

Comune di : ROTELLO  
Provincia di : CAMPOBASSO  
Regione : MOLISE



PROPONENTE

## PODINI S.P.A.

Via Lattuada, 30 - 20135 MILANO (MI)  
C.F. e P. IVA IT02246400218

OPERA

## PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE  
RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A  
43.298,50 kWp CON SISTEMA DI ACCUMULO INTEGRATO E RELATIVE  
OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

### "SOLARE ROTELLO - PIANO DELLA FONTANA"

OGGETTO

TITOLO ELABORATO :

## RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

DATA : 02 gennaio 2024

N°/CODICE ELABORATO :

SCALA : ---

Tipologia : REL (RELAZIONI)

# REL 018

I TECNICI

PROGETTISTI:



EDILSAP s.r.l.  
Via di Selva Candida, 452  
00166 ROMA  
Ing. Fernando Sonnino  
Project Manager

TIMBRI E FIRME:



00	202202141	Emissione per Istanza VIA E A.U.	EDILSAP srl	Ing. Fernando Sonnino	Ing. Fernando Sonnino
N° REVISIONE	Cod. STMG	OGGETTO DELLA REVISIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

Proprietà e diritto del presente documento sono riservati - la riproduzione è vietata

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b> .....	2
<b>1.1 GENERALITA'</b> .....	2
<b>2. CALCOLO DELLE DPA</b> .....	3
<b>2.1 CAMPO FOTOVOLTAICO</b> .....	3
<b>3. CAMPI ELETTRICI</b> .....	10
<b>3.1 Cenni teorici</b> .....	10
<b>3.2 Applicazione su progetto in esame</b> .....	10
<b>4. CONCLUSIONI</b> .....	11



## 1. PREMESSA

Il presente documento è parte integrante del progetto definitivo redatto per la realizzazione della connessione elettrica alla rete di Terna SpA, in riferimento all'impianto di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica denominato "SOLARE ROTELLO PIANO DELLA FONTANA", da realizzarsi in agro del comune di Rotello (CB), caratterizzato da una potenza di 43,2985 MWp.

### 1.1 GENERALITA'

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 Luglio 2003 (art. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c.2):

- I limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100  $\mu$ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- Il valore di attenzione (10  $\mu$ T) e l'obiettivo qualità (3  $\mu$ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nella 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (ambienti tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il DPCM 8 Luglio 2003 all'art. 6 in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c.1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 Maggio 2008. Detta fascia comprende tutti i punti dei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Pertanto lo scopo del calcolo della DPA è quello di verificare che all'interno di tale distanza non vi siano luoghi, esistenti o in progetto, destinati a permanenza maggiore di 4 ore.

Se ciò si verifica il procedimento si ritiene concluso altrimenti sono necessarie ulteriori verifiche con calcoli basati su modelli analitici piu' dettagliati ed approfonditi delle fasce di rispetto.



# IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 43.298,5 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

Comune di Rotello

REL\_018\_Relazione Campi elettromagnetici con valutazione esposizione dei lavoratori ai CEM ai sensi del D.Lgs. 159/2016

## 2. CALCOLO DELLE DPA

In riferimento al progetto in oggetto ai fini di valutare l'impatto elettromagnetico si esegue il calcolo delle Distanze di Prima Approssimazione (DPA) dei seguenti elementi dell'impianto:

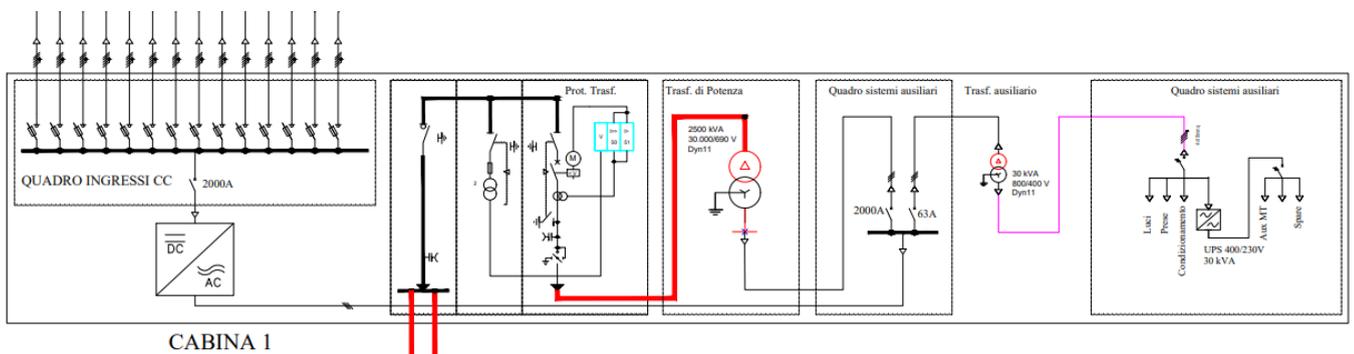
- Cabina di campo
- Collegamento in cavo interrato  $2 \times (3 \times 1 \times 400) \text{ mm}^2$  20.8/36 kV con conduttore in alluminio, tra la cabina di consegna e l'ampliamento della SE Terna 36/150/380 kV Rotello;

