



REGIONE SICILIA



Comune di Assoro
Provincia di Enna



Comune di Raddusa
Provincia di Catania



Comune di Enna

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 250MWp "CAPOBIANCO"

in agro dei Comuni di Assoro (EN), Raddusa (CT), Enna

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE



CAPOBIANCO s.r.l.

Corso Giacomo Matteotti, 1
20121 Milano
P.IVA e C.F. 12684270965
C.C.I.A. Milano - REA MI-2678645
srl.capobianco@pec.it

PROGETTAZIONE



BIOS IS s.r.l.

Via La Marmora, 51
50121 Firenze
P.IVA e C.F. 06393070484
C.C.I.A. Firenze - REA FI-624950
bios-is@pec.it

DIRETTORE TECNICO

ing. Giuliano Trentini

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

NUMERO ELABORATO

03.07

FOGLIO

FORMATO

DOCX

SCALA

IL TECNICO

ing. Marcello Cei

COLLABORATORE

p.ind. Antonello Congiu

0	26-01-2024	Emesso per progettazione definitiva	CONGIU	CEI	TRENTINI
Revisione	Data	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato

Sommario

1. OGGETTO	2
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3. DESCRIZIONE IMPIANTO	4
4. CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI	5
4.1. Metodologia	5
4.2. Moduli Fotovoltaici	5
4.3. Inverter.....	5
4.4. Cabina di trasformazione 0,8/30kV.....	5
4.5. Linee MT 30kV.....	6
4.6. Linee AT 380kV.....	10
5. CONCLUSIONI.....	11

1. OGGETTO

Il presente studio costituisce la Valutazione dell'impatto elettromagnetico in fase di esercizio, relativa ad un nuovo impianto agrivoltaico denominato "CAPOBIANCO", collegato alla RTN con potenza installata di 294,986 MWp e potenza di immissione 250MW. Il sito individuato dal progetto in esame è ubicato nei comuni di Assoro (EN), Raddusa (CT) e Enna.

L'impiego dell'energia solare attraverso sistemi agrivoltaici rappresenta una soluzione innovativa e sostenibile per la produzione di energia rinnovabile in connessione con le attività agricole. Tale integrazione, tuttavia, richiede un'attenta valutazione degli impatti elettromagnetici al fine di garantire la sicurezza e il benessere sia dell'ambiente circostante che delle attività agricole stesse.

La presente Valutazione di Impatto Elettromagnetico è stata commissionata al fine di identificare, valutare e mitigare gli impatti elettromagnetici derivanti dalla realizzazione e dall'operatività dell'impianto agrivoltaico proposto. Tale valutazione mira a conformarsi alle normative vigenti e a verificare la compatibilità elettromagnetica con la permanenza continuativa delle persone.

L'impianto sarà del tipo Grid Connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio in Alta Tensione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN). Lo schema di allacciamento alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 380 kV mediante cavo sulla futura linea RTN a 380 kV "Chiaromonte Gulfi-Ciminna", di cui al Piano di Sviluppo Terna.

Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico composto da 378.980 moduli fotovoltaici per una potenza in corrente continua installata di 246.337,00 KWp installati su strutture fisse e 2.673 Tracker. da 28 moduli, capaci di alloggiare 74.844 moduli fotovoltaici per una potenza di picco di 48.648,60 KWp.

Il campo è suddiviso in due macro-zone una ad est da 118,052MWp di potenza installata e una ad ovest pari a 176,9274MWp di potenza installata.

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 sono state prese in considerazione le condizioni 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; la rilevazione del campo magnetico è stata fatta alle quote di +1,5m dal livello del suolo, pari alla quota nominale cui si fa riferimento nelle misure di campo elettromagnetico.

