

TITLE: RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

AVAILABLE LANGUAGE: IT

RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI

Impianto di generazione da fonte rinnovabile (Agrivoltaico avanzato)
 con potenza nominale pari a 89 MW e relative opere di connessione
 alla RTN – “Ceta”

Crevalcore (BO)

File: CET.ENG.REL.015.00_Relazione Campi Elettromagnetici

			V.P.Iovino	F.Trovati	L.Spaccino
00	24/04/2026	Emissione Definitiva	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

<i>Name</i>	<i>Discipline</i>	<i>PE</i>
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATE BY

CLIENT CODE

IMP.			GROUP.			TYPE			PROGR.			REV	
C	E	T	E	N	G	R	E	L	0	1	5	0	B

CLASSIFICATION For Information or For Validation

UTILIZATION SCOPE

Basic Design

Indice

1. INTRODUZIONE	3
2. QUADRO NORMATIVO E DEFINIZIONI	4
3. BASSE FREQUENZE	7
4. DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI	8
4.1. Campo Elettrico	8
4.2. Campo Magnetico.....	8
5. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO	9
6. CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO	11
6.1. Cavidotti di impianto	11
6.2. Transformation Unit.....	20
6.3. Cavidotti di connessione alla rete	22
7. CONCLUSIONI	26

1. INTRODUZIONE

Il presente elaborato costituisce la relazione sui campi elettromagnetici prodotti dalla realizzazione di un impianto agrivoltaico, da ubicarsi nel territorio comunale di Crevalcore (BO) con le opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) che ricadranno nel medesimo Comune.

Dette opere di connessione saranno realizzate secondo quanto previsto nella Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) rilasciata da Terna S.p.A., con codice pratica: 202304178, nella quale è previsto che l'impianto venga collegato in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 132 kV "Mirandola CP-Crevalcore CP".

L'aumento degli ultimi anni dell'esposizione umana ai campi magnetici, elettrici ed elettromagnetici, ha portato il mondo scientifico a porsi il problema delle possibili conseguenze dannose, soprattutto per quanto riguarda i campi a frequenza industriale.

Questo perché in tempi molto ridotti si è avuto un aumento esponenziale della produzione di campi elettrici e magnetici a frequenze estremamente basse (50 Hz) di origine artificiale, dovuti quasi esclusivamente alla generazione, alla trasmissione, alla distribuzione e all'uso dell'energia elettrica.

In Italia tale problematica è presente a causa del grande numero di linee ad alta tensione per l'energia elettrica, distribuite in modo massiccio su tutto il territorio.

In alcuni limitati casi, però, non è possibile allacciarsi a reti già esistenti, per cui si rende necessaria la costruzione di linee apposite, andando quindi ad aumentare il numero di campi elettrici agenti sul territorio.

Infine, per ridurre ulteriormente la possibilità di interferenze con tali campi elettromagnetici, viene effettuato l'interramento totale dei cavidotti appartenenti all'impianto e di quelli di collegamento previsti per la connessione alla rete di trasmissione nazionale.

2. QUADRO NORMATIVO E DEFINIZIONI

Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi pertinenti:

- **D.M. 21 marzo 1988, n.449** - Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne.
- **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.
- **Norma CEI 211-4** - Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche.
- **Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.5.2008** – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche.
- **Raccomandazione Consiglio Ue 1999/519/CE** - Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.
- **Legge 22 febbraio 2001, n. 36** - Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Legge contenente le indicazioni generali circa funzioni e competenze, piani di risanamento, catasto delle sorgenti, controlli e sanzioni, ai fini della tutela della popolazione e dei lavoratori dall'esposizione a campi elettromagnetici.
- **D.P.C.M. 08.07.2003** - 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. Decreto attuativo della legge quadro, fissa i limiti per le emissioni degli elettrodotti, definisce tecniche di misurazione e valutazione e dà indicazioni circa la determinazione delle fasce di rispetto.
- **D.M. 29.05.2008** - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. Contiene, in allegato, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, definita da ISPRA e dal sistema delle Agenzie ambientali secondo quanto previsto dal **DPCM 08/07/2003**.

In particolare, ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il D.P.C.M. 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) stabilisce, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2), quanto segue:

Art.3, comma 1

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 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

Art.3, comma 2

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.4, comma 1

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 $3 \mu\text{T}$ per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Art. 6, comma 1

Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'articolo 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma **CEI 11-60**, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV, e alle Regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

Si riportano di seguito alcune definizioni tratte dalla legge **36/2001**, dal D.P.C.M. 8 luglio 2003, e dal D.M. 29 maggio 2008, utili ai fini dell'inquadramento della materia trattata.

Campata: elemento minimo di una linea elettrica sotteso tra due sostegni.

Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Elettrodotto: è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$). Come prescritto dall'articolo 4, c.1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

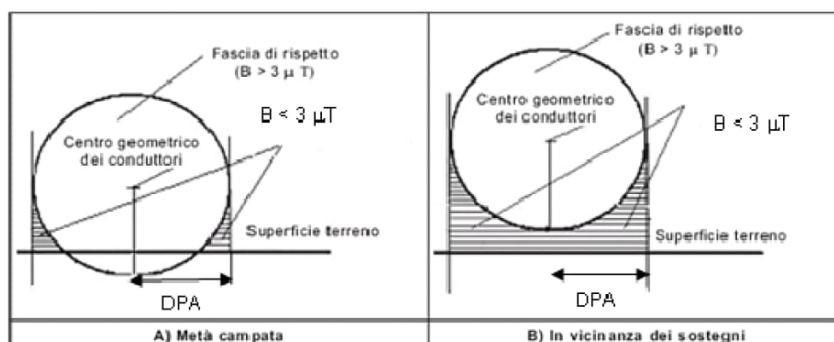


Figura 1 - Schema Fasce di Rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni

Impianto: officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di Primarie e Secondarie e Cabine Utente.

Limiti di esposizione: nel caso di esposizione, della popolazione, 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 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

Linea: collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti.

Luoghi tutelati: aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

Obiettivo di qualità: 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 giornaliere 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 della popolazione 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.

Portata in corrente in servizio normale: è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60.

Sostegno: elemento di supporto meccanico della linea aerea.

Tratta: porzione di tronco (campate contigue) avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, ecc.) e relative alla proprietà.

Tronco: collegamento metallico che permette di unire fra loro due impianti.

Valore di attenzione: a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione 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 mT, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

3. BASSE FREQUENZE

I valori limite fissati nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici per le basse frequenze sono imposti dal D.P.C.M. 8-7-03, pubblicato sulla G.U. n.200 del 29 agosto 2003, "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 1 - Valori limite di esposizione ai campi elettrici e ai campi magnetici fissati dal DPCM 8/07/2003

	Campo Elettrico [kV/m]	Induzione Magnetica [μ T]
Limite di esposizione	5	100
Valore di attenzione	-	10
Obiettivo di qualità	-	3

Il decreto prevede, nel caso del limite di esposizione, che i valori di campo elettrico e campo magnetico siano espressi come valori efficaci mentre, per il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità, l'induzione magnetica è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

Si fa notare che i suddetti limiti non si applicano ai lavoratori professionalmente esposti che operano nel settore della costruzione, manutenzione, etc. poiché quest'ultimi sono sottoposti ad una differente normativa.

