



ENERGY
ENVIRONMENT
ENGINEERING

3E Ingegneria Srl
Via G. Volpe, 92 – PISA

CLIENTE – CUSTOMER



Rinnovabili da sempre

TITOLO – TITLE

***IMPIANTO FOTOVOLTAICO FLOTTANTE
“CAVE PODERE STANGA”
Loc. i Dossi di Roncaglia, Comune di Piacenza (PC)***

ELETTRODOTTO IN CAVO MT

RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO



					SIGLA – TAG	
					092.21.01.R03	
00	EMISSIONE	3E	HydroSolar	Sett. 21	LINGUA-LANG.	PAGINA-SHEET
REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	EMESSO-ISSUED	APPROV.-APPR'D	DATA-DATE	I	1 / 16

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		2/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4	DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI	8
4.1	Generalità.....	8
5	CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	9
5.1	CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE	9
5.1.1	Linee elettriche in corrente alternata in media tensione.....	9
5.1.2	Configurazioni di calcolo.....	9
5.1.3	Calcolo del campo magnetico indotto.....	11
5.1.4	Calcolo delle fasce di rispetto	12
5.1.5	Stazione elettrica d’utenza	13
6	CONCLUSIONI	16

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		3/16
TAG	REV	DATE	PAG / TOT	CLIENTE / CUSTOMER	

1 PREMESSA

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

In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute al cavo di collegamento 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 condizioni maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		4/16
TAG	REV	DATE	PAG / TOT	CLIENTE / CUSTOMER	

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- 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”.
- DL 9 aprile 2008 n° 81 “Testo unico sulla sicurezza sul lavoro”
- Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”
- 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”

I riferimenti di cui sopra possono essere non essere esaustivi. Ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		5/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		6/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
			CLIENTE / CUSTOMER		

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.

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.

Come detto, il 22 Febbraio 2001 l’Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell’intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l’esposizione umana ai CEM e l’art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: “Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”. L’art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle 1 e 2:

Tabella 1 Limiti di esposizione di cui all’art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA’ DI POTENZA dell’onda piana equivalente (W/m ²)
0.1-3	60	0.2	-
>3 – 3000	20	0.05	1
>3000 – 300000	40	0.01	4

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		7/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

Tabella 2 Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA'DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella 3:

Tabella 3 Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensita' di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensita' di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA'DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7 del Gennaio 2001.

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		8/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

4 DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

4.1 Generalità

L’impianto fotovoltaico “Cave Podere Stanga” sorgerà in un’area interessata da bacini idrici artificiali e quindi sarà del tipo flottante (floating), posti all’interno di una Cava esistente, in Loc. i Dossi di Roncaglia, nel comune di Piacenza (PC) e verrà allacciato alla Rete di Trasmissione Nazionale in antenna su unico stallo della sezione a 132 kV della esistente C. P. elettrica della RTN a 132/15kV denominata “Montale”, sempre nel Comune di Piacenza (PC).

Il progetto prevede la costruzione e l’esercizio di un impianto fotovoltaico flottante di taglia pari a circa 27 MW(ac) che comprende in particolare:

- un cavidotto interrato MT 30 kV di lunghezza pari a circa 6,7 km, che connette tra loro l’impianto fotovoltaico (cabina d’impianto o di consegna) e la stazione elettrica di trasformazione Utente;
- una stazione elettrica di trasformazione utente (SSEU), ubicata in adiacenza alla C.P. “Montale” di e-distribuzione, in agro di Piacenza, nei pressi della contrada “Mandelli” e “Mussina”, in cui la tensione viene elevata da 30 a 132 kV;

L’impianto sarà collegato alla rete di distribuzione nazionale e cederà la propria energia in “grid parity”, cioè non graverà in alcuna maniera sulla collettività mediante la concessione di contributi. L’investimento sostenuto per la realizzazione dell’impianto sarà ripagato interamente mediante la vendita dell’energia elettrica prodotta dall’impianto.

La stazione di trasformazione di utenza verrà realizzata in adiacenza della C.P. “Montale” su un’area di circa 900 m² individuata catastalmente al foglio 95 particella 28 dello stesso comune di Piacenza e sarà costituita da una sezione a 132 kV con isolamento in aria, che prevede il collegamento in sbarra con lo stallo in ampliamento della sezione AT a 132 kV della C.P. “Montale” di e-distribuzione.