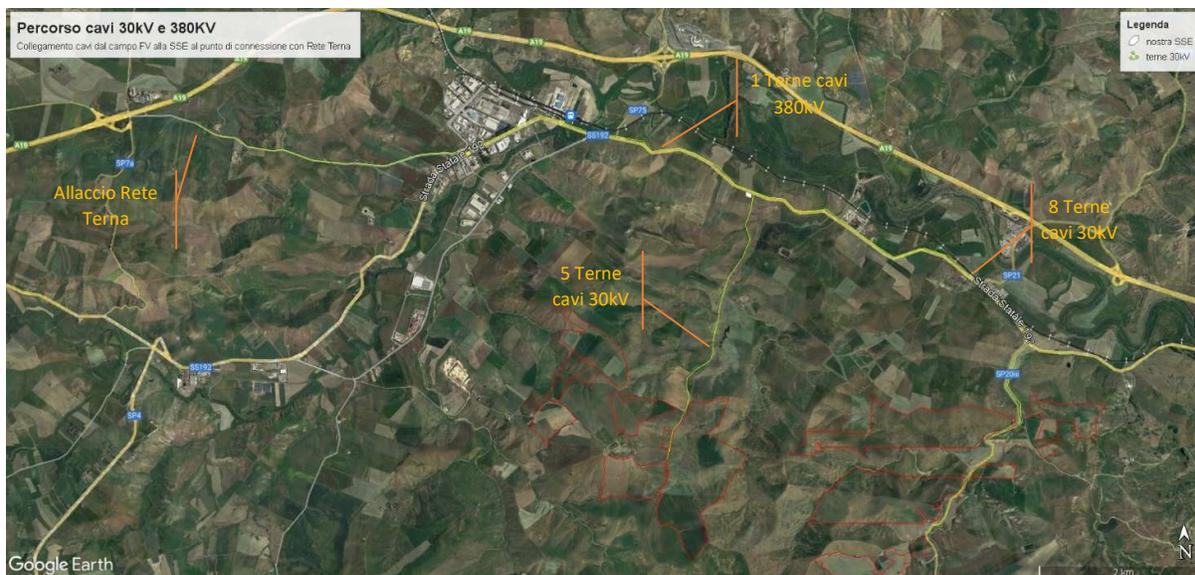


Figura 1 Percorso cavi

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il quadro normativo di riferimento in materia di campi magnetici in bassa frequenza è definito da:

- **Legge n° 36 del 22/2/2001**, “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici” (Legge che rimanda l’applicazione ai decreti applicativi: DPCM 8 luglio 2003);
- **Guida CEI 211-6 (2001)**, “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”;
- **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 (50Hz) generati da elettrodotti”;
- **Guida CEI 106-11: (2006)**, “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”;
- **Guida CEI 106-12 (2006)**, “Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT”;
- **CEI 14-35 (2008)**, in merito alla valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza aventi una gamma di potenza compresa fra 5 kVA e 1000 kVA;
- **DM 29 Maggio 2008**, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”;
- **Supplemento ordinario n.160 alla Gazzetta ufficiale 5 luglio 2008 n. 156**, Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (allegato APAT);
- **Guida CEI 211-4 (2008)**, “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”;
- **D.Lgs n. 81 del 9 aprile 2008**, “Attuazione dell’articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”, nello specifico: Titolo VIII Capo IV;
- **Raccomandazione del Consiglio dell’Unione Europea 1999/519/CE**, 12 luglio 2009, relativa alla limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz;
- **Norma CEI EN 61000-4-8:2010**, Compatibilità elettromagnetica (EMC);

- **Norma CEI EN 62110: 2012-11 (CEI 106-27)**, Livelli di campo elettrico e magnetico generati da sistemi di potenza in c.a.: Procedure di misura con riferimento all'esposizione umana;
- **D.Lgs n. 159 del 01 agosto 2016**, "Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.";
- **DM 11 Ottobre 2017** "Inquinamento elettromagnetico indoor", per dimostrare la conformità al criterio **2.3.5.4** è necessario presentare una relazione tecnica, con relativi elaborati grafici, stato ante operam, interventi previsti, risultati raggiungibili e stato post operam;
- **Guida CEI 106-45 (gennaio 2021)**, Guida CEM – Guida alla valutazione dei rischi per la salute e la sicurezza derivante dall'esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) fra 0 Hz e 300 GHz nei luoghi di lavoro.

In particolare, i **valori limite massimi** in materia di esposizione a campi magnetici prodotti da sorgenti elettriche di bassa frequenza previsti dalla normativa citata sono fissati a:

- **100 μ T** esposizione **istantanea**, valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 3;
- **3,78 μ T** per locali con presenza di **apparecchiature elettroniche sensibili**, valore indicato dalla norma tecnica CEI EN 61000-4:8;
- **3 μ T**, obiettivo di qualità negli ambienti ad esposizione prolungata di persone (superiore alle quattro ore giornaliere), valore imposto dal DPCM 8 Luglio 2003 – Art. 4.

