



Regione  
Puglia



Provincia  
di Foggia



Comune di  
Foggia

Nome Progetto / Project Name

Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico denominato "Agrosolar 3", della potenza complessiva pari a 28,439 MWp e delle relative opere connesse, nel comune di Foggia (FG).

Sviluppatore / Developer



**RENEWABLE CONSULTING S.R.L.**

Corso G. Matteotti, 65  
71017 - Torremaggiore (FG)  
P. IVA 02250560683  
info@renewableconsulting.eu  
www.renewableconsulting.eu

RENEWABLE  
Consulting

Committente

**PUGLIA AGROSOLAR 3 S.R.L.**

Piazza Walther von Vogelweide, 8  
39100 Bolzano  
P.IVA 03176980211  
REA BZ - 238504

Titolo documento / Document title

Relazione tecnica impatto elettromagnetico

Tavola / Pannel

Codice elaborato / Code processed

PA3\_REL\_FV\_DPA\_001

N.	DATA REVISIONE	DESCRIZIONE REVISIONE	PREPARED	CHECKED	APPROVED
00	03/2024	PROGETTO PRELIMINARE			

Specialista / Specialist

Ing. Pasquale De Bonis

Timbro e firma / Stamp and signature

Progettisti / Planner

**RENEWABLE CONSULTING S.R.L.**

Nome file	Dimensione cartiglio	Scala
PA3_REL_FV_DPA_001	A4	-

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b> .....	2
<b>1.1 GENERALITA'</b> .....	2
<b>2. CALCOLO DELLE DPA</b> .....	2
<b>2.1 Cabine di campo FV</b> .....	3
<b>2.2 Collegamento in cavo interrato 2x(3x1x400) mm<sup>2</sup> tra la cabina di consegna e la SE 36kV;</b> .....	5
<b>3. CAMPI ELETTRICI</b> .....	9
<b>3.1 Cenni teorici</b> .....	9
<b>3.2 Applicazione su progetto in esame</b> .....	9
<b>4. CONCLUSIONI</b> .....	10

### ALLEGATI:

- SCHEDA TECNICA CAVO ARE4H5E 20,8/36 kV



## IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

COMUNE DI MANFREDONIA

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

### 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 **PUGLIA AGRISOLARE 3** da realizzarsi in agro di Manfredonia (FG), caratterizzato da una potenza di 28.439,04 MWp.

#### 1.1 GENERALITA'

L'impianto di generazione in oggetto sarà composto da 41.216 moduli fotovoltaici, della potenza unitaria di 690Wp cad.. **La potenza richiesta ai fini della connessione è pari a 27,10 MW, mentre quella nominale dell'impianto è pari a 28,439 MWp**, valore inteso come picco di prestazione dei generatori, variabile in diminuzione secondo le condizioni meteo.

I moduli saranno raggruppati secondo schema tipico in stringhe e sottocampi gestiti da inverter centralizzati della potenza di 2500 kVA l'uno, ad eccezione dell'area 1/1 dove saranno presenti n. 6 inverter di stringa, e dal punto di vista della configurazione di rete elettrica colletttrice i vari collegamenti ramificati in AT costituiscono un albero alla tensione nominale di 36 kV, confluyente in un unico collegamento, che realizza la connessione in elettrodotto interrato come montante fino al punto di connessione individuato su nuova SE inserita in antenna alla SE esistente 380/150kV "Macchiarotonda".

### 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:

- a) Cabina di campo FV
- b) Collegamento in cavo interrato  $2 \times (3 \times 1 \times 400)$  mm<sup>2</sup> 20.8/36 kV con conduttore in alluminio, tra la cabina di consegna e la sottostazione di trasformazione;



## IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

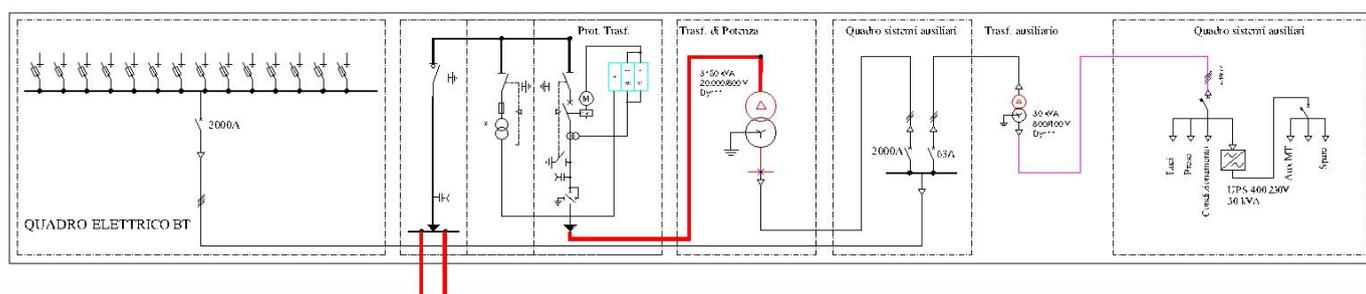
COMUNE DI MANFREDONIA

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

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 Cabine di campo FV

Il parco fotovoltaico in progetto è composto da n.8 cabine di campo di potenza nominale tra 2.6/4.0 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 della cabina utente 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.



**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN**

COMUNE DI MANFREDONIA

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

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

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= 3000kVA
- Sn T3= 4000kVA
- Sn T4= 30kVA

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

<b>D</b> <b>[m]</b>	<b>B -T1</b> <b>[μT]</b>	<b>B -T2</b> <b>[μT]</b>	<b>B -T3</b> <b>[μT]</b>	<b>B -T4</b> <b>[μT]</b>
1	216,0	236,6	273,2	23,7
1,5	69,4	76,0	87,8	7,6
2	31,0	34,0	39,2	3,4
2,5	16,6	18,2	21,0	1,8
3	10,0	10,9	12,6	1,1
3,5	6,5	7,1	8,2	0,7
4	4,5	4,9	5,6	0,5
4,5	3,2	3,5	4,1	0,4
5	2,4	2,6	3,0	0,3
5,5	1,8	2,0	2,3	0,2

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 μT. 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**

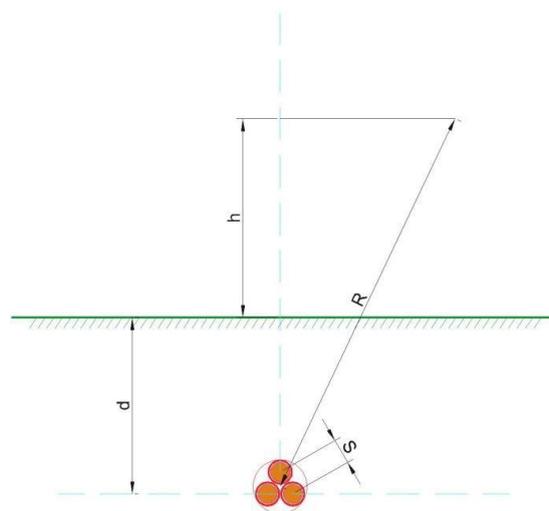
## 2.2 Collegamento in cavo interrato $2x(3x1x400)$ mm<sup>2</sup> tra la cabina di consegna e la SE 36kV;

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 media 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  $\mu$ 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.



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.



IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN

COMUNE DI MANFREDONIA

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche

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

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.