Le configurazioni elencate sono quelle più gravose in termini di potenze e di conseguenza campi magnetici generati, per le quali quindi si assume verificata ogni altra casistica.

### 2.1 CAMPO FOTOVOLTAICO

#### a) Cabine di campo

Il parco fotovoltaico in progetto è composto da n.21 cabine di trasformazione di potenza nominale 2.5 – 2.0-0.8 MVA. Si riporta la struttura di disposizione tipica dei componenti elettrici all'interno di una cabina di campo.



Risulta che la sorgente di campo magnetico sia rappresentata dal trasformatore BT/AT impiegato per innalzare la tensione dal livello di generazione al livello 36 kV, tensione di esercizio della distribuzione elettrica delle linee interrate, e dal trasformatore dei servizi ausiliari di potenza 30kVA.

Il trasformatore installato all'interno delle cabine di campo è un trasformatore che ha il compito di



alimentare i soli servizi ausiliari della cabina elettrica ossia carichi elettrici quali l'impianto d'illuminazione, le prese, i circuiti alimentanti gli scomparti, ossia i carichi elettrici connessi al funzionamento della cabina stessa (Rif. Schema elettrico unifilare di progetto).

Per quanto riguarda il campo magnetico, ai fini della presente relazione, si utilizzerà la formula seguente, la quale permette di calcolare l'induzione magnetica B prodotta da un trasformatore AT/BT in resina in funzione della distanza dal trasformatore.

$$B = 0,72 \cdot V_{cc\%} \cdot \frac{\sqrt{S_n}}{d^{2,8}}$$

Vcc% = tensione di corto circuito percentuale del trasformatore

Sn = potenza apparente nominale del trasformatore

d = distanza dal trasformatore espressa in m

Inserendo nella formula richiamata i valori relativi ai trasformatori in progetto, si ottiene la tabella seguente:

- Vcc% = 6
- Sn T1 = 2500 kVA
- Sn T2 = 30kVA

In funzione della distanza d si ottiene la seguente tabella per i valori di induzione magnetica B:

D [m]	B -T1 [μT]	B -T2 [μT]
1	216,0	23,7
1,5	69,4	7,6
2	31,0	3,4
2,5	16,6	1,8
3	10,0	1,1
3,5	6,5	0,7
4	4,5	0,5
4,5	3,2	0,4
5	2,4	0,3
5,5	1,8	0,2



**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 43.298,5 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN**

Comune di Rotello

**REL\_018\_Relazione Campi elettromagnetici con valutazione esposizione dei lavoratori ai CEM ai sensi del D.Lgs. 159/2016**

E' da precisare che attraverso l'applicazione della richiamata formula analitica si ottengono valori di induzione magnetica sovrastimati; confrontando i valori di tabella, si nota che già ad una distanza di 5m dal trasformatore di maggiore potenza il valore di induzione magnetica è sceso al di sotto del valore limite di  $3 \mu\text{T}$ . Pertanto si può assumere, in modo cautelativo ed applicabile anche ai trasformatori con potenza inferiore, che il valore della DPA sia misurata a partire dalla parete esterna della cabina di campo e risulta **DPA = 5m**

**b) Collegamento in cavo interrato  $2 \times (3 \times 1 \times 400) \text{ mm}^2$  20.8/36 kV con conduttore in alluminio, tra la cabina di consegna e la sottostazione di trasformazione;**

Si tratta di un cavo in alluminio singola corda, sigla ARE4H5E 20.8/36 kV, posato ad una profondità di 1,2m.

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di alta tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.7.1 indica che con una profondità di posa pari a 0,80 m già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a  $3 \mu\text{T}$ . A maggior ragione, considerata una reale profondità di posa pari a 1,20 m, risulta al livello del suolo un valore ancora inferiore.