3. DESCRIZIONE IMPIANTO

L'impianto fotovoltaico sorgerà nei comuni di ASSORO (EN) e RADDUSA (CT), con gli elettrodotti di connessione che si estendono anche sul territorio del comune di ENNA, e verrà collegato in antenna a 380 kV su una futura linea RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi-Ciminna".

Il parco fotovoltaico, suddiviso in due macro-zone "est" ed "ovest" sarà collegato alla stazione SSE con terne di cavi posate in cavidotto.

Come si può vedere in tavola "04.02.02.01 Tracciato elettrodotti BT, MT e AT", il campo Est è collegato con 8 terne di cavi da 500mm² quello ad ovest con 5 cavi da 500mm².

La stazione di trasformazione SSE è composta da 4 trasformatori elevatori 30/380kV da 75MVA.

L'impianto sarà costituito da un totale di 453824 moduli da 650Wp, per una conseguente potenza di picco pari a 294,9856MWp.

I pannelli saranno montati parte su inseguitori mono assiali capaci di ospitare n°28 pannelli ciascuno, parte su strutture fisse come si evidenzia nella planimetria di progetto, in tale maniera si realizzano le stringhe da collegarsi ai singoli MPPT degli inverter.

La potenza massima del generatore convertita in corrente alternata, mediante l'uso di convertitori statici (inverters di stringa), è pari a quella immessa in rete sarà pari a 250 MVA

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 6300kVA, 5000kVA, 4000kVA, 3200kVA e 2000kVA 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 400kVA con primario a 800V e secondario a 400V per i servizi ausiliari.

	DORSALE	SOTTOCAMPO	POTENZA MODULI	POTENZA INVERTER	POTENZA TRASFORMATORI
CAMPO OVEST	1	S2-S3-S4-S5	24,323	21,6	25,2
	2	S1-S6-S7-S8	22,321	19,8	22,9
	3	S12-S13-S14-S18	24,297	21,6	25,2
	4	S16-S17-S19-S20	22,646	20,4	23,9
	5	S9-S10-S11-S15	24,4712	22,2	25,2
CAMPO EST	6	S28-S27-S26-S29	24,271	22,2	25,2
	7	S31-S32-S33-S34- S41	25,1238	22,5	25,9
	8	S23-S24-S25-S30	22,373	20,4	23,9
	9	S21-S22-S35-S36	24,3464	21,6	25,2
	10	S37-S38-S39-S40	24,4166	21,6	25,2
	11	S43-S44-S45-S46	19,7392	18	20,75
	12	S42-S47-S48-S49	20,1838	18,3	20,75
	13	S50-S51-S52	16,4736	15,6	17,6

TOTALE EST	118,0582	105,6	122,4
TOTALE OVEST	176,9274	160,2	184,5
POTENZA TOTALE	294,9856	265,8	306,9

4. CALCOLO DEI CAMPI MAGNETICI

4.1. Metodologia

La valutazione del campo elettromagnetico generato dalle linee in MT e AT è stata condotta con il software Magic della Beshielding., che permette di studiare le singole sorgenti (linee elettriche, cavi, sistemi multiconduttori) in configurazioni bidimensionali e tridimensionali attraverso l'integrazione della legge di Biot-Savart.

4.2. 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 transistori 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.

4.3. 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).

4.4. Cabina di trasformazione 0,8/30kV

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.

Nel seguente calcolo consideriamo il caso peggiorativo per la determinazione della DPA, ovvero si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di maggiore potenza, pari a 6300kVA collocati nelle cabine di trasformazione.

Alla potenza di 6300 kVA con secondario a 800V, corrisponde una corrente totale sul lato bt pari a 4546 A e una corrente a primario MT pari a 121,25 A.

Il trasformatore è considerato la principale sorgente di emissione di campo magnetico.

Si stima che la corrente di 4546 A possa essere trasferita da almeno 3 corde per fase da 500 mm² in alluminio, ciascuna con diametro esterno pari a 53 mm.

Per il calcolo della distanza di prima approssimazione DPA, vale a dire la distanza al di fuori della quale il valore dell'induzione magnetica si intende inferiore a 3uT, si considera la corrente di bassa tensione del trasformatore e una distanza tra le fasi pari ad almeno il diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore (isolante + conduttore). Si considera quindi I = 4546A e x = diametro cavi = 53 mm = 0,053 m.

