_FV_BER_00006</b>	Numero Revisione
	<b>RELAZIONE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA</b>	00

di 1,5 m, con un valore di corrente pari a 85,5 A, dove la configurazione dell'elettrodotto è quella in assenza di schermature, distanza minima dei conduttori dal piano viario e posa a trifoglio dei conduttori.

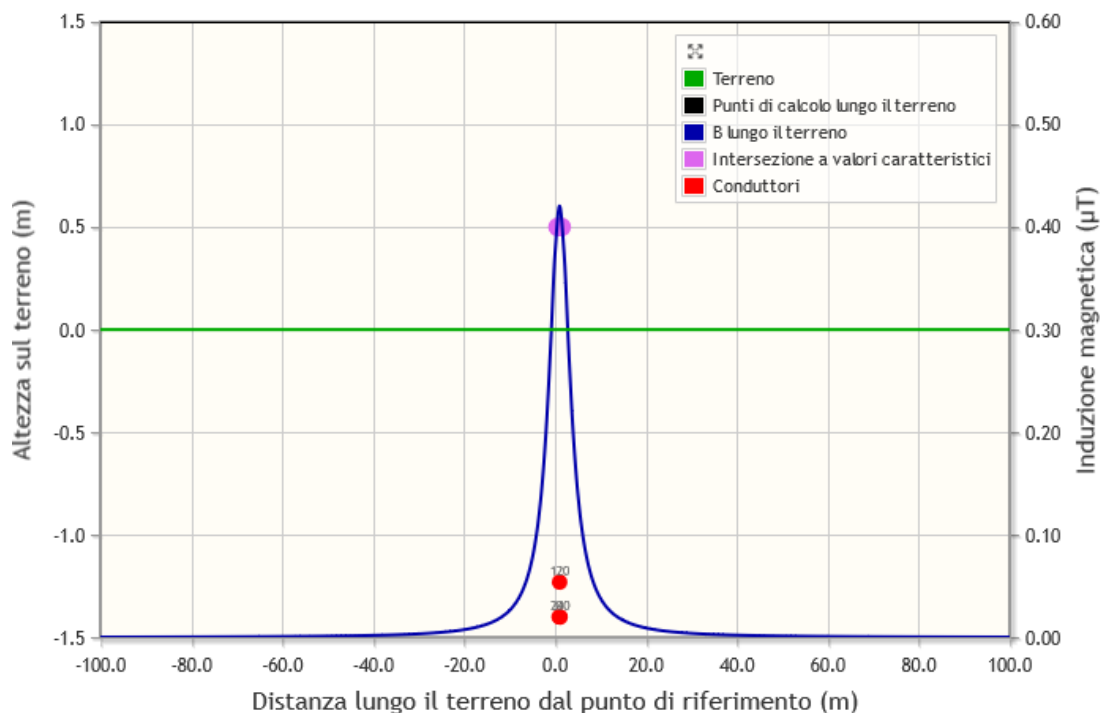


Figura 4.2: Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo

Come si evince, il massimo valore raggiunto dall'induzione magnetica, in corrispondenza dell'asse del cavidotto è di ca 0,4 µT, valore al di sotto dei limiti qualitativi indicati dalla normativa.

Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché, essendo la tipologia di cavo prevista dotata di schermo metallico, il campo elettrico esterno allo schermo è pressoché nullo.

Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 µT.

Applicando la formula:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:

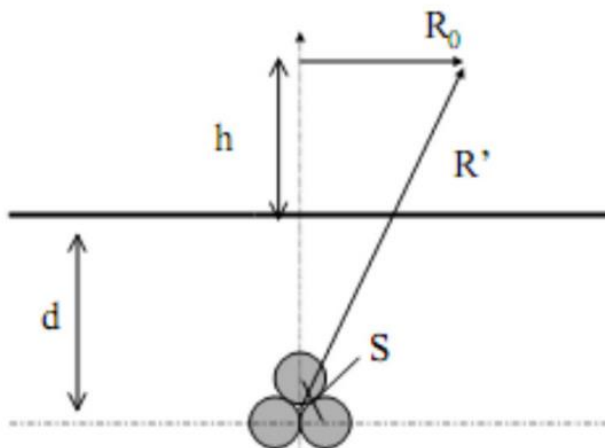


Figura 4.3: Rappresentazione dei valori per il calcolo di  $R'$

Pertanto, ponendo  $S = 0,1406$  m e  $I = 85,5$  A si ottiene:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{0,1406 \cdot 85,5} = 0,992 \text{ m}$$


