



REGIONE
PUGLIA

COMUNE DI SAN SEVERO (FG)

Progettazione Centrale Solare " Energia dell'olio del Tavoliere " da 50.859 kW



Proponente:



Peridot Solar Blue s.r.l.
Via Alberico Albricci, 7 - 20122 Milano (MI) - Italia

Investitore agricolo
superintensivo :



OXY CAPITAL
Largo Donegani,2 - 20121 Milano (MI) - Italia

Partner:



Titolo: Relazione previsionale impatto elettromagnetico

N° Elaborato: 50

Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione

Progettista:

Agr. Fabrizio Cembalo Sambiasi
Arch. Alessandro Visalli

Collaboratori:

Agr. Rosa Verde
Arch. Anna Sirica
Urb. Enrico Borrelli
Urb. Daniela Marrone
Urb. Patrizia Ruggiero

Cod: PR_7

Progettazione elettrica e civile

Progettista:

Ing. Rolando Roberto
Ing. Marco Balzano

Collaboratori:

Ing. Simone Bonacini
Ing. Giselle Roberto

Consulenza geologia
Geol. Gaetano Ciccarelli

Consulenza archeologia
Archeol. Concetta C.Costa

tipo di progetto:

- RILIEVO
- PRELIMINARE
- DEFINITIVO
- ESECUTIVO



Progettazione:



Rev.	Descrizione	Data	Formato	Elaborato da	Controllato da	Approvato da
00	Consegna	Dicembre 2022	A4	Patrizia Zorzetto	Giselle Roberto	Rolando Roberto

RELAZIONE TECNICA

Valutazione Previsionale Impatto Elettromagnetico di un campo fotovoltaico da realizzarsi in agro di San Severo (FG)

Committente: PERIDOT SOLAR BLUE s.r.l.

Località: San Severo (FG)

Il tecnico
ing. Patrizia Zorzetto

FOGGIA, 19.12.2022



INDICE

1.PREMESSA	3
2.NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3.DESCRIZIONE IMPIANTO	5
4.CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI	6
4.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO	6
4.1.1 MODULI FOTOVOLTAICI	6
4.1.2 INVERTER	7
4.1.3 LINEE MT INTERNE (CONNESSIONI CABINE TRASFORMAZIONE)	7
4.1.4 CABINE DI TRASFORMAZIONE	9
4.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI OPERE CONNESSIONE.....	11
4.2.1 ELETTRDOTTO MT/AT	11
4.2.2 SOTTOSTAZIONE MT/AT	14
5.ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI	17

1.PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto fotovoltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico a terra di taglia pari a 50,859MWp in DC.

Tale impianto sorgerà in un'area che si estende su una superficie di 65,8ha, ubicata nel territorio comunale del comune di San Severo (FG).

In campo saranno installati n°142 inverter da 320kW, per una potenza totale degli inverter pari a 45,44MW.

Gli inverter confluiranno in 11 cabine di trasformazione collegate a loro volta ad una Cabina di Raccolta.

Dalla Cabina di Raccolta partirà il cavidotto di collegamento alla stazione di elevazione AT/MT dove sarà effettuato un collegamento in antenna con una potenza totale disponibile di immissione pari a 45,44MW.

In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alla cabine elettriche, ai cavidotti ed alla stazione utente per la trasformazione.

Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio è stata presa in considerazione le condizione maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

Verrà riportata l'intensità del campo elettromagnetico sulla verticale dei cavidotti e nelle immediate vicinanze, fino ad una distanza massima di 15 m dall'asse del cavidotto; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di 0m, +1,5m, +2m, +2,5m e +3m dal livello del suolo.

Si fa presente che la quota di +1,5m dal livello del suolo è la quota nominale cui si fa riferimento nelle misure di campo elettromagnetico.