Applicando la formula di seguito descritta, derivante dal DM 29 maggio 2008 in applicazione del capitolo 5.2.1 si ottiene:

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

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m)

I = corrente nominale (A)

x = diametro dei cavi (m)

Da cui DPA = 5,91 m che arrotondata all'intero superiore porta a DPA =6 m dalla pianta di installazione della piattaforma di trasformazione e dei relativi quadri elettrici generali MT e BT alloggiati in corrispondenza della stessa.

Il trasformatore si trova in una zona all'aperto che non sarà mai permanentemente presidiata.

4.5. Linee MT 30kV

Collegamento Impianto FV Est

Al fine di determinare le condizioni più gravose dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche, si è valutato l'impatto prodotto dalla dorsale considerando la potenza degli inverter Dc/AC a cui questa è collegata

	DORSALE	SOTTOCAMPO	POTENZA INVERTER	corrente in A
CAMPO EST	6	S28-S27-S26-S29	22,2	427,2
	7	S31-S32-S33-S34- S41	22,5	433,0
	8	S23-S24-S25-S30	20,4	392,6
	9	S21-S22-S35-S36	21,6	415,7
	10	S37-S38-S39-S40	21,6	415,7
	11	S43-S44-S45-S46	18	346,4

12	S42-S47-S48-S49	18,3	352,2
13	S50-S51-S52	15,6	300,2

Figura 2 Corrente di ciascuna dorsale 30kV campo est

- Tensione nominale: 30.000V
- Il cavo in alluminio utilizzato ha un diametro esterno pari a 53mm.
- Tipo di posa: linea interrata trifase posate a trifoglio

Si considera il caso peggiorativo in cui 8 terne composte da cavo in alluminio di sezione 500mm² percorrono lo stesso scavo.

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.

Premesso ciò possiamo calcolare i campi e la DPA.