Che arrotondato al mezzo metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 1 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

#### 4.2.3 Linee elettriche in media tensione in corrente alternata

La valutazione del campo magnetico generato di una linea elettrica trifase è strettamente legata alle modalità di posa e di realizzazione della linea stessa. Nel caso di una linea elettrica inserita in un sistema elettrico trifase simmetrico, come quello in esame, la realizzazione della stessa con conduttori in cavo e con una posa a trefolo dei cavi unipolari costituenti le singole fasi porta ad avere una ridottissima emissione di campo magnetico già in prossimità dei conduttori. Portando al limite la condizione di posa utilizzata, ipotizzando di poter far coincidere l'asse dei tre conduttori di fase, il campo magnetico generato risulterebbe nullo a prescindere dall'entità della corrente.

Le linee elettriche esercite in media tensione sono impiegate per la distribuzione dell'energia elettrica dalle cabine ospitanti i trasformatori alla cabina utente posta sul perimetro dell'impianto, presentano tracciati posti totalmente all'interno dell'area di impianto e sono realizzate esclusivamente utilizzando cavi precordati ad elica visibile posati in tubazioni interrate. Tale caratteristica consente una drastica riduzione delle emissioni in termini di campi magnetici provenienti da dette linee, fino a valori trascurabili.

Si riporta, a tal proposito, il paragrafo 7.1.1 della Norma CEI 106-11:

	ID Documento Committente  <b>CoD018_FV_BER_00006</b> <b>RELAZIONE COMPATIBILITA'</b> <b>ELETTROMAGNETICA</b>	Pagina 13 / 21
		Numero Revisione
		00

#### ***“7.1.1 Fasce di rispetto per linee MT e BT in cavo cordato ad elica sotterraneo***

*Le linee in cavo sotterraneo sia di media che di bassa tensione sono posate ad una profondità di circa 80 cm per cui, in base alle valutazioni riportate nelle Figure 19 a) e 14 a), già a livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a 3  $\mu$ T. Ciò significa che per questa tipologia di impianti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque.”*

Ad avvalorare questa tesi, considerando che la sezione del cavo che collega gli interruttori MT al lato MT del trasformatore MT/AT è di 300 mm<sup>2</sup> e che il suo diametro esterno massimo è di 32,5 mm e che la corrente massima che vi fluisce, calcolata sulla potenza in immissione richiesta al distributore, è nel peggiore dei casi I=342,5 A, il calcolo di R', come definito in Figura 4.3 risulta:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{0,0325 \cdot 342,5} = 0,954 \text{ m}$$

Che arrotondato al mezzo metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 1 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto.

Essendo le linee interrate ad una profondità non inferiore ad 1 m, il valore del campo magnetico generato si può ritenere entro i limiti previsti dalla legislazione vigente già in corrispondenza del piano campagna.

#### **4.2.4 Apparecchiature elettromeccaniche**

L'impianto di produzione di energia elettrica oggetto della presente relazione, oltre alle linee già descritte, è costituito da moduli fotovoltaici, string box, gruppi di conversione e trasformazione, posti all'interno di cabine prefabbricate, dislocati all'interno dell'area destinata all'installazione del generatore fotovoltaico, e dalle cabine elettriche poste sul perimetro dell'impianto.

Esse, vista la rispondenza alle normative europee comprovati dalla certificazione CE, presentano livelli di emissione ridotti e rientranti nei limiti previsti dalla normativa vigente. Di seguito, più nel dettaglio si analizzeranno i singoli componenti.

##### **4.2.4.1 Moduli fotovoltaici**

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

##### **4.2.4.2 Cabine di conversione e trasformazione**

Le cabine di conversione e trasformazione sono caratterizzate, come mostrato in Figura 4.4, da tre diverse sezioni: una contenete l'inverter, una il trasformatore bt/MT e una contenente gli organi di manovra. Ai fini della valutazione delle emissioni elettromagnetiche, solo le prime due sono rilevanti e per questo motivo sono le uniche che verranno descritte, separatamente, di seguito.



*Figura 4.4: Aspetto delle cabine di conversione e trasformazione*

### ***Inverter***


Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN IEC 61000-6-2 [CEI 210-54], CEI EN 55011/A11[CEI 210-215;V2]) e di sicurezza degli apparati di conversione di potenza utilizzati in impianti fotovoltaici di potenza (CEI EN 62109-1 [CEI 82-37], CEI EN 62109-2 [CEI 82-44]).

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- I livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5%. Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- Variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserione dell'impianto fotovoltaico.