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		9/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
			CLIENTE / CUSTOMER		

5 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

5.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

5.1.1 Linee elettriche in corrente alternata in media tensione

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrato, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

5.1.2 Configurazioni di calcolo

Per il calcolo del campo magnetico del collegamento in cavo MT con la stazione di trasformazione di utenza, sono state prese in esame le configurazioni più significative, rappresentate nelle figure sottostanti.

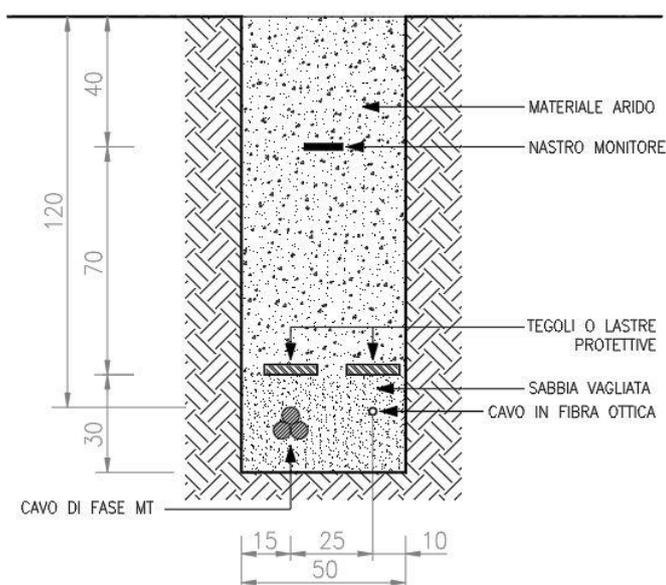


Figura 1: Sezione tipica di posa della linea MT in cavo, in semplice terna, su strade sterrate

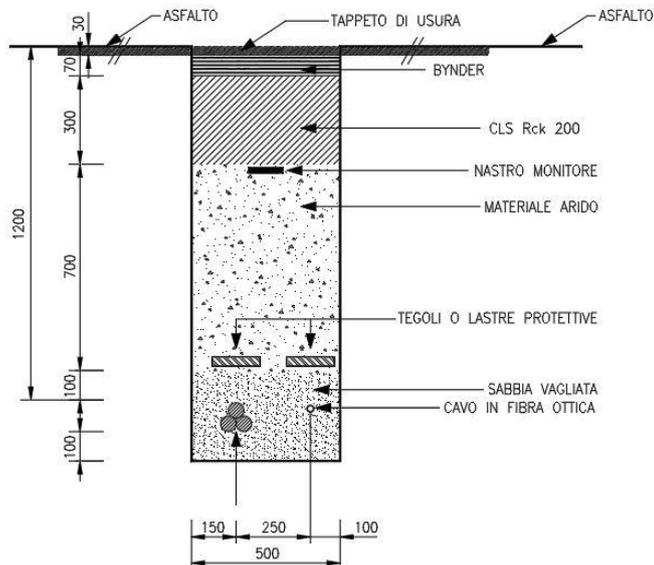


Figura 2: Sezione tipica di posa della linea MT in cavo, in semplice terna, su sede stradale

Per quanto concerne il cavidotto MT esterno, di collegamento tra il quadro MT della cabina d’impianto del campo fotovoltaico ed il quadro MT della stazione d’utenza, è prevista la partenza di 1 terna di cavi con l’utilizzo di cavi unipolari di sezione pari a 630 mm², posati a trifoglio.

La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l’impianto in oggetto è la seguente:

Tratto	In (A)	Tipo Cavo
FV-SSEU	550	1x(3x1x630 mm ²)

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede la posa dei cavi a trifoglio, come da sezioni precedenti, con un valore di corrente però pari alla portata massima di ciascuna linea elettrica in cavo nelle condizioni normali, senza correzioni, secondo la Norma CEI 20-21, che risulta essere uguale a 704A per il conduttore da 630 mm². Le condizioni di calcolo sono pertanto più gravose di quelle effettive.

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		11/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
			CLIENTE / CUSTOMER		

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato al suolo.

5.1.3 Calcolo del campo magnetico indotto

Nella seguente figura è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, per le sezioni rappresentative sopra riportate.

Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

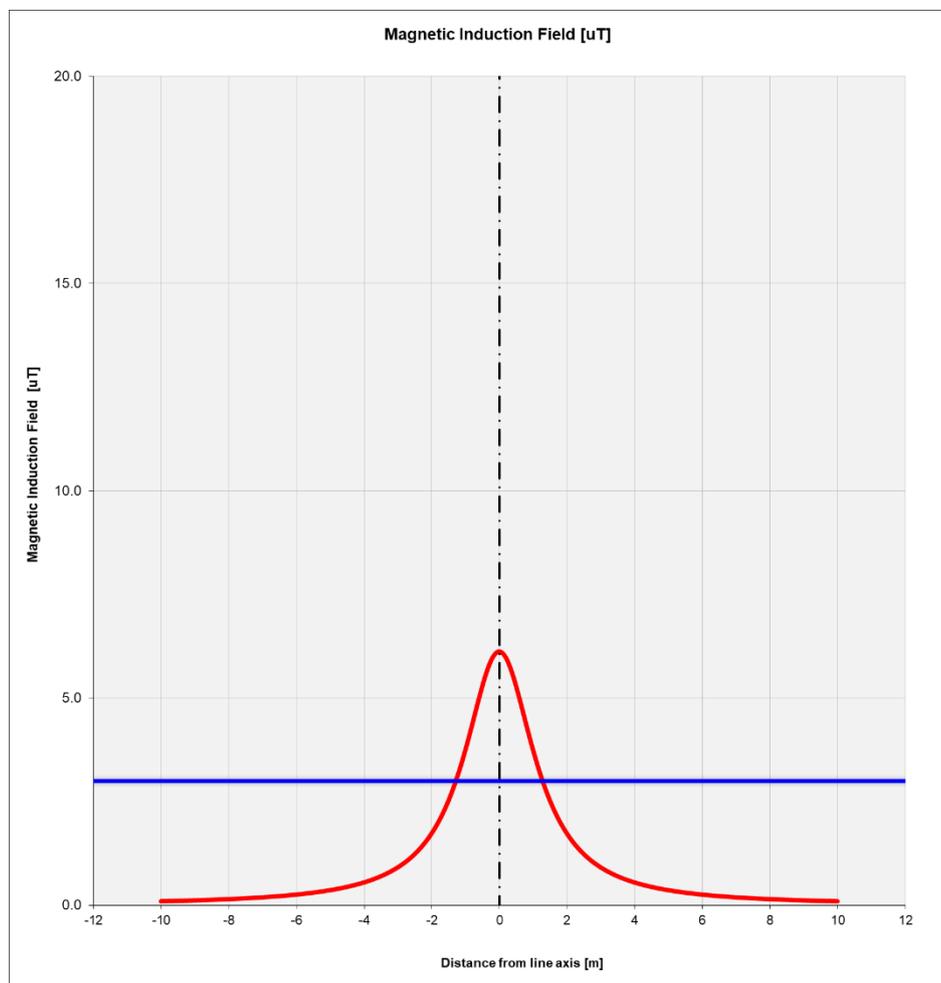


Figura 3: Andamento dell'induzione magnetica prodotta linea MT in cavo, singola terna, sezione tipica.

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		12/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di $3 \mu\text{T}$ è raggiunto a circa 1,80 m dall'asse del cavidotto.

E' da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, che, come detto, è inferiore a quella di calcolo.

Il tracciato di posa del cavo è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a $3 \mu\text{T}$ in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è **esclusa la presenza di tali ricettori all'interno della fascia calcolata.**

5.1.4 Calcolo delle fasce di rispetto

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per i casi presentati nei paragrafi precedenti.