A scopo cautelativo, si è comunque effettuato il calcolo analitico dei campi magnetici generati da questa configurazione.

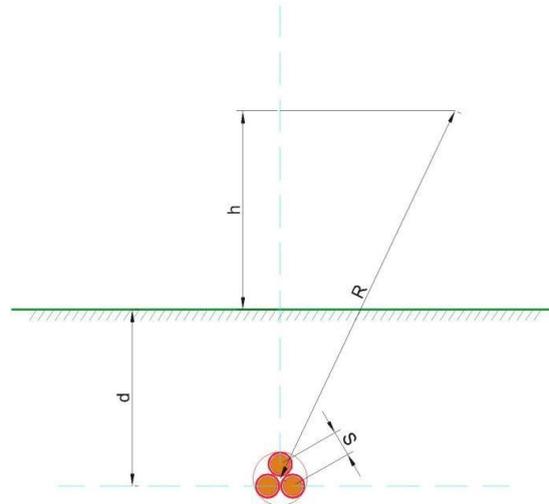
Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati, come di seguito riportato.



**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 43.298,5 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN**

Comune di Rotello

**REL\_018\_Relazione Campi elettromagnetici con valutazione esposizione dei lavoratori ai CEM ai sensi del D.Lgs. 159/2016**



Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11 al cap. 6.2.3, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2}$$

con

S [m] = distanza tra i conduttori adiacenti

I [A] = portata di corrente

R = distanza dal conduttore centrale

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione, con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m.



IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 43.298,5 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

Comune di Rotello

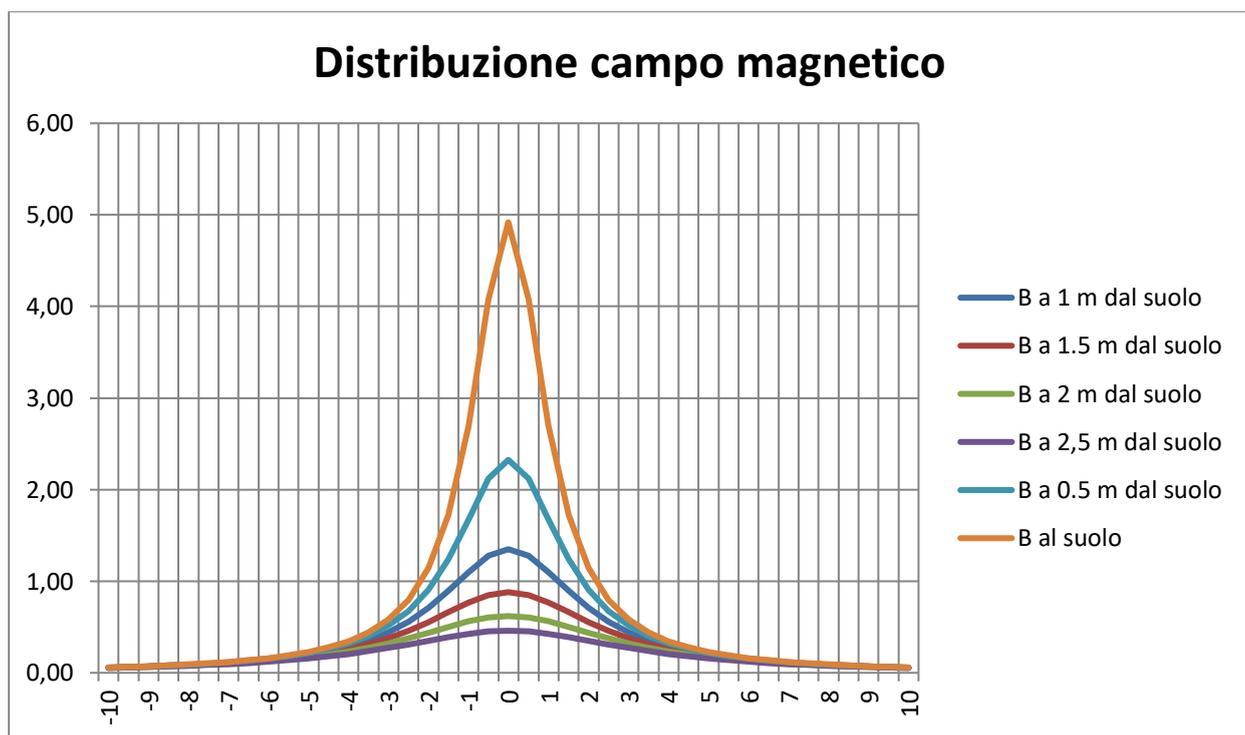
REL\_018\_Relazione Campi elettromagnetici con valutazione esposizione dei lavoratori ai CEM ai sensi del D.Lgs. 159/2016