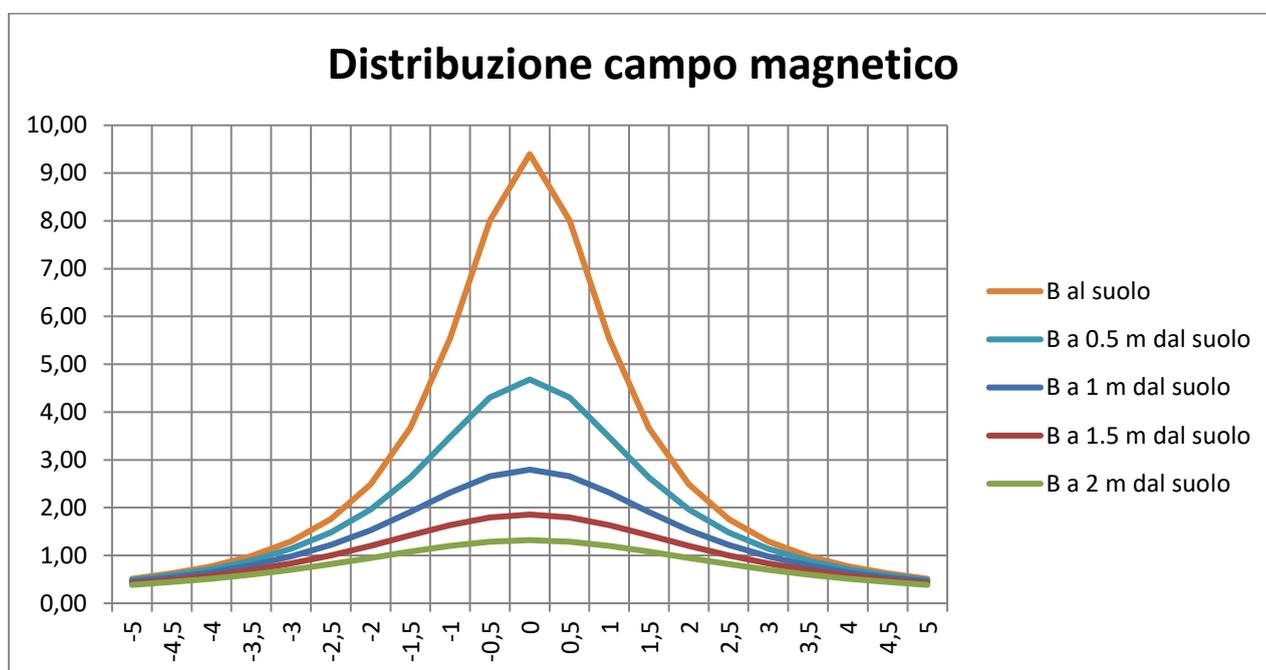
Distanza dall'asse centrale	Distanza dal suolo [m]					
	0	0,5	1	1,5	2	2,5
-5	0,51	0,49	0,45	0,42	0,38	0,51
-4,5	0,62	0,58	0,54	0,49	0,44	0,62
-4	0,78	0,72	0,65	0,58	0,52	0,78
-3,5	0,99	0,89	0,79	0,69	0,60	0,99
-3	1,30	1,14	0,98	0,83	0,70	1,30
-2,5	1,76	1,48	1,22	1,00	0,82	1,76
-2	2,49	1,96	1,53	1,20	0,95	2,49
-1,5	3,67	2,63	1,91	1,42	1,08	3,67
-1	5,55	3,48	2,32	1,63	1,20	5,55
-0,5	8,01	4,31	2,66	1,79	1,29	8,01
0	9,40	4,68	2,80	1,86	1,32	9,40
0,5	8,01	4,31	2,66	1,79	1,29	8,01
1	5,55	3,48	2,32	1,63	1,20	5,55
1,5	3,67	2,63	1,91	1,42	1,08	3,67
2	2,49	1,96	1,53	1,20	0,95	2,49
2,5	1,76	1,48	1,22	1,00	0,82	1,76
3	1,30	1,14	0,98	0,83	0,70	1,30
3,5	0,99	0,89	0,79	0,69	0,60	0,99
4	0,78	0,72	0,65	0,58	0,52	0,78
4,5	0,62	0,58	0,54	0,49	0,44	0,62
5	0,51	0,49	0,45	0,42	0,38	0,51

Ricordando che il vincolo da rispettare per il caso in esame è l'obiettivo di qualità, pari a 3  $\mu$ T, si rileva



che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo, in corrispondenza all'asse centrale ad un'altezza di 1 m dal suolo, pari a 2,80  $\mu\text{T}$ , 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  $\mu\text{T}$ .



Le opere elettriche in progetto e relative DPA ( $B > 3 \mu\text{T}$ ) non interessano aree attualmente utilizzate come aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M 8 luglio 2003.

Con riferimento specifico ai cavidotti osserviamo che le DPA ricadono:

- 1) in gran parte all'interno di strade provinciali, comunali e interpoderali al di fuori di centri abitati;
- 2) in parte in aree agricole ai sensi dei piani urbanistici vigenti.