	ID Documento Committente  <b>CoD018_FV_BER_00006</b> <b>RELAZIONE COMPATIBILITA'</b> <b>ELETTROMAGNETICA</b>	Pagina 15 / 21
		Numero Revisione
		00

- La componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

### **Trasformatori**

La presenza del trasformatore bt/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione [m]

I = corrente nominale [A]

x = diametro dei cavi [m].

Considerando il caso peggiore dell'impianto in analisi, ovvero il sottocampo più grande e la potenza di picco del generatore interamente prodotta e convertita dagli inverter, sul lato BT del trasformatore avremo una corrente I=3500A che saranno trasferiti dall'inverter al trasformatore con un cavo 3x(11x240) mm<sup>2</sup>, con diametro esterno pari a circa 29,2mm, si ottiene una DPA,


$$DPA = \sqrt{I} \cdot 0,40942 \cdot x^{0,5242} = \sqrt{3500} \cdot 0,40942 \cdot 0,0292^{0,5242} = 3,799m$$

arrotondata, come da indicazioni di Norma al mezzo metro superiore, di 4m.

Nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e non è permanentemente presidiata.

#### **4.2.4.3 Cabine elettriche di impianto**

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto resta da considerare la cabina elettrica MT d'impianto (SW STATION), alla quale confluiscono i cavidotti MT provenienti dalle cabine di conversione e trasformazione e la SSU in cui, oltre a tutte le apparecchiature di misura ed il dispositivo di interfaccia, è presente il trasformatore MT/AT.

	ID Documento Committente	Pagina 16 / 21
	<b>CoD018_FV_BER_00006</b>	Numero Revisione
	<b>RELAZIONE COMPATIBILITA' ELETTROMAGNETICA</b>	00

Nel primo caso, la principale sorgente di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT, in quanto in questo caso il trasformatore MT/BT è utilizzato solo per l'alimentazione dei servizi ausiliari. La massima corrente BT, considerando un trasformatore da 10 kVA, è pari a 14,5 A. La sua DPA è quindi del tutto trascurabile in quanto risulta ricadere all'interno della carcassa del trasformatore stesso.

Nel secondo caso, invece, considerando che la sezione del cavo che collega gli interruttori MT al lato MT del trasformatore MT/AT è di 300 mm<sup>2</sup> e che il suo diametro esterno massimo è di 32,5 mm e che la corrente massima che vi fluisce, calcolata sulla potenza in immissione richiesta al distributore, è nel peggiore dei casi I=342,5 A, si ottiene una DPA

$$DPA = \sqrt{I} \cdot 0,40942 \cdot x^{0,5242} = \sqrt{342,5} \cdot 0,40942 \cdot 0,0325^{0,5242} = 1,257m$$

arrotondata, come da indicazioni di Norma al mezzo metro superiore, di 1,5m.

Anche nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e non è presidiata.

#### 4.2.5 Sezione AT Stazione AT/MT d'utenza

Per quanto concerne le valutazioni legate alla compatibilità elettromagnetica della sottostazione AT d'utenza, ed in particolare alla sezione di impianto AT esercita a 120 kV, ci si è basati sul procedimento semplificato di cui alle Linee Guida e-distribuzione in applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.2008 "Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche".

L'allegato chiarisce infatti come che per questa tipologia di impianti la DPA rientri generalmente nell'area di pertinenza.

Per una analisi più approfondita si è preso a riferimento anche le DPA che sono state simulate ed elaborate per conto di Enel SpA con il software EMF Tools v.3.0 del CESI, la cui modellizzazione delle sorgenti è bidimensionale e fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla normativa applicabile.

Il caso in esame è assimilabile a quello descritto nella Scheda A16 dell'allegato A "DPA per Linee AT e Cabine Primarie" ossia Cabine primarie isolate in aria, tensione primaria 132/150 kV, tensione secondaria 15/20 kV e trasformatore da 63 MVA, mostrato in Figura 4.5.

Considerando inoltre che la tensione di linea MT è pari a 30 kV e non a 20 kV, e quindi caratterizzata da una minore corrente nominale, anche il valore di 7 metri per la DPA lato MT appare estremamente cautelativo.

In ogni caso l'intero castello di trasformazione è stato posto cautelativamente all'interno di una fascia di rispetto maggiore di 14 metri misurato a partire, come indicato sull'allegato, dal centro delle sbarre AT. In Figura 4.6 è mostrato un estratto della planimetria della SSU con indicato il raggio dei 14 m dal centro di tali sbarre.