2.NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001:** "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". Essa da attuazione in modo organico e adeguato alla Raccomandazione del Consiglio della Comunità Europea 1999/519/CE del 12 Luglio 1999.
- **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".
- **Norma CEI 211-4:** "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- **Norma 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."
- **DM del MATTM del 29.05.2008:** "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel 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", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

In particolare negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

"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 μ T per l'induzione magnetica e 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];

"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 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio." [art. 3, comma 2];

"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 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

	Intensità campo elettrico (kV/m)	Intensità campo induzione magnetica (μT)
Limiti di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione (circa 45.760kW).

3.DESCRIZIONE IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico sorgerà nel comune di San Severo (FG) e verrà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale in antenna a 36kV su una nuova stazione elettrica di trasformazione a 150/36kV della RTN da inserire in entra – esci sull'elettrodotto RTN a 380kV "Foggia – S. Severo".

Verrà installato un trasformatore elevatore 30/36kV da 50MVA.

L'estensione complessiva dell'impianto sarà pari a circa 65,8ha e la potenza complessiva in immissione dell'impianto sarà pari a 45.440kWp.

Il parco fotovoltaico, mediante un cavo interrato della lunghezza di circa 22,2km uscente dalla Cabina di Raccolta alla tensione di 30kV, sarà collegato a satellite attraverso il trasformatore elevatore.

L'impianto sarà costituito da un totale di 83.376 moduli da 610Wp, per una conseguente potenza di picco pari a 50.859kWp.

I pannelli saranno montati su inseguitori monoassiali capaci di ospitare n°48: a questo modo si realizzeranno stringhe da 24 moduli da collegarsi ai singoli MPPT degli inverter.

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n°142 convertitori statici trifase (inverter) da 320kW della 'SUNGROW' modello SG350HX, installati in campo.

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 4000kVA (n°2), 6000kVA (n°9) a doppio secondario ed avranno una tensione primaria di 30kV ed una tensione secondaria di 800V. Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno di una cabina di trasformazione in accoppiamento con gli inverter di competenza.

In ciascuna cabina sarà presente un trasformatore da 160kVA con primario a 30kV e secondario a 400V per i servizi ausiliari.

4.CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI

4.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

4.1.1 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 MPPT 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.

4.1.2 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 61000-6-2, CEI EN 61000-6-4).

4.1.3 Linee MT interne (connessioni cabine trasformazione)

Al fine di determinare le condizioni più gravose dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, si è valutato l'impatto prodotto dal cavidotto di uscita dalla cabina con il trasformatore da 6000kVA.

La linea considerata ha le seguenti caratteristiche:

- Tensione nominale: 30.000V
- Corrente massima di esercizio del collegamento: 128A
- Formazione dei conduttori: 3 x 1 x 70mmq AL
- Tipo di posa: linea interrata trifase

La norma CEI 211-6:2001, prima edizione, "*Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana*", stabilisce che le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico all'esterno, in quanto, le guaine metalliche dei cavi costituiscono un'efficace schermatura nei riguardi di tale tipo di campo (par. 7.3.1).