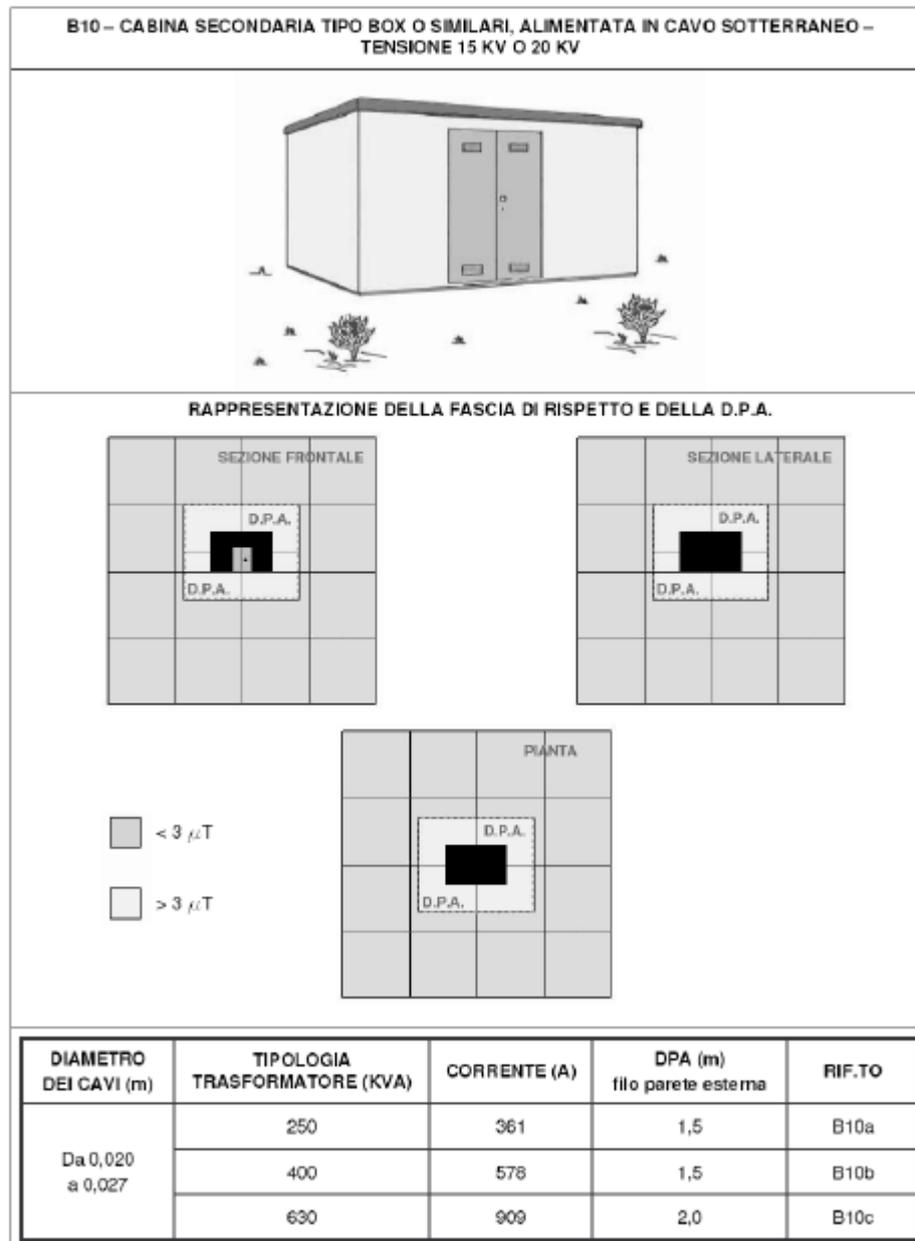
Per quanto attiene la possibile destinazione futura delle aree agricole, ricordiamo che su queste verrà apposta, prima della costruzione dell'impianto, una servitù di elettrodotto su una fascia di ampiezza 2,5 m a destra e a sinistra rispetto l'asse del cavidotto stesso (5 m di larghezza). Tale servitù renderà di fatto impossibile la realizzazione di edifici adibiti a qualsiasi destinazione d'uso.



**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE AGRIVOLTAICA DI POTENZA NOMINALE PARI A 28.439,04 kWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE RTN**

COMUNE DI MANFREDONIA

PA3\_REL\_FV\_IMP\_004\_Relazione tecnica opere elettriche



*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 media 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 opere utenza:**

- 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 lo stallo 150/36kV.