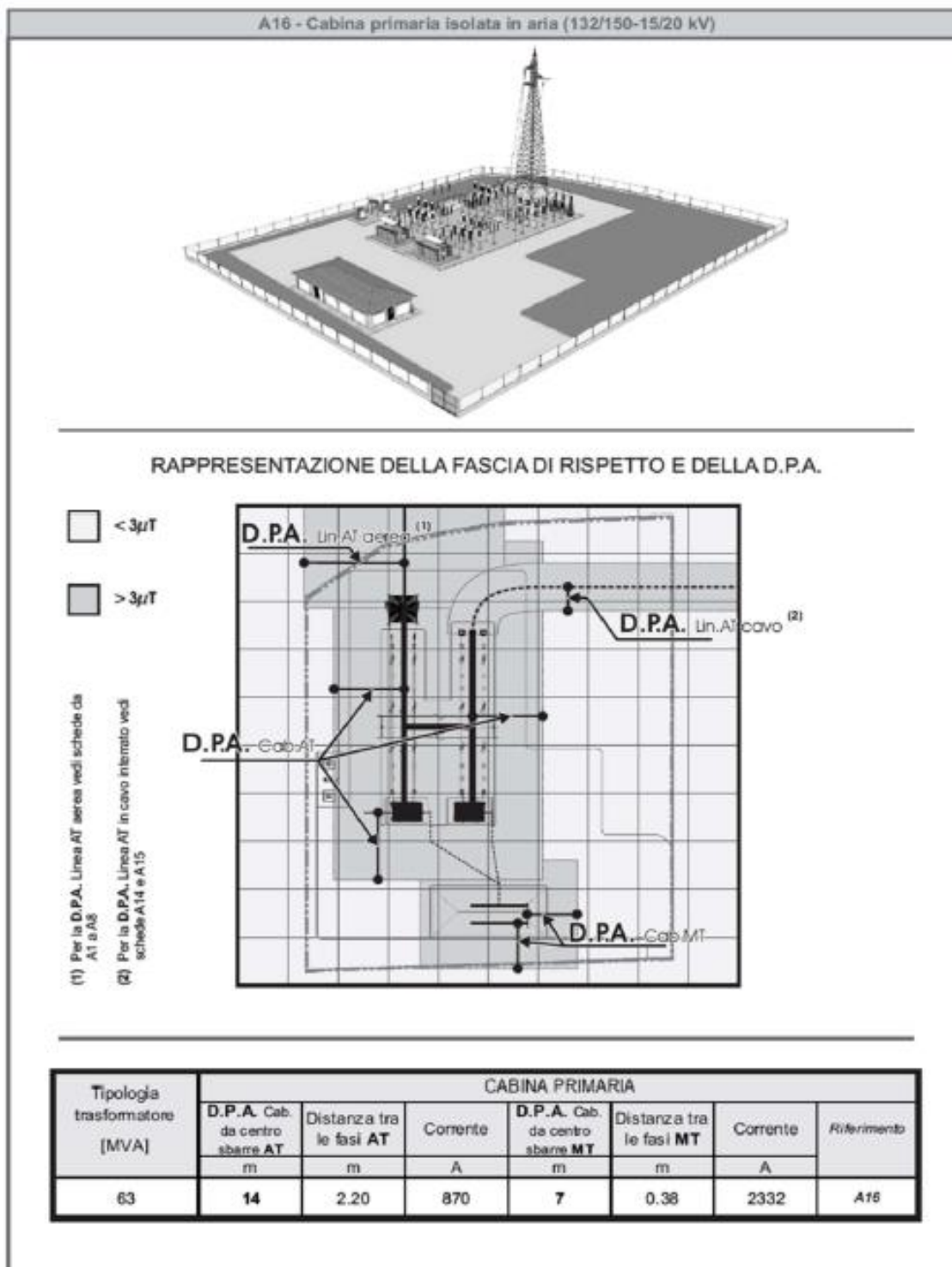



Figura 4.5: Allegato A16 – Cabina primaria isolata in aria (132/150 – 15/20 kV)



	ID Documento Committente  <b>CoD018_FV_BER_00006</b> <b>RELAZIONE COMPATIBILITA'</b> <b>ELETTROMAGNETICA</b>	Pagina 19 / 21
		Numero Revisione
		00

## 5 Analisi dei campi elettrici e magnetici prodotti

Come noto il campo Elettrico, a differenza del campo Magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato.

Pertanto le situazioni più critiche sono rappresentate dagli impianti in aereo esterni, rappresentando le schermature dei cavi e la blindatura degli scomparti validi elementi di schermatura.