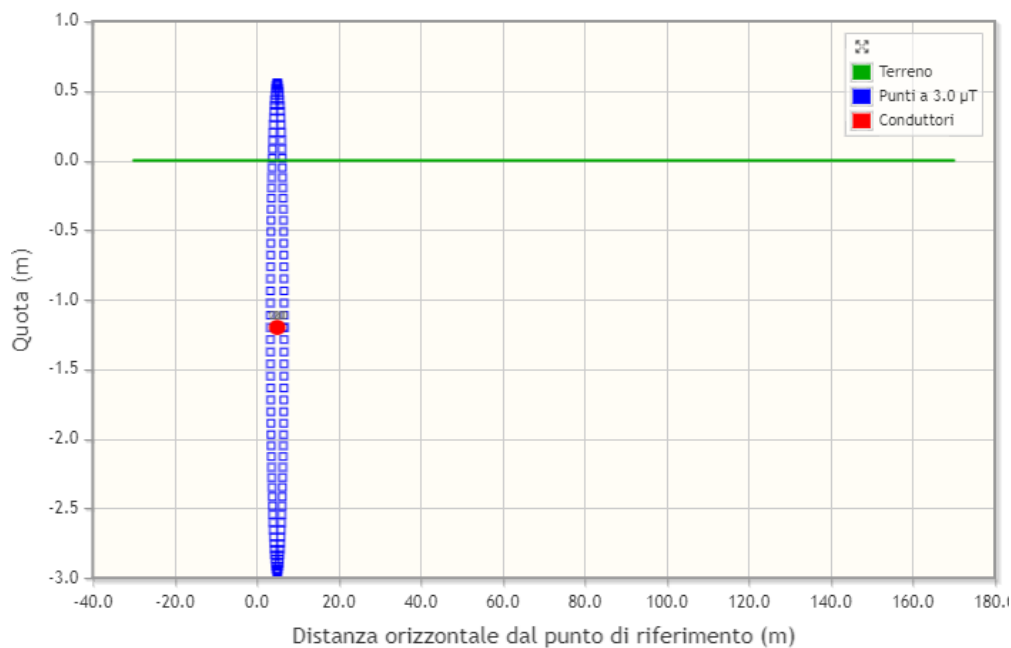
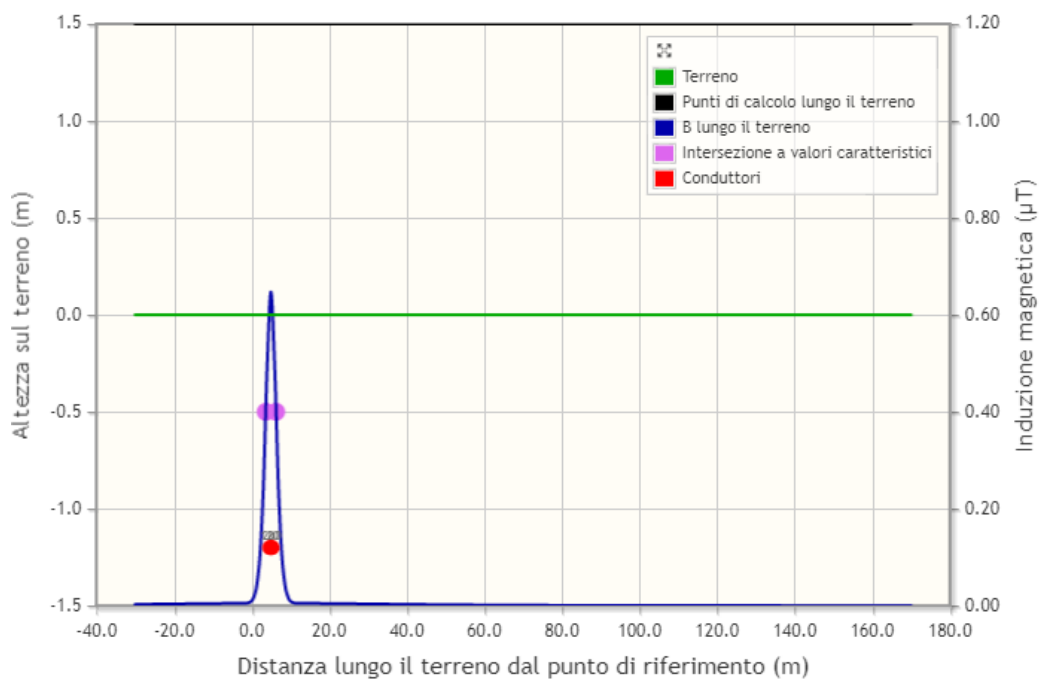
Per quanto riguarda le linee in cavo ad alta tensione non si ritiene di riportare risultati di calcolo o di misura di campi elettrici, visto che, per le ragioni sopra esposte, i livelli di tali campi sono normalmente del tutto trascurabili.