I campi ELF, contraddistinti da frequenze estremamente basse, sono caratterizzabili mediante la semplificazione delle equazioni di Maxwell dei "campi elettromagnetici quasi statici" e quindi da due entità distinte:

- **il campo elettrico**, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni e quindi direttamente proporzionale al valore della tensione di linea;
- **il campo magnetico**, generato invece dalle correnti elettriche.

Dagli elettrodotti si genera sia un campo elettrico che un campo magnetico.

4. DIFFERENZA TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAVI INTERRATI

4.1. Campo Elettrico

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato della speciale guaina metallica schermante del cavo e del terreno che presenta una conducibilità elevata. Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, i campi elettrici, come evidenziato in prove sperimentali documentate da bibliografia, risultano praticamente nulli, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

4.2. Campo Magnetico

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- distanza dalle sorgenti (conduttori);
- intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- presenza di sorgenti compensatrici;
- suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

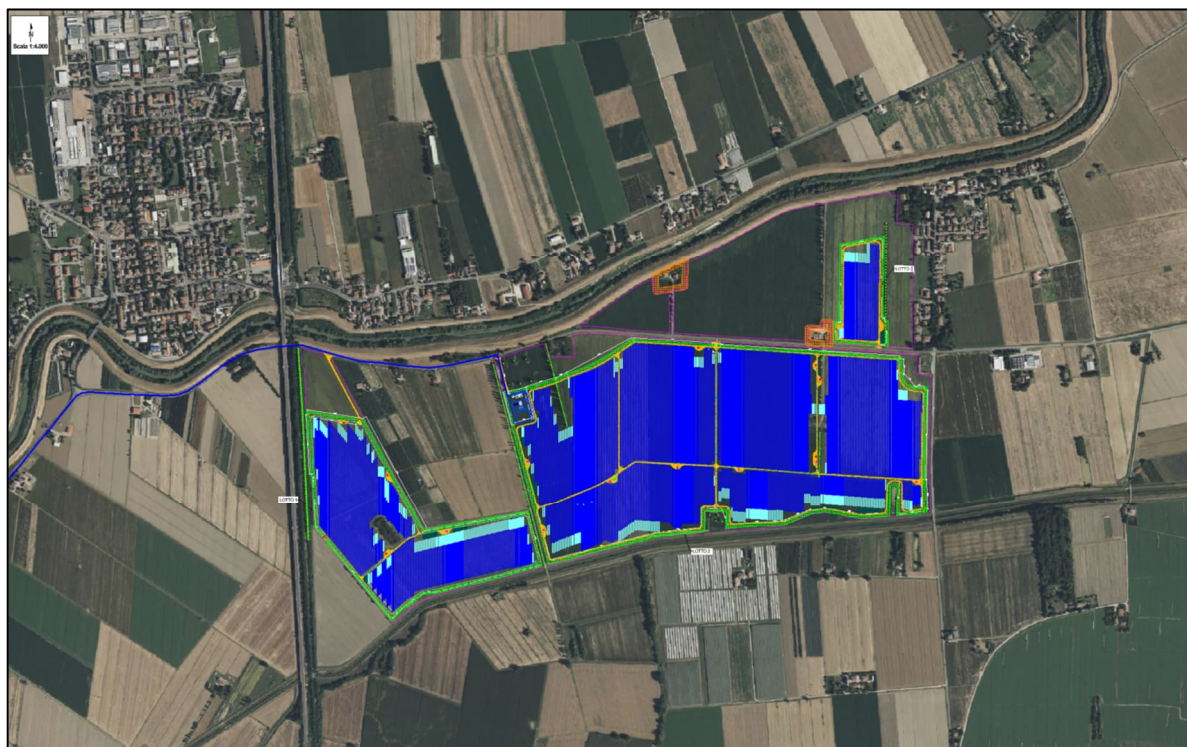
I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo. I valori di campo magnetico risultano notevolmente abbattuti mediante interramento degli elettrodotti. Questi saranno posti a circa 0,9 - 1,6 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, che sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento produttivo.

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico decresce molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi sono da considerare i problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione).

Un altro metodo che consente di ridurre i valori d'intensità di campo elettrico e magnetico è rappresentato dall'adozione di "linee compatte", una soluzione che prevede il posizionamento dei cavi vicini tra di loro, ottenendo in questo modo una riduzione del campo magnetico in virtù della presenza delle membrane isolanti che rivestono i cavi. Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma l'attenuazione è maggiore.

5. DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

L'area di impianto interesserà una superficie di circa 150 ha, lo stesso verrà connesso in antenna a 132 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 132 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 132 kV "Mirandola CP-Crevalcore CP". Di seguito l'inquadramento su ortofoto dell'impianto:

























	Area di progetto		STEP UP - Stazione elettrica condivisa
	Recinzione		CABINA PRIMARIA TERNA
	Cancello		Strada di accesso
	Fascia di mitigazione (10 m)		Cavidotto interrato
	Strutture 1x56 pv		Cavidotto aereo
	Strutture 1x28 pv		Attraversamento TOC
	T.U. 3300 kVA		
	T.U. 6600 kVA		
	Cabina SCADA		
	Cabina di raccolta		
	Viabilità interna (3,5 m)		
	Vasca di laminazione		
	Trincea disperdente		
	Vasca idrica antincendio 40 mq		
	Vasca di raccolta idrica 40 mq		
	Trincea disperdente		

Figura 2 - Rappresentazione su ortofoto del layout di impianto e legenda.

L'impianto di produzione è composto da:

- n. 2272 strutture 1x56 Portrait;
- n. 346 strutture 1x28 Portrait;
- 8 Transformation Unit Jupiter-6000K-H1 con potenza nominale 6.600 kVA;
- 8 Transformation Unit Jupiter-3000K-H1 con potenza nominale 3.300 kVA;
- 240 String Inverter Sun2000-330KTL-H1 con potenza nominale 330 kVA;
- 1 Cabina Scada;
- 1 Cabina di Raccolta.
- Linee in cavo 30 kV, per il trasferimento dell'energia dagli inverter di impianto alla cabina di raccolta
- 1 Stazione Elettrica di Utente con Cabina Elettrica, trasformatore 30/132 kV, stallo di protezione linea.

Il tracciato dei cavidotti in progetto si sviluppa all'interno dell'area di impianto, ad eccezione del cavidotto di collegamento alla rete, che ovviamente sarà esterno alla stessa. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati "*CET.ENG.TAV.006_Planimetria dei cavidotti*" e "*CET.ENG.TAV.035_PLANIMETRIA_CAVIDOTTI_DI CONNESSIONE_ALLA_RETE*". I cavidotti per il trasporto dell'energia variano la propria profondità in base al numero di terne previste: i tipologici considerati nello studio verranno esplicitati nel paragrafo successivo.

6. CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO

6.1. Cavidotti di impianto

La norma CEI 106-11 definisce le prescrizioni e formule per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti equilibrate e simmetriche. Successivamente dimostra che il campo magnetico nell'intorno dei cavi cordati ad elica è inferiore tanto più quanto è piccolo il passo dell'elica.

La norma CEI 211-4 fornisce invece le metodologie per il calcolo dei campi elettromagnetici generati dalle linee elettriche aeree ed interrate, sviluppate limitatamente a geometrie bidimensionali e applicabili a casi di interesse pratico.