Nel caso in questione, essendo utilizzate linee MT interrate, non vi sono linee critiche da considerare.

Ai fini della valutazione delle fasce di rispetto per l'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici prodotti dai trasformatori, si ritiene di poter affermare che le D.P.A. nel suddetto caso abbiano un ordine di grandezza stimato in poche unità di metri, quindi comprendente una ridotta area nell'intorno della cabina ricadente dentro la superficie di pertinenza dell'impianto.

I limiti di massima sicurezza sono rispettati per la loro disposizione all'interno del sito cioè a distanza di almeno 10 m da aree accessibili.

All'interno dell'area ci sarà presenza umana in fase di cantiere quando però gli elementi elettrici non saranno ancora entrati in funzione e quindi non ci sarà rischio di esposizione da campi elettromagnetici prodotti dall'impianto.

Nella fase di esercizio non si esclude la presenza di personale per interventi di manutenzione sugli elementi dell'impianto.


Il suddetto personale sarà addestrato ad utilizzare tutti gli accorgimenti di legge per assicurare la massima sicurezza in fase di lavoro comprendendo quindi anche la sosta limitata davanti agli elementi radianti entro il limite della D.P.A.

Per quanto summenzionato si ritiene che l'impatto generato dai campi elettrici e magnetici sia limitato ad una ridotta superficie nell'intorno delle cabine di trasformazione e quindi non in grado di apportare effetti negativi all'ambiente circostante e alla salute pubblica.

Per quanto riguarda gli elettrodotti in MT interrati per l'allaccio dell'impianto alla rete elettrica nazionale i principali elementi che caratterizzano l'induzione magnetica sono la corrente di esercizio e la potenza trasportata.

Il campo magnetico può essere abbattuto se si sceglie come soluzione progettuale l'interramento dei principali cavidotti. È per questo che, in fase di progettazione, è stato deciso di interrare i cavi di Media e Bassa Tensione alla profondità di almeno 1,0 m.


Secondo quanto espresso dal Decreto 29 maggio 2008, nell'allegato relativo alla "metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", si ribadisce che sono escluse dalla valutazione delle Distanze di Prima Approssimazione (D.P.A.) e delle Fasce di Rispetto le linee in MT in cavo cordato ad elica in quanto le fasce di rispetto hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dai D.M. 449/1988 e 16/01/1991.

	<p>ID Documento Committente</p> <p><b>CoD018_FV_BER_00006</b></p> <p><b>RELAZIONE COMPATIBILITA'</b></p> <p><b>ELETTROMAGNETICA</b></p>	Pagina 20 / 21
		Numero Revisione
		00

L'utilizzo di cavi cordati ad elica consente di ridurre notevolmente le distanze tra i conduttori limitando di conseguenza la dimensione della fascia di rispetto.

Il cavo tripolare ha un ottimo comportamento dal punto di vista dei campi magnetici in quanto, essendo la somma delle tre correnti che circolano nei conduttori istante per istante nulla, almeno teoricamente non vi sono correnti parassite circolanti negli eventuali rivestimenti metallici esterni (guaina ed armatura).

Le stesse considerazioni effettuate per i cavi interrati, possono ritenersi certamente valide per una fascia di circa 4 m attorno alle cabine di trasformazione ed alla cabina di impianto, oltre che nelle immediate vicinanze della stazione di utenza AT/MT e del cavidotto AT. Infatti, anche per la sezione AT di impianto i valori di campo magnetico sono inferiori ai limiti di legge.

	ID Documento Committente  <b>CoD018_FV_BER_00006</b> <b>RELAZIONE COMPATIBILITA'</b> <b>ELETTROMAGNETICA</b>	Pagina 21 / 21
		Numero Revisione
		00

## 6 Conclusioni

Alla luce di quanto sopra esposto, l'impianto fotovoltaico e le opere annesse non producono effetti negativi da campi elettrici e magnetici sulle risorse ambientali e sulla salute pubblica.

La limitazione dell'accesso all'impianto a persone non autorizzate e la ridotta presenza di potenziali ricettori garantisce ampiamente di rispettare la distanza di sicurezza tra persone e sorgenti di campi elettromagnetici.

Anche le opere utili all'allaccio dell'impianto alla rete elettrica nazionale rispettano in ogni punto i massimi standard di sicurezza e i limiti prescritti dalle vigenti norme in materia di esposizione da campi elettromagnetici.

I tecnici

Arch. Gianluca Francavilla



Ing. Giuseppe Berardinelli



Ing. Luigi Fratianni