Tale considerazione può essere fatta anche nel caso di media tensione, dato che l'intensità del campo elettrico diminuisce con la diminuzione della tensione della linea.

Le linee in cavo interrato sono invece sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Nel caso di un sistema bilanciato, come quello in esame, considerando le caratteristiche dell'elettrodotto (formazione dei conduttori in posa piatta - profondità di posa della linea 1m) ad una distanza verticale di 1,5 metri dal centro linea (altezza uomo) si avranno le condizioni determinate nel grafico seguente:

Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tipologia posa	Formazione	Conduttori
30000	128	Linea in cavidotto interrato	Posa a trifoglio	3x1x70mmq



Campo magnetico indotto (μT)	Distanza dalla linea (m)	Campo magnetico preesistente (μT)	Campo magnetico complessivo (μT)	Limite di attenzione (μT)
0,65	1,3	0,07	0.72	10

Il campo elettromagnetico preesistente è stato ipotizzato pari a 0,07μT, valore tipico per le aree agrarie.

Si può concludere che il campo elettromagnetico complessivo post operam presenterà ad altezza d'uomo un valore al di sotto dei limiti di legge e nel punto di maggiore intensità un valore massimo **inferiore al limite di attenzione** (10μT > 0,72μT).

4.1.4 Cabine di trasformazione

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT.

Anche in questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di maggiore potenza, pari a 6000kVA collocati nelle cabine di trasformazione.

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 che $I=2 \times 2400$ e che la formazione del cavo scelto sul lato BT del trasformatore è $3 \times (7//240) \text{mm}^2$ per ogni secondario, con diametro esterno pari a circa 29,2mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 3m.

D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

La verifica dell'osservanza dei limiti di cui al DPCM 08/07/2003 è dunque da ritenersi soddisfatta.

4.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI OPERE CONNESSIONE

4.2.1 Elettrodotto MT/AT

Al fine di determinare le condizioni più gravose dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, si è valutato l'impatto prodotto dall'elettrodotto di uscita dalla Cabine di Raccolta, considerando la massima potenza di esercizio, pari a 50.000kVA.

Saranno perciò considerate due linee che viaggiano lungo lo stesso percorso, con le seguenti caratteristiche:

Linea cabina raccolta RT1 (50.000kW)

- | | |
|---|-------------------------|
| ▪ Tensione nominale: | 30.000V |
| ▪ Corrente massima di esercizio del collegamento: | 962A |
| ▪ Formazione dei conduttori: | 3 x (4//500mmq) AL |
| ▪ Tipo di posa: | linea interrata trifase |

La norma CEI 211-6:2001, prima edizione, "*Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana*", stabilisce che le linee elettriche in cavo non producono campo elettrico all'esterno, in quanto, le guaine metalliche dei cavi costituiscono un'efficace schermatura nei riguardi di tale tipo di campo (par. 7.3.1).