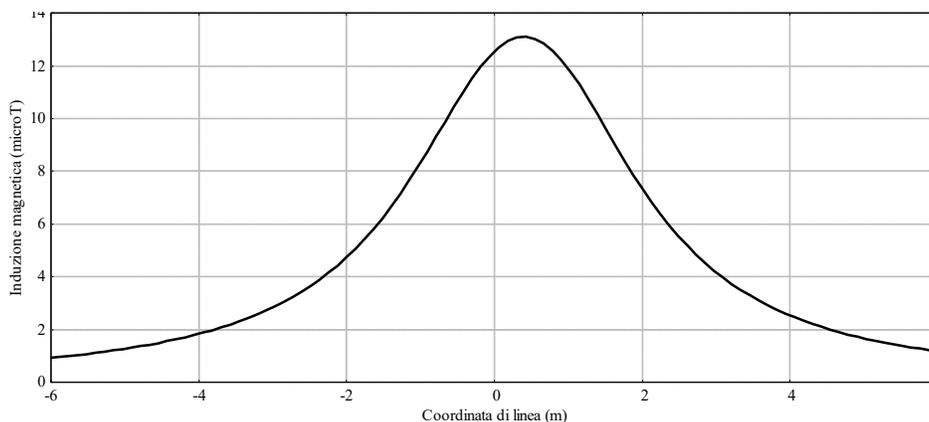


Figura 3 Campo magnetico al suolo

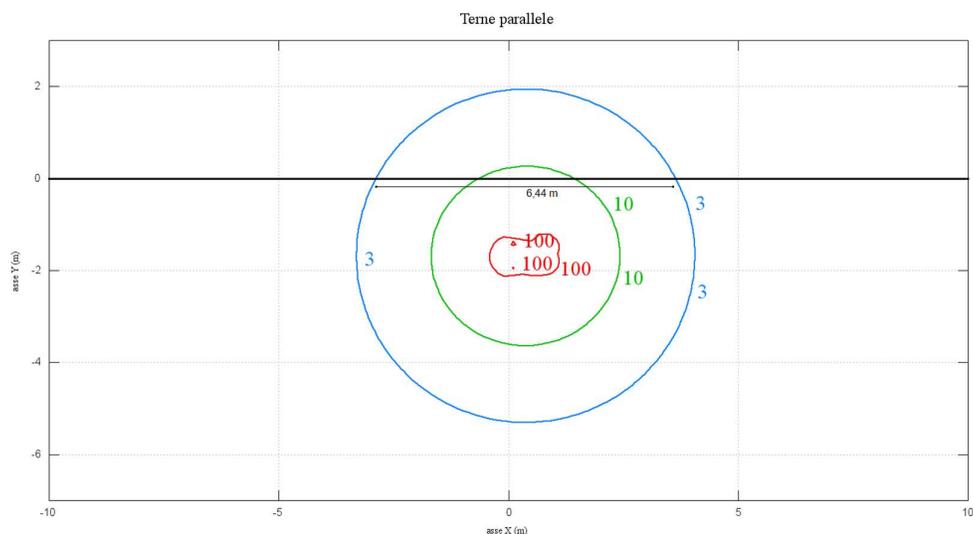


Figura 4 Curva 3e 10μT con DPA e Fascia di rispetto

Come si può vedere al suolo possiamo considerare una DPA arrotondata per difetto dal centro del cavidotto pari a 3,5m.

Si evidenzia che il percorso dei cavi passa in zone non permanentemente presidiate (terreno agricolo e strada provinciale) salvo che nell'attraversamento di Contrada Cuticchi lungo la SS n. 19, ma sezione stradale e distanza degli edifici dal fronte strada assicurano che dentro nessun edificio (dove ci si può aspettare una permanenza maggiore di 4 ore giornaliere) ci sarà una esposizione oltre la soglia di legge.

Collegamento Impianto FV Ovest

Si considera il caso peggiorativo in cui 5 terne composte da cavo in alluminio di sezione 500mm² percorrono lo stesso scavo.

	DORSALE	SOTTOCAMPO	POTENZA INVERTER	corrente in A
CAMPO OVEST	1	S2-S3-S4-S5	21,6	415,7
	2	S1-S6-S7-S8	19,8	381,1
	3	S12-S13-S14-S18	21,6	415,7
	4	S16-S17-S19-S20	20,4	392,6
	5	S9-S10-S11-S15	22,2	427,2

Figura 5 Corrente di ciascuna dorsale 30kV campo ovest

Di seguito il dettaglio della posa di 5 terne cavo in alluminio posati in piano

- Tensione nominale: 30.000V
- Il cavo in alluminio utilizzato ha un diametro esterno pari a 53mm.
- Tipo di posa: linea interrata trifase posate a trifoglio

Premesso ciò possiamo calcolare i campi e la DPA.