Il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore e dal numero di terne di cavidotti presenti all'interno dello scavo, dal momento che la presenza contemporanea di più terne provoca un incremento del campo magnetico. Occorre quindi tenere in considerazione le diverse modalità di posa dei cavidotti, che per il progetto in esame sono le seguenti:

1. Scavo con una terna di cavi MT del tipo RG7H1R – 26/45 kV;
2. Scavo con due terne di cavi MT del tipo RG7H1R – 26/45 kV;
3. Scavo con tre terne di cavi MT del tipo RG7H1R – 26/45 kV;
4. Scavo con quattro terne di cavi MT del tipo RG7H1R – 26/45 kV.

Di seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni eseguite con il software *MAGIC* per determinare la DPA relative alle linee interrate di progetto. Tale software si basa sull'integrazione diretta della legge di Biot-Savart per calcolare il campo magnetico prodotto da linee di corrente, cavi, trasformatori e sistemi MT/BT in configurazioni 2D e 3D.

Si precisa che, secondo quanto riportato nella "Linea Guida per l'applicazione del 5.1.3 dell'allegato al DM 29.5.2008", la DPA ricavata viene approssimata per eccesso al metro successivo.

Si precisa che nelle valutazioni che seguono non sono stati presi in considerazione gli effetti dovuti alla presenza di eventuali linee elettriche interrate o aeree già in esercizio non facenti parte dell'impianto di progetto. Inoltre, nello studio sono state considerate terne formate da conduttori la cui sezione è pari a 630 mmq, valore di sezione più grande tra quelli utilizzati per il dimensionamento dei cavi (si rimanda all'elaborato *CET.ENG.REL.003_Calcoli preliminari di dimensionamento degli impianti*), così da considerare il caso peggiore ed effettuare un calcolo cautelativo.

I dati utili ai fini del calcolo sono riportati in Tabella 2:

Tabella 2 - Dati generali, utili ai fini del calcolo

CORRENTE MASSIMA DELLA PORTATA DEL CAVO (630 mmq)	835	A
DISTANZA TRA LE GENERATRICI DEL CAVO (630 mmq)	0,0627	m

1. Scavo con una terna di cavi tipologia RG7H1R – 26/45 kV

Considerando la posa di una terna di cavi RG7H1R 3x1x630 mmq, si fa riferimento al tipologico raffigurato in Figura 3:

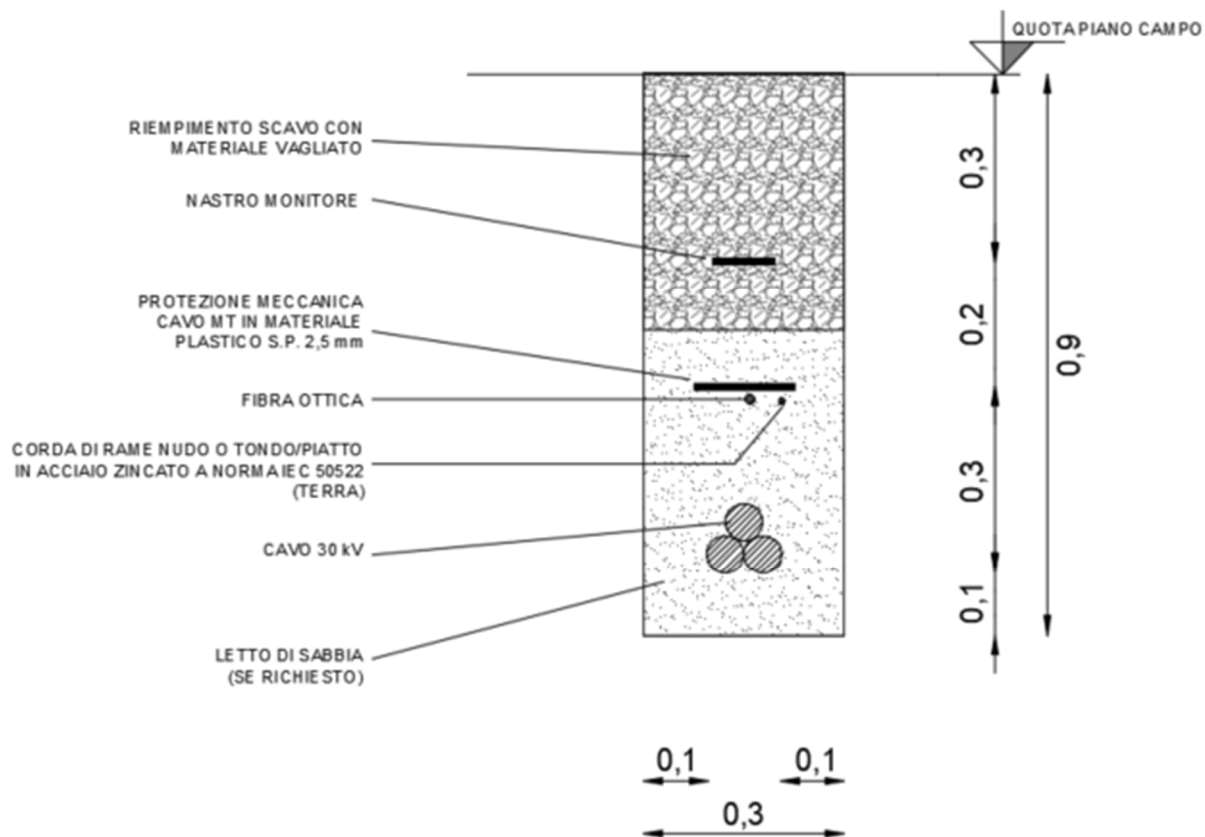


Figura 3 - TIPOLOGICO 1 - CAVIDOTTO 30 kV INTERRATO - 1 TERNA DI CAVI

Dall'inserimento nel software dei dati riassunti in Tabella 2 e dei dati specifici riguardanti la posizione della terna in esame, si è ottenuta la geometria mostrata in Figura 4:

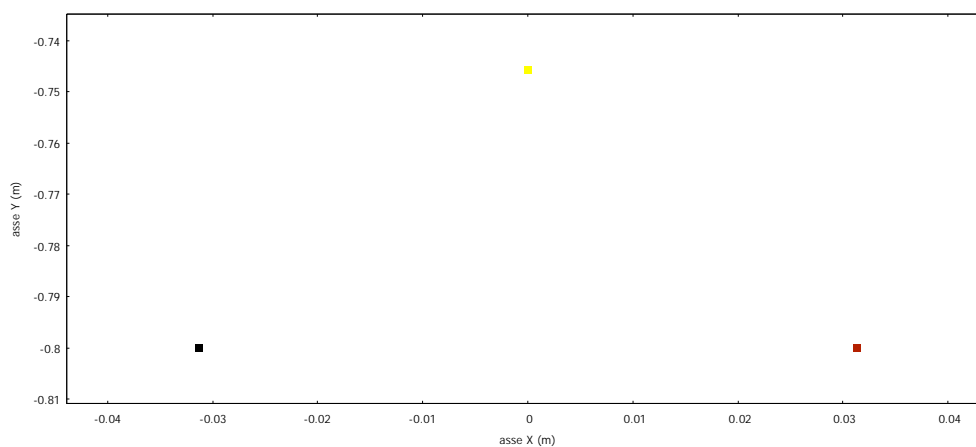


Figura 4 - Geometria 1 terna di cavi

Dallo studio delle curve isolivello (Figura 5) è risultata una Distanza di Prima Approssimazione circa pari a 3 m.