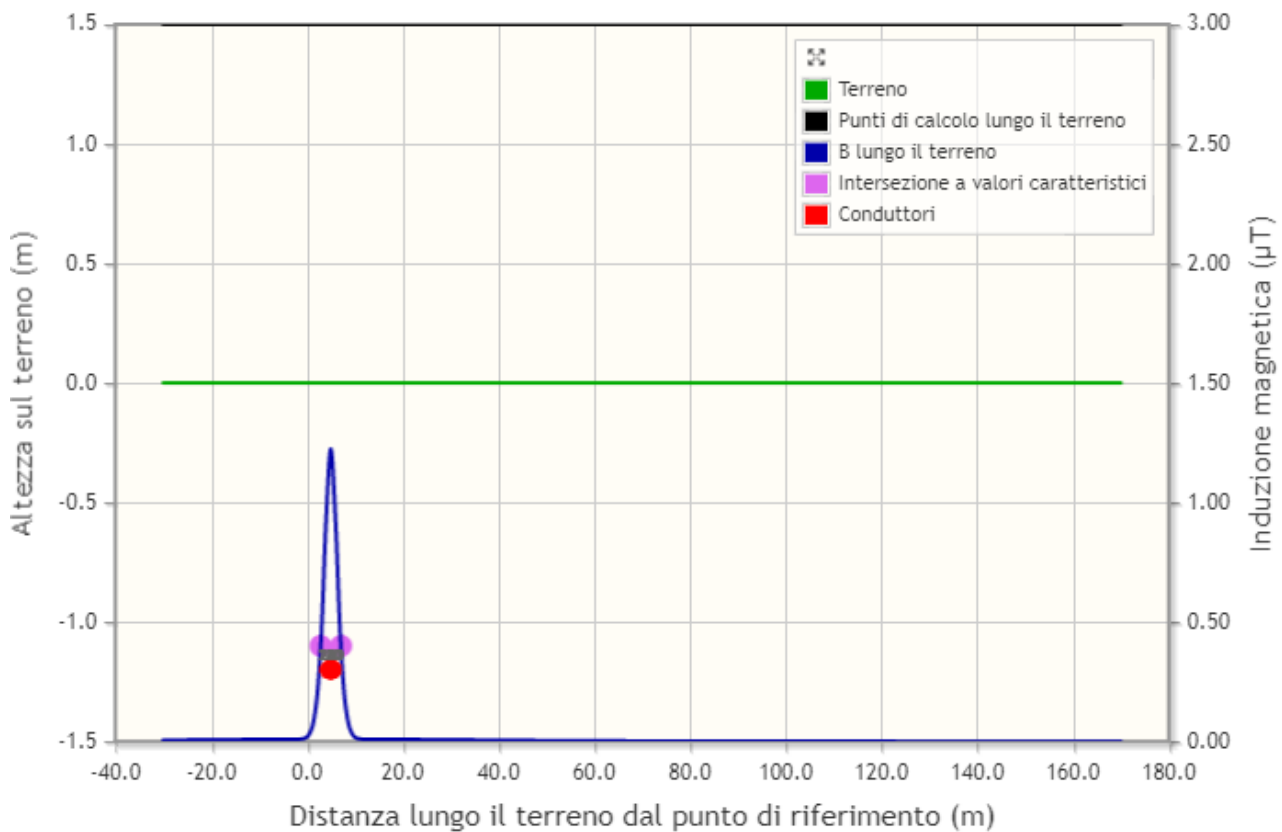
Per quanto riguarda le linee in cavo ad alta tensione non si ritiene di riportare risultati di calcolo o di misura di campi elettrici, visto che, per le ragioni sopra esposte, i livelli di tali campi sono normalmente del tutto trascurabili.

Tale considerazione può essere fatta anche nel caso di media tensione, dato che l'intensità del campo elettrico diminuisce con la diminuzione della tensione della linea.

Le linee in cavo interrato sono invece sorgenti di campo magnetico, in quanto le guaine dei cavi non costituiscono un'efficace schermatura a tale riguardo.

Nel caso di un sistema bilanciato, come quello in esame, considerando le caratteristiche dell'elettrodotto (formazione dei conduttori in posa piatta - profondità di posa della linea 1,5m) ad una distanza verticale di 1,5 metri dal centro linea (altezza uomo) si avranno le condizioni determinate nel grafico seguente:

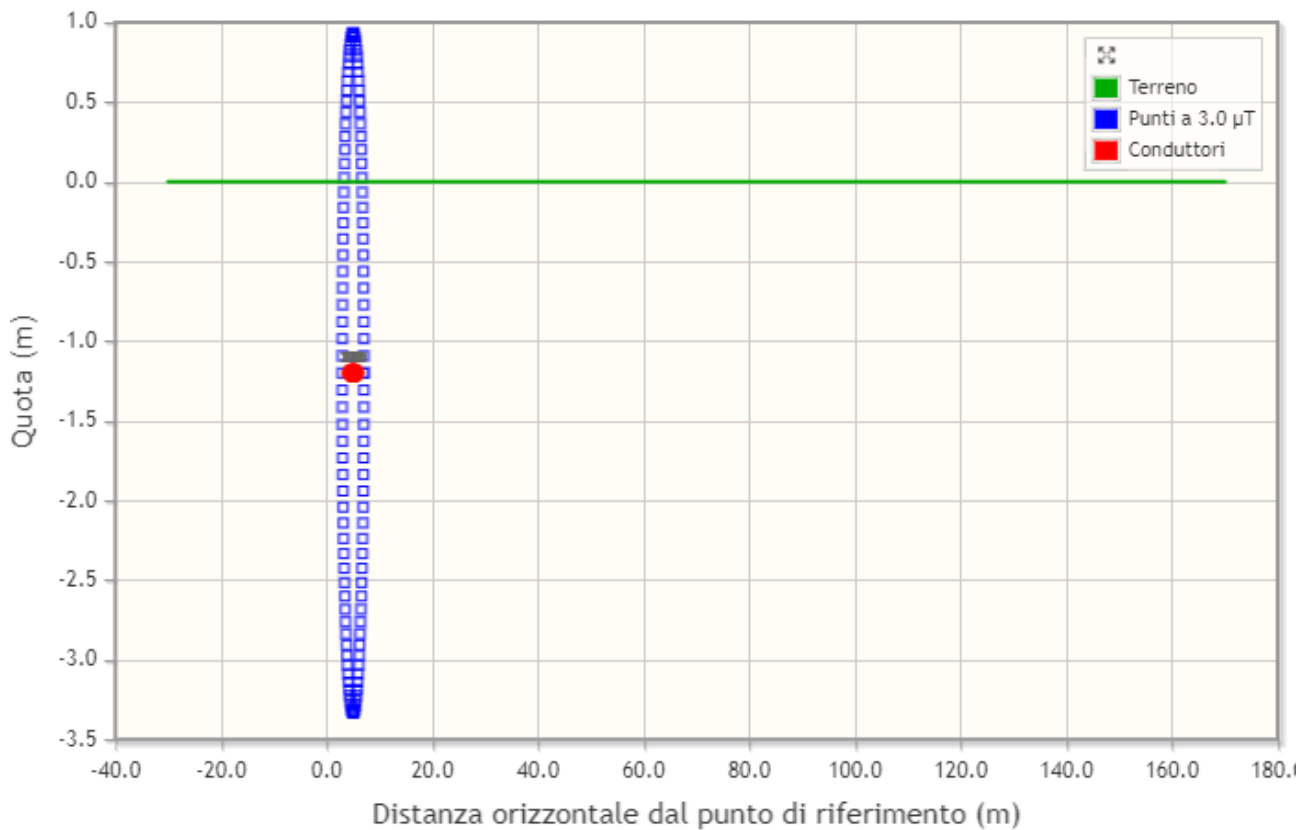
Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tipologia posa	Formazione	Conduttori
30000	962	Linea in cavidotto interrato	Posa a trifoglio	3 x (4//500)mm ²



Campo magnetico indotto (μT)	Distanza dalla linea (m)	Campo magnetico preesistente (μT)	Campo magnetico complessivo (μT)	Limite di attenzione (μT)
1,22	0.9	0,07	1,29	10

Il campo elettromagnetico preesistente è stato ipotizzato pari a $0,07\mu\text{T}$, valore tipico per le aree agrarie.

Si può concludere che il campo elettromagnetico complessivo post operam presenterà ad altezza d'uomo un valore pressoché nullo e nel punto di maggiore intensità un valore massimo **inferiore al limite di attenzione** ($10\mu\text{T} > 1,29\mu\text{T}$).



Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto con valore del campo magnetico indotto inferiore a $3\mu\text{T}$ sia pari a 2,20m, a cavallo dell'asse del cavidotto. Infine, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.

Il rischio elettromagnetico è pertanto da considerarsi nullo, considerando anche che:

- ✓ il cavidotto non è mai percorso dalla massima corrente teorica;
- ✓ trattandosi di un impianto fotovoltaico, nelle ore notturne la produzione è nulla;
- ✓ il cavidotto attraversa principalmente aree poco abitate, dove non è ragionevole supporre una permanenza in prossimità o al di sopra di esso di persone per più di 4 ore al giorno e per periodi prolungati;
- ✓ anche nei tratti con presenza di abitazioni i valori sono al di sotto del valore di qualità stabilito per legge.

La verifica dell'osservanza dei limiti di cui al DPCM 08/07/2003 è dunque da ritenersi soddisfatta.

4.2.2 Sottostazione MT/AT

In questo caso le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT saranno a 36kV ed il collegamento con il punto di immissione avverrà con un collegamento in cavo interrato.

Riportiamo allora un'analisi del campo magnetico relativa al trasformatore e considerando la massima potenza di immissione prevista.

La massima potenza su cui è stato effettuato il dimensionamento corrisponde a quella di generazione nominale e cioè $P = 50\text{MVA}$.

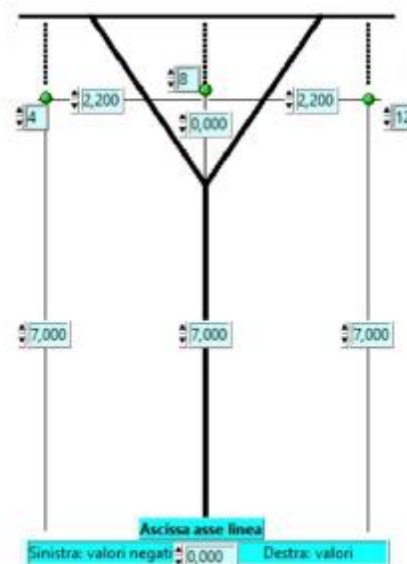
Considerando una tensione di generazione di 36kV e un $\cos\varphi = 0,9$, osserviamo che l'aliquota di intensità di corrente prodotta nella stazione di trasformazione è pari a:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi \cdot \sqrt{3}}$$