Distanza dall'asse centrale	Distanza dal suolo [m]					
	0	0,5	1	1,5	2	2,5
-10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
-9,5	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
-9	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
-8,5	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
-8	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
-7,5	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09
-7	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
-6,5	0,14	0,13	0,13	0,12	0,13	0,11
-6	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12
-5,5	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
-5	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16
-4,5	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
-4	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21
-3,5	0,44	0,40	0,36	0,31	0,27	0,24
-3	0,58	0,51	0,44	0,38	0,32	0,27
-2,5	0,80	0,68	0,56	0,46	0,38	0,31
-2	1,14	0,91	0,71	0,55	0,44	0,35
-1,5	1,72	1,24	0,89	0,66	0,50	0,39
-1	2,69	1,67	1,10	0,77	0,56	0,43
-0,5	4,08	2,12	1,28	0,85	0,60	0,45
0	4,92	<b>2,33</b>	1,35	0,88	0,62	0,46
0,5	4,08	2,12	1,28	0,85	0,60	0,45
1	2,69	1,67	1,10	0,77	0,56	0,43
1,5	1,72	1,24	0,89	0,66	0,50	0,39
2	1,14	0,91	0,71	0,55	0,44	0,35
2,5	0,80	0,68	0,56	0,46	0,38	0,31
3	0,58	0,51	0,44	0,38	0,32	0,27
3,5	0,44	0,40	0,36	0,31	0,27	0,24
4	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21
4,5	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18
5	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16
5,5	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14
6	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,12
6,5	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11
7	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
7,5	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
8	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
8,5	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
9	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
9,5	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05



Ricordando che il vincolo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a  $3 \mu\text{T}$ , si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad un'altezza di 0,5m dal suolo, pari a  $2,33 \mu\text{T}$ , inferiore al limite fissato.

Per il caso A in esame, risulta pertanto abbondantemente rispettato il valore limite di esposizione pari a  $100 \mu\text{T}$  lungo tutto il percorso dei cavi, così pure l'obiettivo di qualità pari a  $3 \mu\text{T}$ .