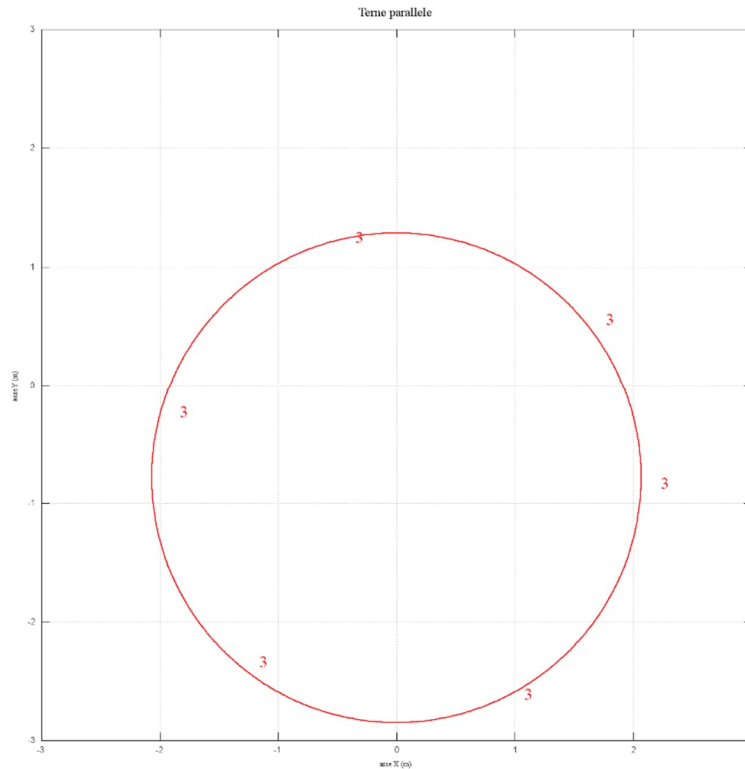


Figura 5 - Curva isolivello 3 μT

In Figura 6 si riportano invece i valori di induzione magnetica ottenuti dall'implementazione di tale casistica nel software precedentemente citato.

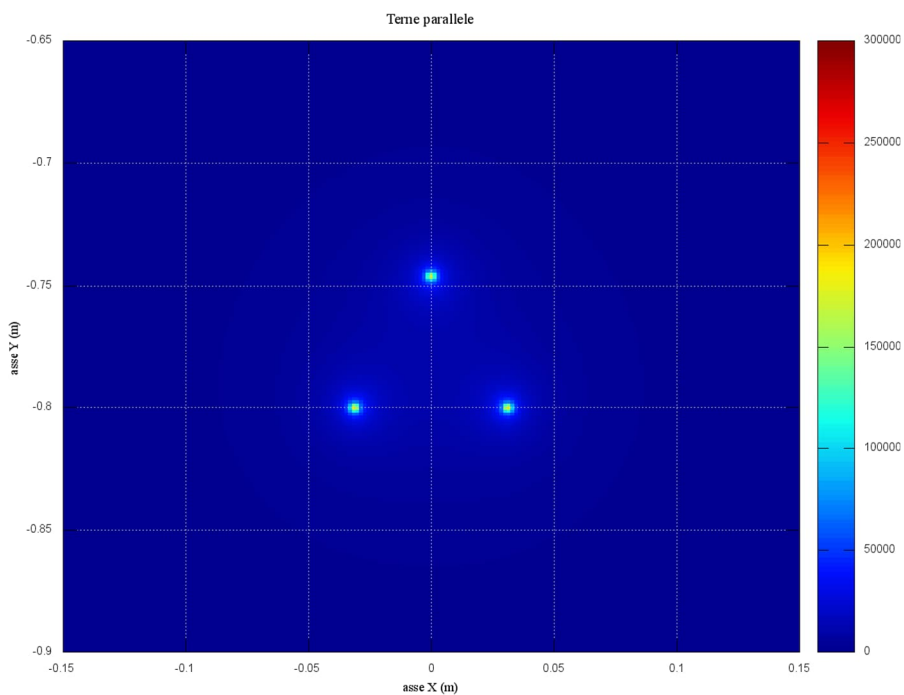


Figura 6 - Induzione magnetica (μT) per 1 terna

2. Scavo con due terne di cavi tipologia RG7H1R – 26/45 kV

Considerando la posa di due terne di cavi RG7H1R 3x2x630 mmq, si fa riferimento al tipologico raffigurato in Figura 7:

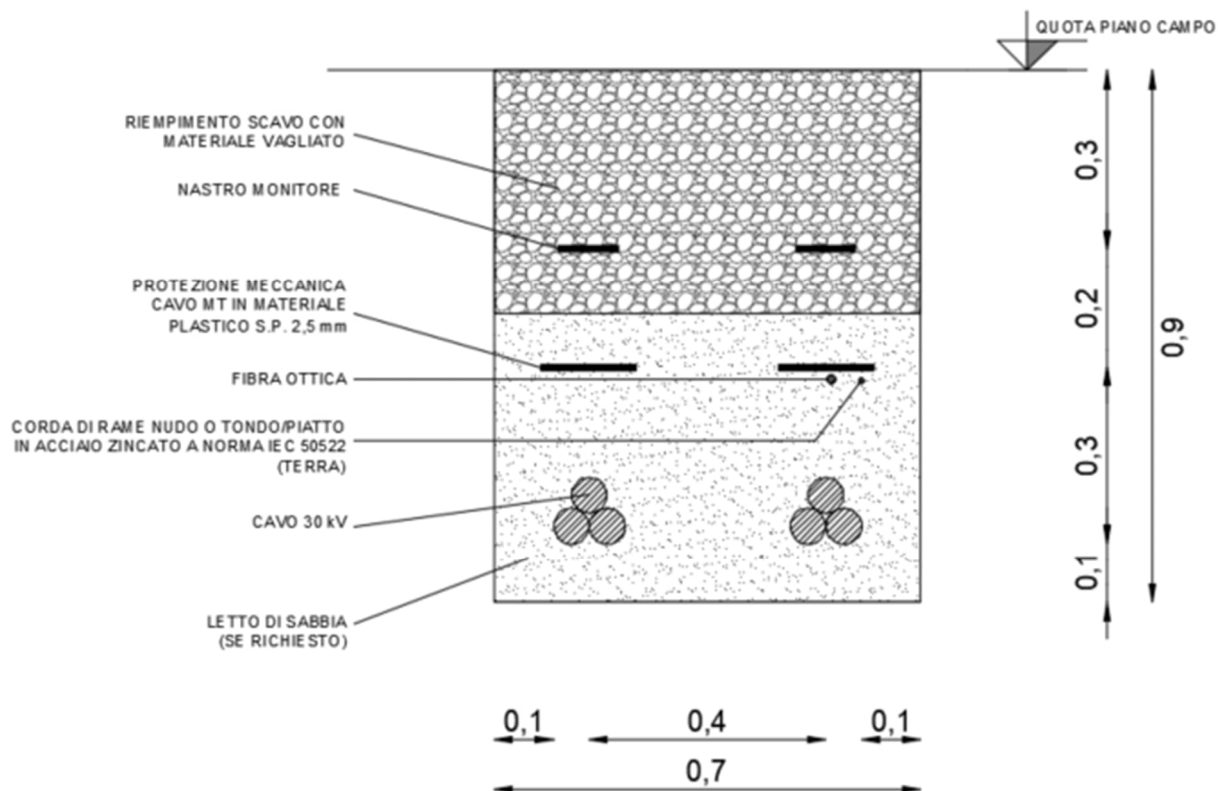


Figura 7 - TIPOLOGICO 2 - CAVIDOTTO 30 kV INTERRATO - 2 TERNE DI CAVI

Dall'inserimento nel software dei dati riassunti in Tabella 2 e dei dati specifici riguardanti la posizione della terna in esame, si è ottenuta la geometria mostrata in Figura 8:

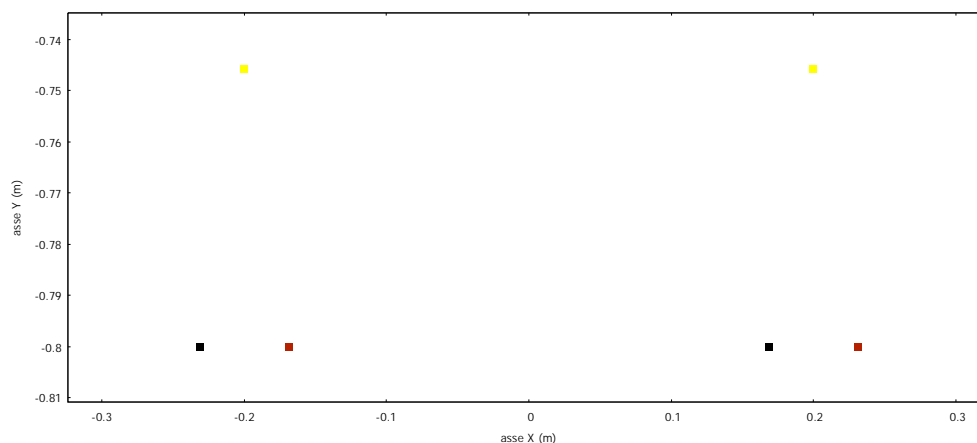
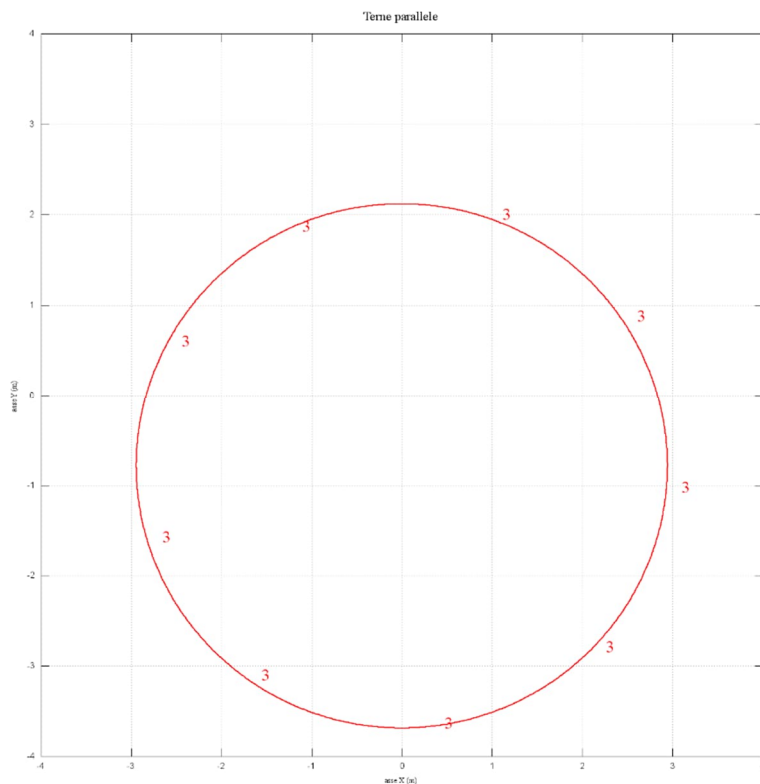
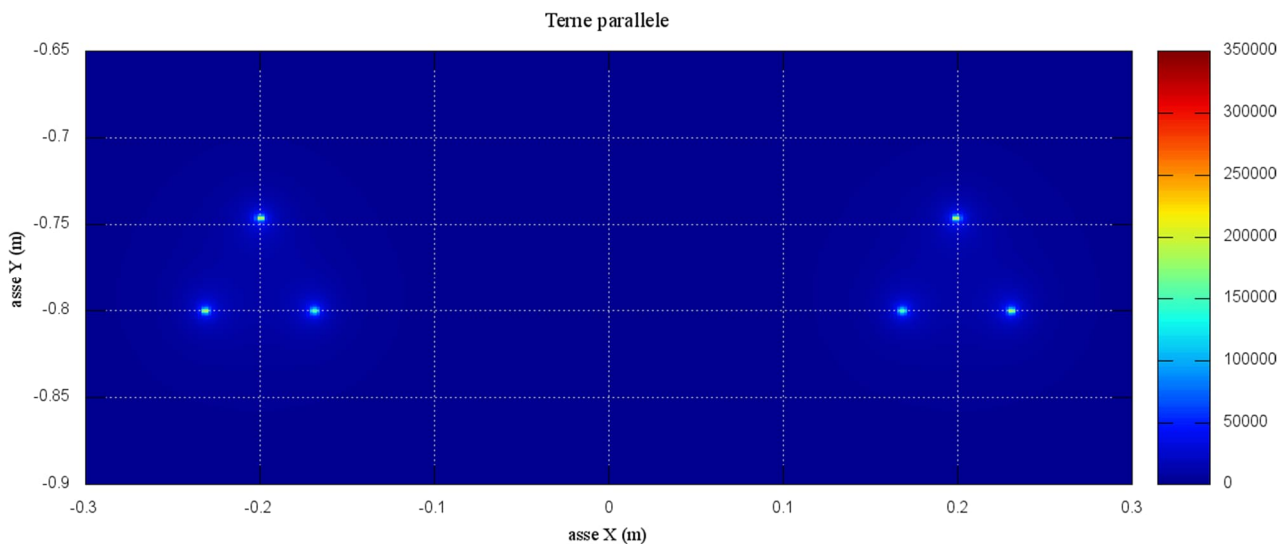


Figura 8 - Geometria 2 terne di cavi

Dallo studio delle curve isolivello (Figura 9) è risultata una Distanza di Prima Approssimazione circa pari a 3 m.

**Figura 9 - Curva isolivello 3 µT**

In Figura 10 si riportano invece i valori di induzione magnetica ottenuti dall'implementazione di tale casistica nel software precedentemente citato.