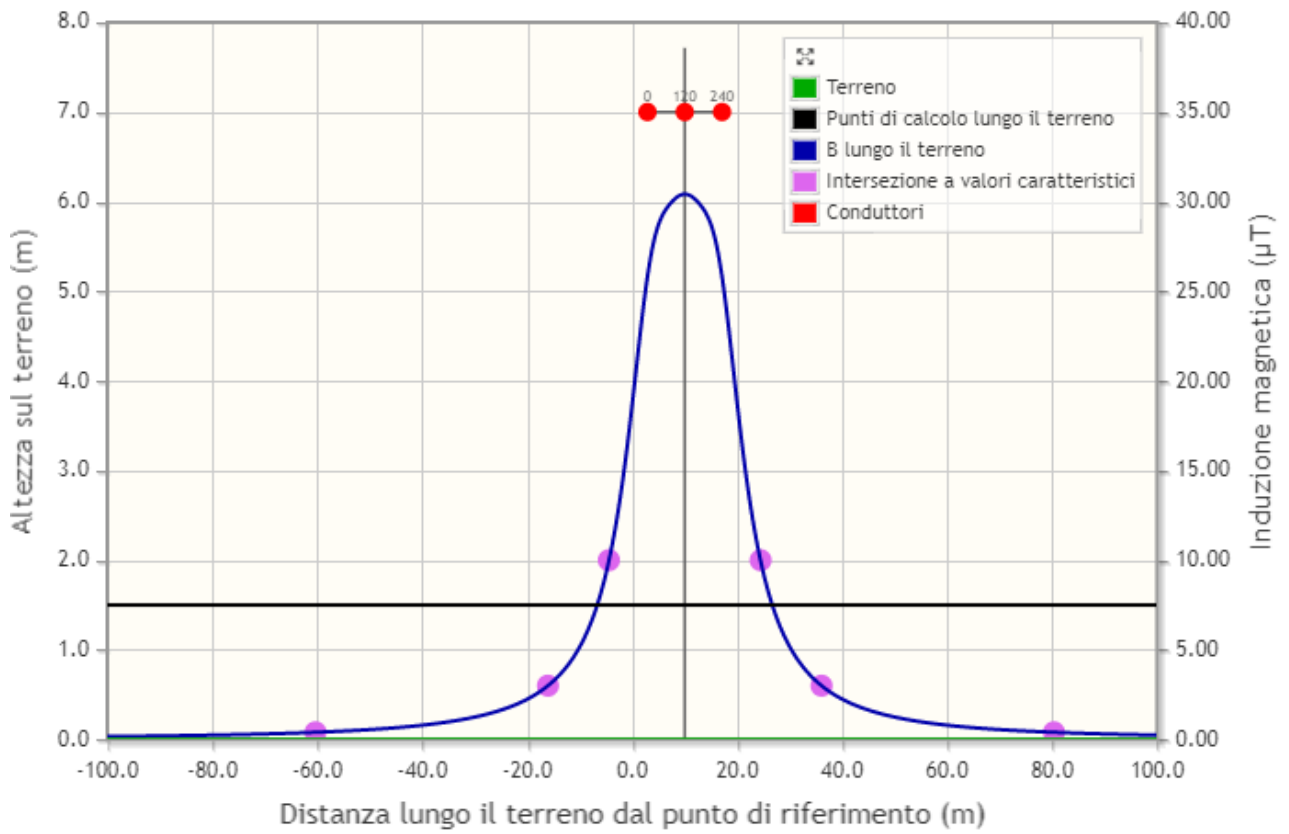
da cui si ottiene:

$$I = 892\text{A per il trafo 1}$$

Considerando quella che è la geometria tipica di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione di utenza e che riportiamo nella figura sottostante



L'andamento del campo magnetico indotto per il trafo 1 è quello riportate nelle figure seguenti:



Come si può notare, ad una distanza di 13m dall'asse del sistema di sbarre l'induzione magnetica è inferiore a $3\mu\text{T}$.

Si può concludere che il campo elettromagnetico complessivo "post operam", determinato dal trasformatore all'aperto AT 36kV, presenterà ad altezza d'uomo un valore inferiore al limite di normativa di $3\mu\text{T}$ a circa 23m.

Pertanto sarà stabilita una DPA pari a $\pm 23\text{m}$ a destra e a sinistra dell'asse dei conduttori.

Vista la possibile presenza di personale tecnico in stazione soprattutto nell'edificio quadri e comandi, si è analizzata la fascia relativa alla DPA sulla base dell'obiettivo qualità dei $3\mu\text{T}$.

Dall'analisi della pianta della sottostazione, l'edificio quadri risulta posizionato ad una distanza maggiore di 5m rispetto al limite dell'area AT.

5.ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di $3\mu\text{T}$, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti MT esterni; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva di circa 2.2m a cavallo della mezzeria di tutto il cavidotto MT, della lunghezza di circa 22km.

In ogni caso per la parte di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 3m attorno alle cabine di trasformazione ed alla cabina di impianto, mentre nelle immediate vicinanze della stazione di utenza AT/MT la fascia si estende fino a 23m.

Infatti, sia per gli impianti fotovoltaici che per la stazione d'utenza, ad eccezione che in corrispondenza degli ingressi e delle uscite linee, al di fuori della recinzione i valori di campo magnetico sono inferiori ai limiti di legge.

Foggia, lì 19 Dicembre 2022

Il Tecnico

Ing. Patrizia ZORZETTO