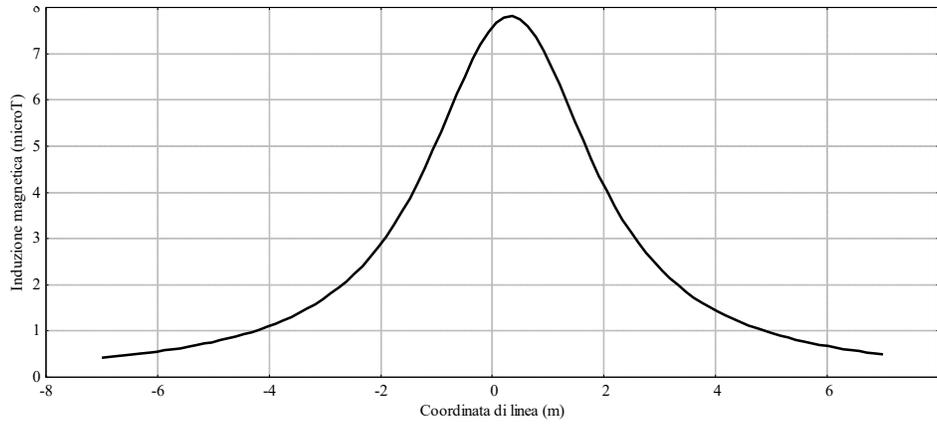


Figura 6 Campo magnetico al suolo

Tracce parallele

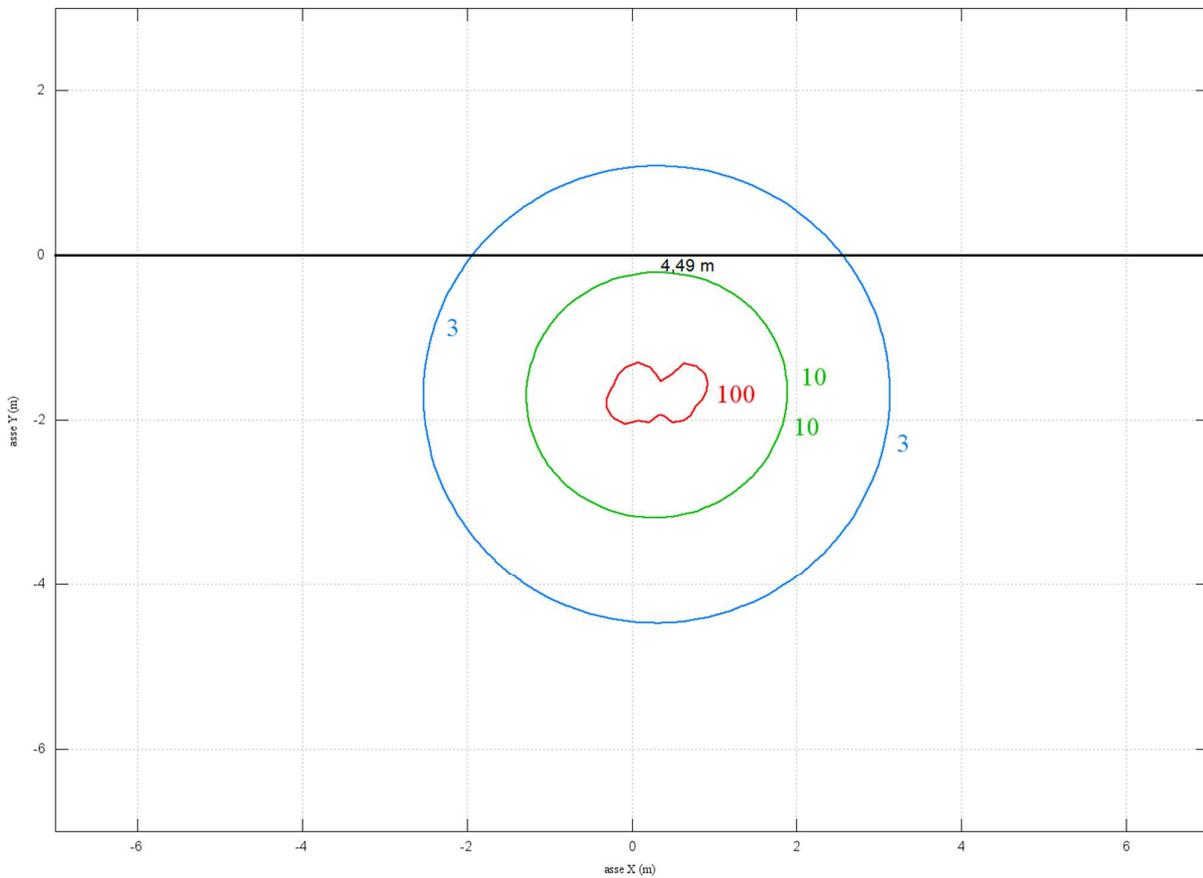


Figura 7 Curva 3e 10 μ T con DPA e Fascia di rispetto

Come si può vedere al suolo considerare una DPA per eccesso dal centro del scavo pari a 2,5m.

Si evidenzia che il percorso dei cavi passa in zone non permanentemente presidiate (terreno agricolo e strada vicinale usata quasi esclusivamente per l'accesso ai fondi agricoli).

4.6. Linee AT 380kV

Nel caso della terna di cavi a 380KV, si considera in via cautelativa la massima potenza dei trasformatori elevatori 4 da 75MVA pertanto si considera 300MVA

Considerando la massima potenza degli inverter pari a

- Tensione nominale: 380.000V
- Corrente massima di esercizio del collegamento: 455 A Ø53mm
- Formazione dei conduttori: 3 x 1 x 630mm² AL
- Tipo di posa: linea interrata trifase posate in piano

Tensione Nominale (V)	Corrente Nominale (A)	Tipologia posa	Formazione	Conduttori	Conduttori in parallelo
380000	455	Linea interrata	Posa piana	3x1x630mm ²	1