**Figura 10 - Induzione magnetica (µT) per 2 terne**

3. Scavo con tre terne di cavi tipologia RG7H1R – 26/45 kV

Considerando la posa di tre terne di cavi RG7H1R 3x3x630 mmq, si fa riferimento al tipologico raffigurato in Figura 11:

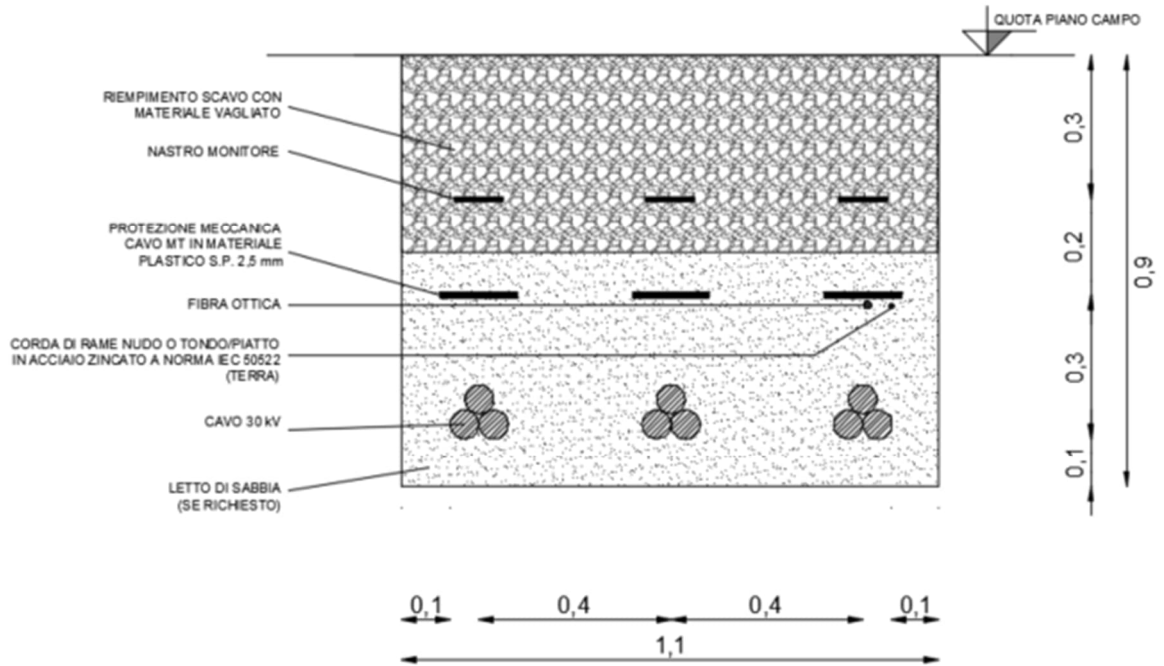


Figura 11 - TIPOLOGICO 3 - CAVIDOTTO 30 kV INTERRATO - 3 TERNE DI CAVI

Dall’inserimento nel software dei dati riassunti in Tabella 2 e dei dati specifici riguardanti la posizione della terna in esame, si è ottenuta la geometria mostrata in Figura 12:

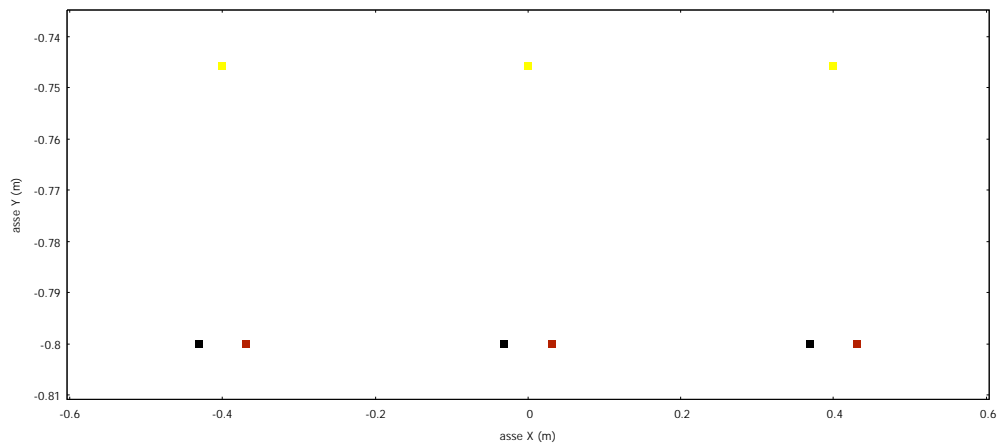


Figura 12 - Geometria 3 terne di cavi

Dallo studio delle curve isolivello (Figura 13) è risultata una Distanza di Prima Approssimazione circa pari a 4 m.

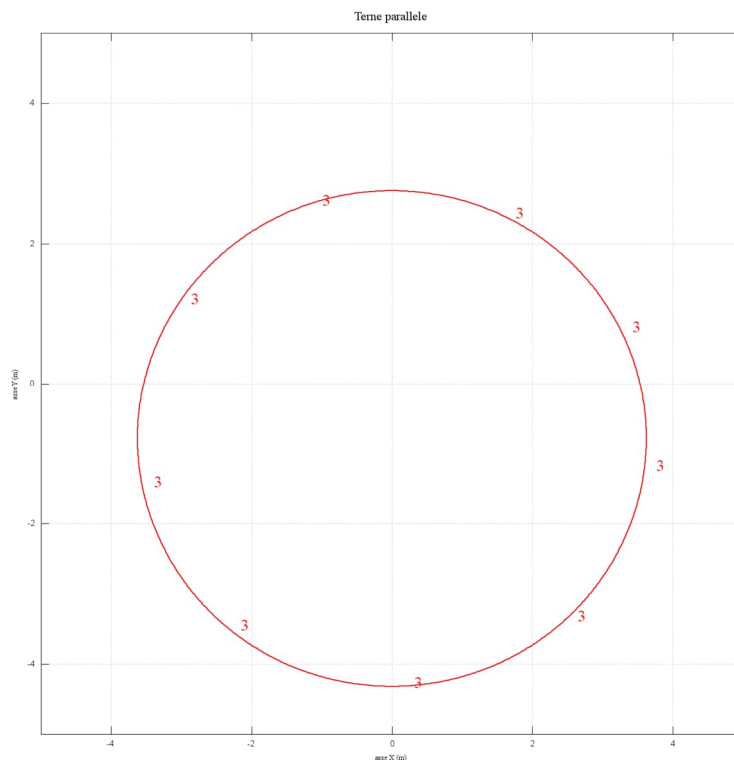


Figura 13 - Curva isolivello 3 µT

In Figura 14 si riportano invece i valori di induzione magnetica ottenuti dall'implementazione di tale casistica nel software precedentemente citato.

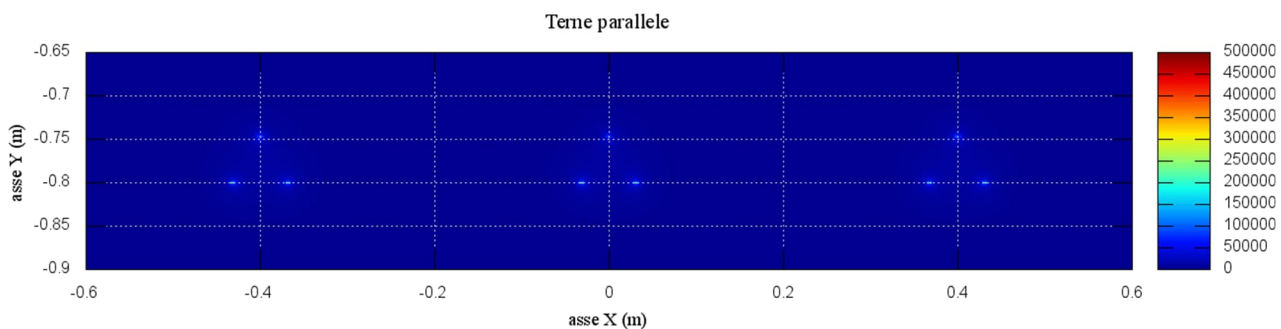


Figura 14 - Induzione magnetica (µT) per 3 terne

4. Scavo con quattro terne di cavi tipologia RG7H1R – 26/45 kV

Considerando la posa di quattro terne di cavi RG7H1R 3x4x630 mmq, si fa riferimento al tipologico raffigurato in Figura 15:

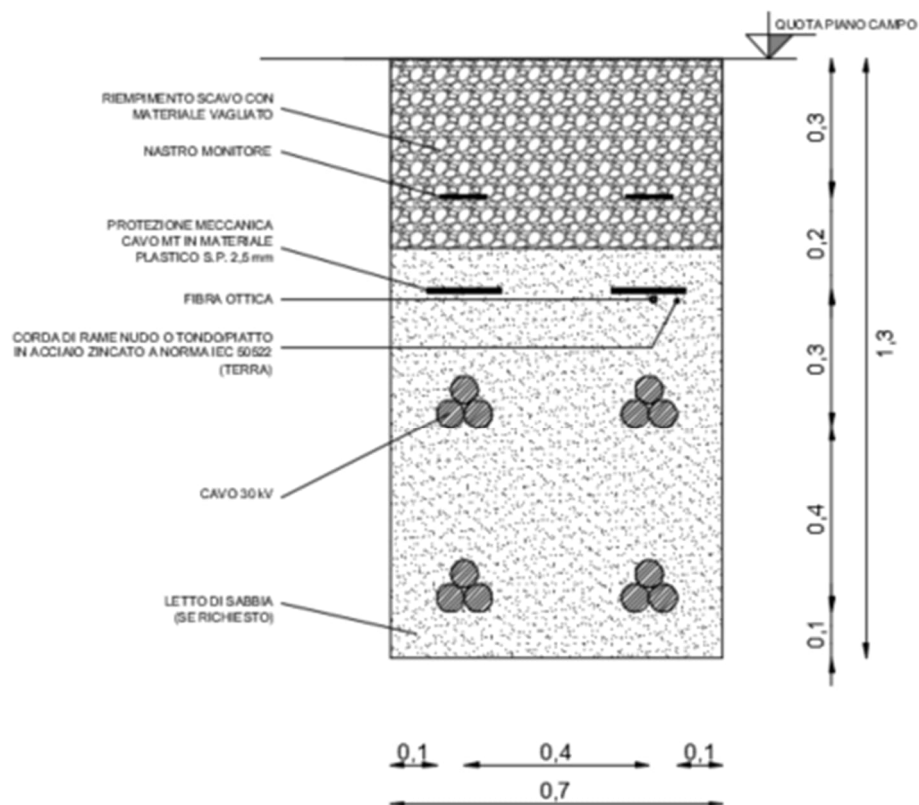


Figura 15 - TIPOLOGICO 4 - CAVIDOTTO 30 kV INTERRATO - 4 TERNE DI CAVI

Dall'inserimento nel software dei dati riassunti in Tabella 2 e dei dati specifici riguardanti la posizione della terna in esame, si è ottenuta la geometria mostrata in Figura 16:

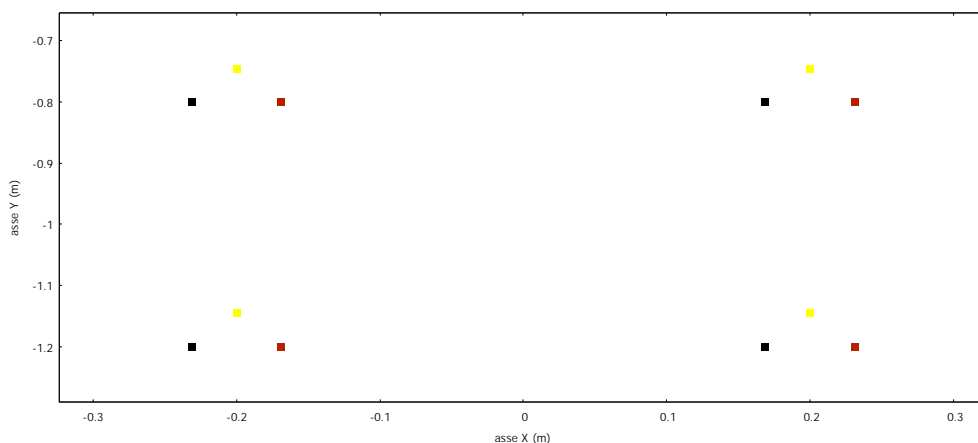
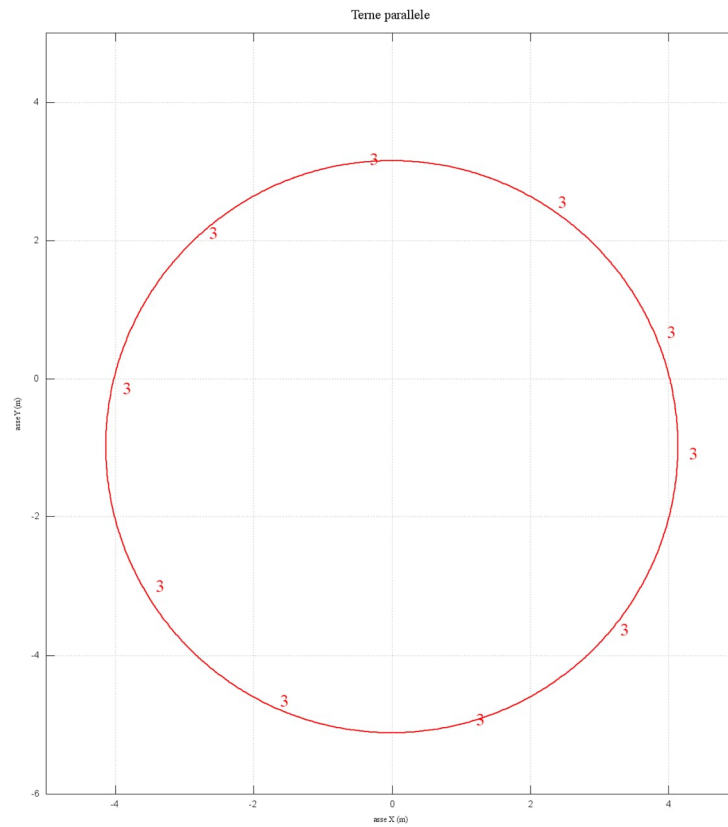
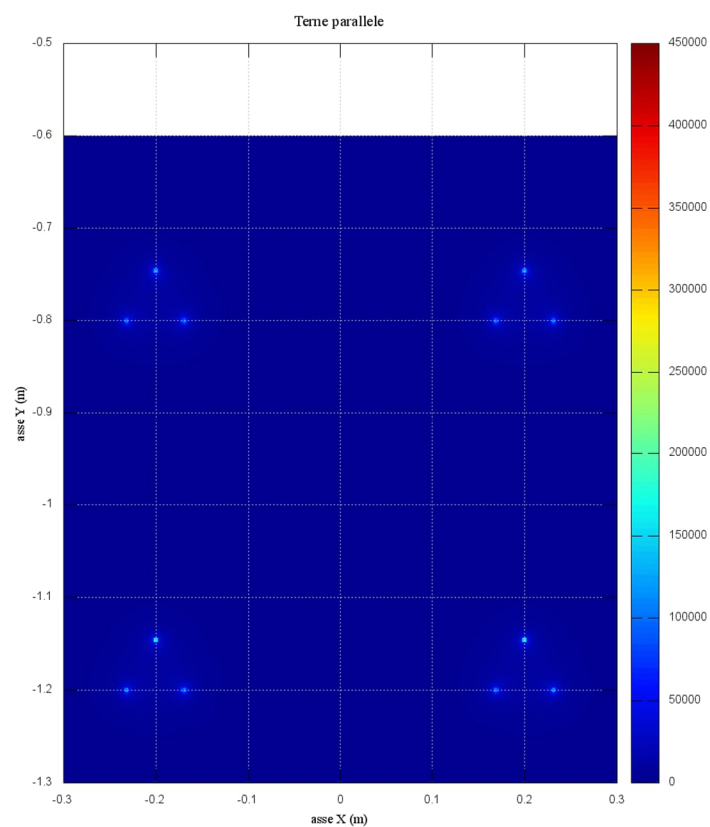


Figura 16 - Geometria 4 terne di cavi

Dallo studio delle curve isolivello (Figura 17) è risultata una Distanza di Prima Approssimazione circa pari a 5 m.