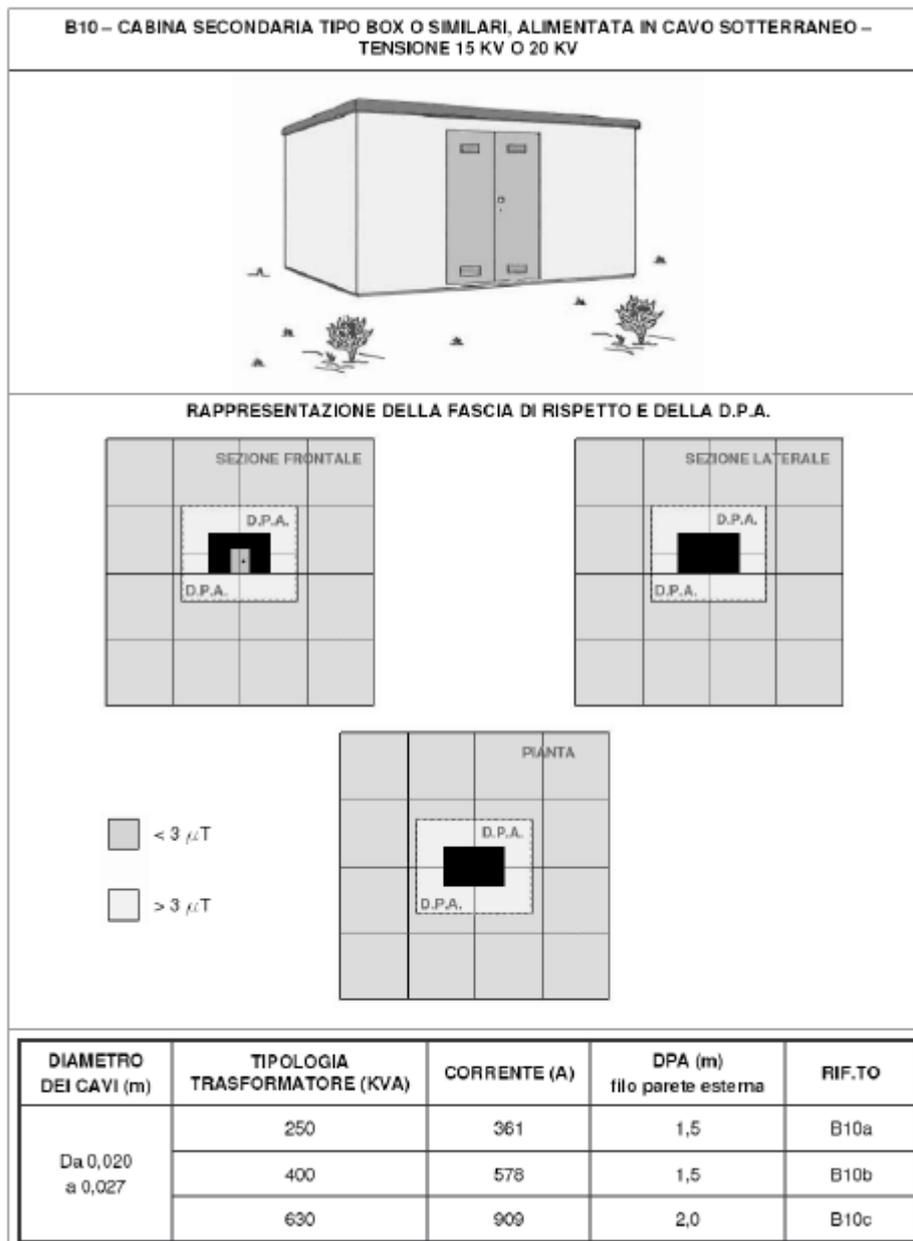




**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 43.298,5 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN**

Comune di Rotello

**REL\_018\_Relazione Campi elettromagnetici con valutazione esposizione dei lavoratori ai CEM ai sensi del D.Lgs. 159/2016**



*Fig. 2 “Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.5.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche” di Enel Distribuzione Spa*

- Scheda tecnica B10 -



### 3. CAMPI ELETTRICI

#### 3.1 Cenni teorici

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove:

$\lambda$  = densità lineare di carica sul conduttore

$\epsilon_0$  = permittività del vuoto

$d$  = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

$\vec{u}_r$  = versore unitario con direzione radiale al conduttore

#### 3.2 Applicazione su progetto in esame

Considerato che l'intensità del campo elettrico dipende dalla tensione di esercizio del sistema, si può ritenere che l'intensità del suddetto campo generato dai componenti costituenti l'impianto, oggetto della presente relazione tecnica, sia assolutamente trascurabile.

Infatti il cavo interrato 20.8/36 kV, per il tratto dell'impianto di utenza che collega tra loro le cabine di campo alla cabina di consegna, e da quest'ultima alla sottostazione di trasformazione, è caratterizzato dalla presenza dello schermo che rende il campo elettrico nullo al suo esterno.



Analoga considerazione vale per gli elementi interni alle cabine, sia per i cavi in alta tensione anch'essi schermati, sia per gli scomparti AT disposti all'interno di armadi metallici connessi a terra. Discorso analogo vale in riferimento al campo elettrico generato dal trasformatore delle cabine di campo; infatti il trasformatore BT/AT è installato all'interno della cabina di campo, pertanto il campo elettrico generato da quest'ultimo risulta essere perfettamente schermato dalle pareti della struttura metallica che lo circonda.

#### 4. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare, e, sulla base delle risultanze, individuare eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici, secondo il vigente quadro normativo. Una volta individuate le possibili sorgenti dei campi elettromagnetici, per ciascuna di esse è stata condotta una valutazione di tipo analitico, volta a determinare la consistenza dei campi generati dalle sorgenti e l'eventuale distanza di prima approssimazione (DPA).

Di seguito i principali risultati:

##### **Campo fotovoltaico e cavidotti AT 36kV:**

- per le cabine di campo è stata definita una fascia di rispetto **DPA = 5m**;
- nel caso di cavi unipolari posati a trifoglio (fino a sezione 630 mm<sup>2</sup>) i campi elettromagnetici risultano di modesta entità, di poco superiori agli obiettivi di qualità, ma comunque inferiori ai limiti imposti dalla normativa.

##### **Opere di rete:**

La soluzione di connessione prevede il collegamento a barre 36kV i cui valori di campi elettromagnetici emessi sono già calcolati e relazionati nel progetto delle opere di rete riguardanti l'ampliamento della SE Terna 36/150/380 kV Rotello di Terna.