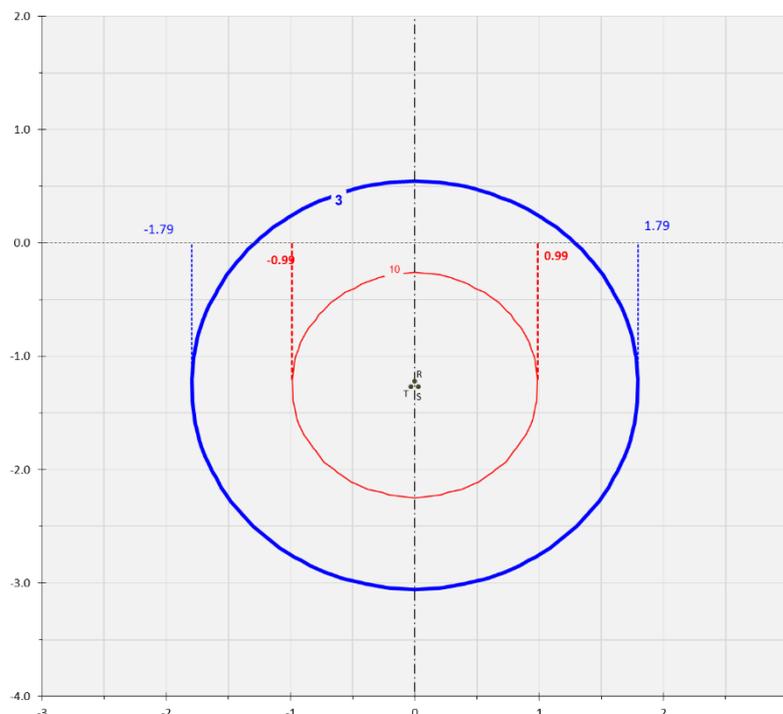


Figura 4: *Curve di equivello per il campo di induzione magnetica generato dalla linea MT in cavo, singola terna, sezione tipica.*

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		13/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a circa **2 m**, a cavallo dell'asse del cavidotto.

Come è possibile vedere dall'elaborato grafico su mappa catastale, non ci sono recettori sensibili all'interno delle fasce suddette.

5.1.5 Stazione elettrica d'utenza

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne e fabbricati).

I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT a 132 kV con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 1 kV/m a ca. 10 m di distanza da queste ultime.

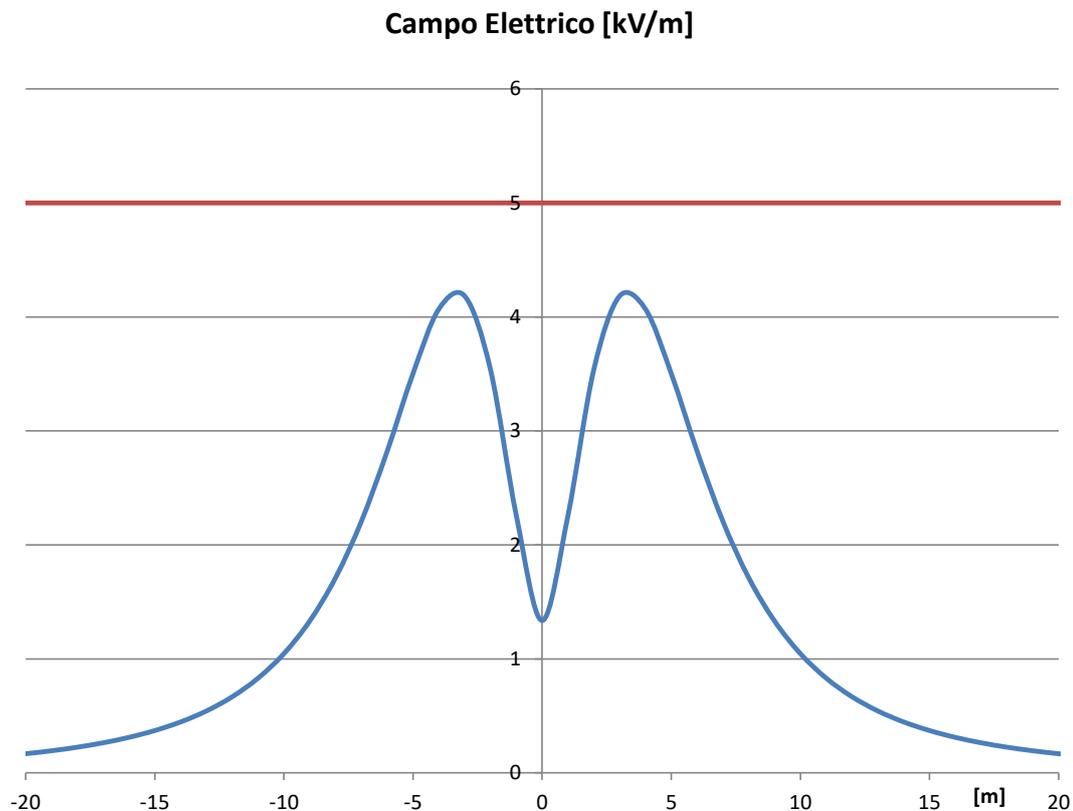


Figura 5: Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 132 kV

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		15/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
			CLIENTE / CUSTOMER		

Con conduttori percorsi da una terna trifase equilibrata di correnti di 2000 A (corrente max sopportabile dalle sbarre), estremamente cautelativa rispetto alla max corrente reale, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella figura seguente.