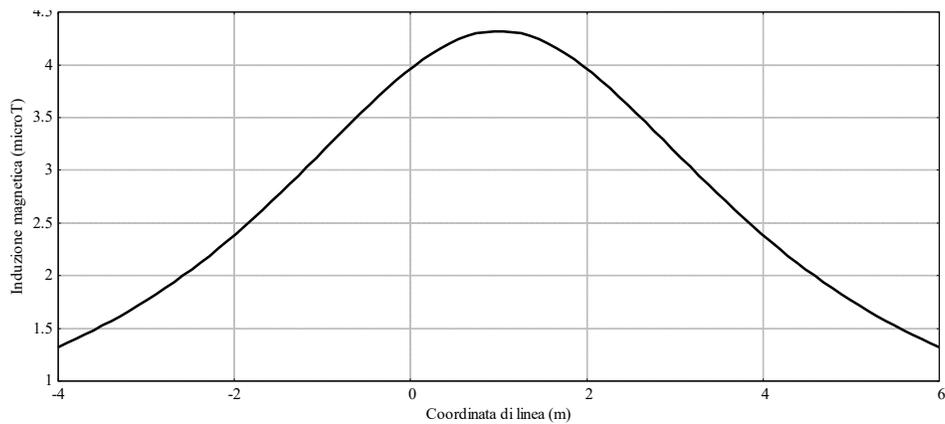


Figura 8 Campo magnetico ad altezza 1,5m

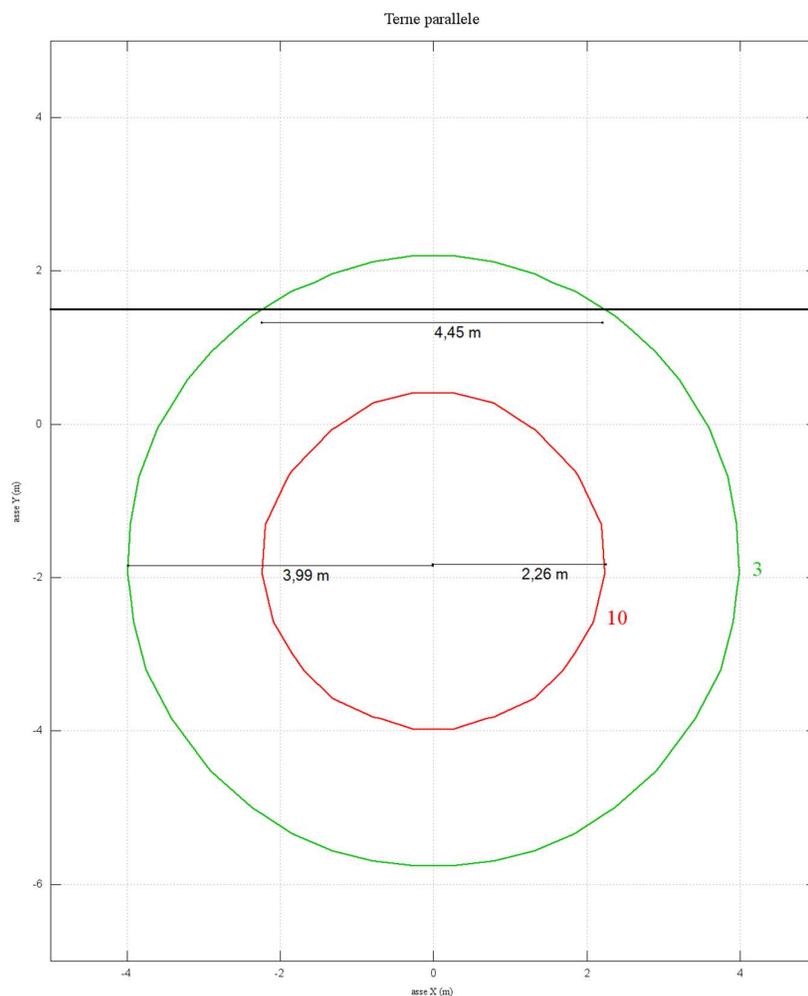


Figura 9 Curva 3e 10 μ T con DPA e Fascia di rispetto

Come si può vedere all'altezza 1.5m possiamo considerare una DPA dal centro dello scavo pari a 3m.

Si evidenzia che il percorso dei cavi passa in zone non permanentemente presidiate (terreno agricolo e strade provinciale e statale), salvo che nell'attraversamento della Zona Industriale Dittaino lungo la SS n. 19, ma anche in questo caso sezione stradale e distanza degli edifici dal fronte strada assicurano che dentro nessun edificio (dove ci si può aspettare una permanenza maggiore di 4 ore giornaliere) ci sarà una esposizione oltre la soglia di legge.

5. CONCLUSIONI

A conclusione del presente studio, è possibile affermare che per tutte le sorgenti di campi elettromagnetici individuate, le emissioni risultano essere entro i limiti imposti dalla vigente normativa.