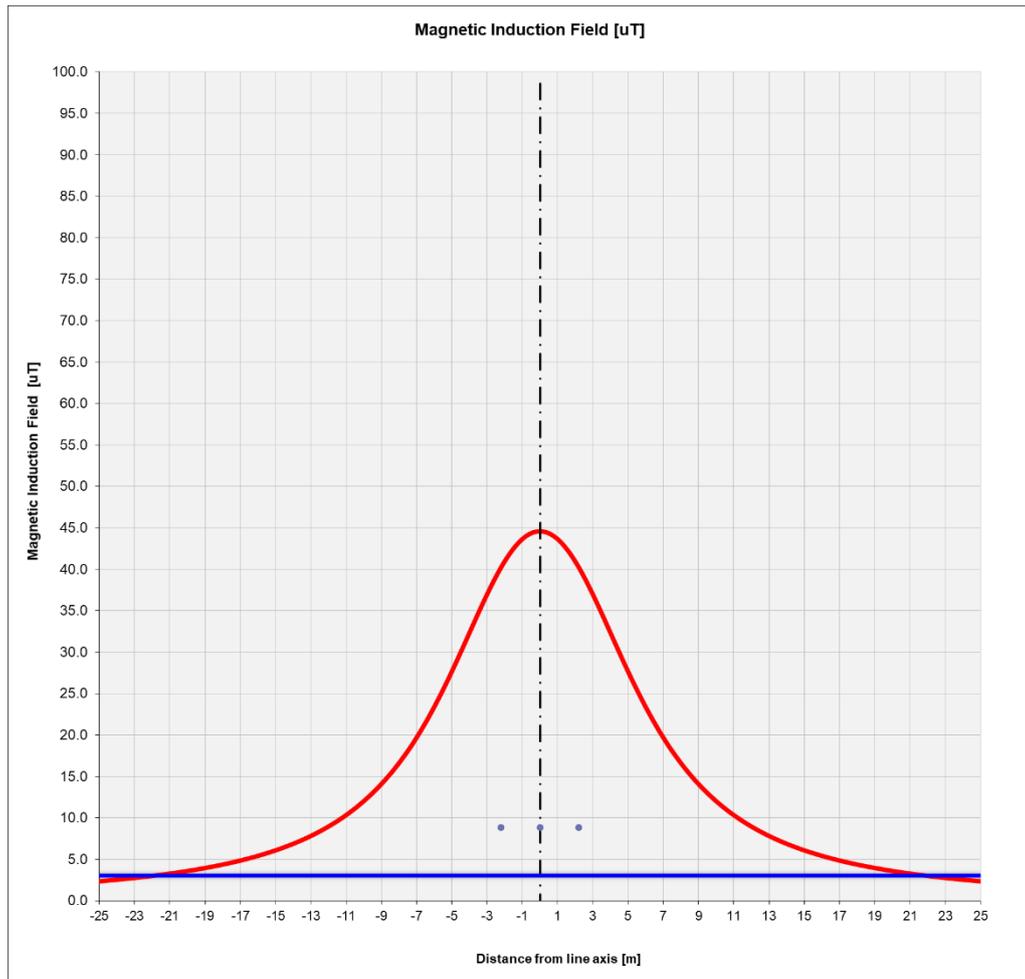


Figura 7: Andamento del campo di induzione magnetica per $I = 2000\text{ A}$

Si può notare che ad una distanza di circa 22 m dall’asse del sistema di sbarre l’induzione magnetico è inferiore al valore di 3 μT .

Data la localizzazione della stazione, che si trova nelle vicinanze della C.P. di e-distribuzione, non si rilevano recettori sensibili a distanze inferiori a quella sopra calcolata.

 	Impianto fotovoltaico flottante “Cave Podere Stanga” Elettrodotto in cavo MT Relazione impatto elettromagnetico			 Rinnovabili da sempre	
	OGGETTO / SUBJECT				
	092.21.01.R03	00	Sett. 2021		16/16
	TAG	REV	DATE		PAG / TOT
				CLIENTE / CUSTOMER	

6 CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo 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 di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa) e per il livello 132 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalle parti in tensione.

Per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie porzioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Infatti per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente al cavidotto MT esterno, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 2m, rispetto dell'asse del cavidotto: sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda la stazione di trasformazione i valori di campo magnetico al di fuori della recinzione sono sicuramente inferiori ai valori limite di legge. Comunque considerando che nella cabina di trasformazione non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area sarà racchiusa all'interno di una recinzione non metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.