**Figura 17 - Curva isolivello 3 µT**

In Figura 18 si riportano invece i valori di induzione magnetica ottenuti dall'implementazione di tale casistica nel software precedentemente citato.

**Figura 18 - Induzione magnetica (µT) per 4 terne**

6.2. Transformation Unit

1. 6.600 kVA

Per quanto concerne l'impatto elettromagnetico nei confronti delle regolari attività umane, i componenti più impattanti sono i trasformatori di potenza BT/MT.

Per questi ultimi si può osservare che il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore stesso. Per distanze che variano tra 1 m e 10 m da un trasformatore si può calcolare il valore del campo magnetico con la seguente formula:

$$B = 5 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_r}{630}} \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8} \quad [\mu T]$$

Nella quale:

- u_{cc} è la tensione di cortocircuito percentuale;
- S_r è potenza nominale del trasformatore (kVA);
- a è la distanza dal trasformatore;

Inoltre, per un trasformatore in olio, come i trasformatori in progetto, con le stesse caratteristiche e nelle stesse condizioni di un trasformatore in resina, l'induzione magnetica risulta essere inferiore rispetto a quanto calcolabile con la precedente formula.

A vantaggio di sicurezza, l'analisi verrà condotta considerando un trasformatore che presenti gli stessi parametri tecnici del trasformatore elettrico di progetto, di cui si riportano di seguito le caratteristiche principali:

- S (kVA): 6.660;
- V' (V): 30.000;
- V'' (V): 800;
- I" (A): 4.768,79.

Ricordando che l'obiettivo di qualità previsto dal DPCM 08/07/03 è pari a 3 μT e considerando una U_{cc} del 6%, l'applicazione della formula precedente restituisce una distanza dal trasformatore tale che il campo magnetico si riduca a 3 μT è di 4,73 m, da cui deriva una DPA cautelativa di 5 m dal trasformatore stesso.

2. 3.300 kVA

Per quanto concerne l'impatto elettromagnetico nei confronti delle regolari attività umane, i componenti più impattanti sono i trasformatori di potenza BT/MT.

Per questi ultimi si può osservare che il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore stesso. Per distanze che variano tra 1 m e 10 m da un trasformatore si può calcolare il valore del campo magnetico con la seguente formula:

$$B = 5 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_r}{630}} \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8} \quad [\mu T]$$

Nella quale:

- u_{cc} è la tensione di cortocircuito percentuale;
- S_r è potenza nominale del trasformatore (kVA);
- a è la distanza dal trasformatore;

Inoltre, per un trasformatore in olio, come i trasformatori in progetto, con le stesse caratteristiche e nelle stesse condizioni di un trasformatore in resina, l'induzione magnetica risulta essere inferiore rispetto a quanto calcolabile con la precedente formula.

A vantaggio di sicurezza, l'analisi verrà condotta considerando un trasformatore che presenti gli stessi parametri tecnici del trasformatore elettrico di progetto, di cui si riportano di seguito le caratteristiche principali:

- S (kVA): 3.300;
- V' (V): 30.000;
- V'' (V): 800;
- I" (A): 2.384,40.

Ricordando che l'obiettivo di qualità previsto dal DPCM 08/07/03 è pari a 3 μT e considerando una Ucc del 6%, l'applicazione della formula precedente restituisce una distanza dal trasformatore tale che il campo magnetico si riduca a 3 μT è di 3,35 m, da cui deriva una DPA cautelativa di 4 m dal trasformatore stesso.

6.3. Cavidotti di connessione alla rete

Il cavidotto AT tra la SEU e la Step-up è una potenziale sorgente di campi elettromagnetici.

Il cavidotto AT, il cui tracciato è evidenziato nella cartografia di progetto, sarà della tipologia 2XS(FL)2Y 76/132 kV o similare, con tensione nominale d'isolamento U₀/U 76/132 kV. Il cavo sarà direttamente interrato in formazione a trifoglio e racchiuso in uno strato di calcestruzzo magro, per poi procedere al ripristino dello scavo con opportuno rinterro, eventualmente eseguito con materiale risultante dallo scavo stesso. Il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore e dal numero di terne di cavidotti presenti all'interno dello scavo, dal momento che la presenza contemporanea di più terne provoca un incremento del campo magnetico. Occorre quindi tenere in considerazione le diverse modalità di posa dei cavidotti, che per il progetto in esame è la seguente:

1. Scavo con una terna di cavi AT del tipo 2XS(FL)2Y – 76/132 kV.

I dati generali utili ai fini del calcolo, quindi, sono riassunti nella tabella di seguito riportata:

Tabella 3 - Dati generali, utili ai fini del calcolo

CORRENTE MASSIMA DELLA PORTATA DEL CAVO (240 mmq)	840	A
DISTANZA TRA LE GENERATRICI DEL CAVO (240 mmq)	0,070	m

1. Scavo con una terna di cavi tipologia 2XS(FL)2Y

Considerando la posa di una terna di cavi 2XS(FL)2Y – 76/132 kV 3x1x240 mmq, si fa riferimento al tipologico raffigurato in Figura 19:

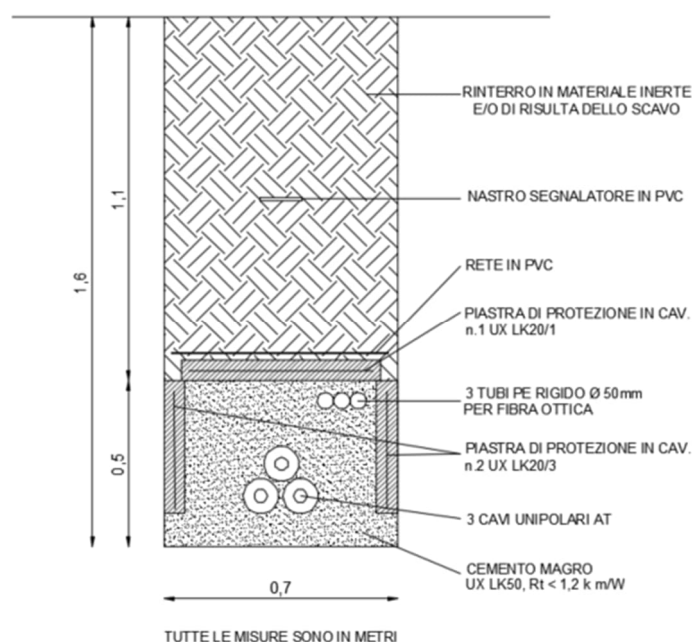
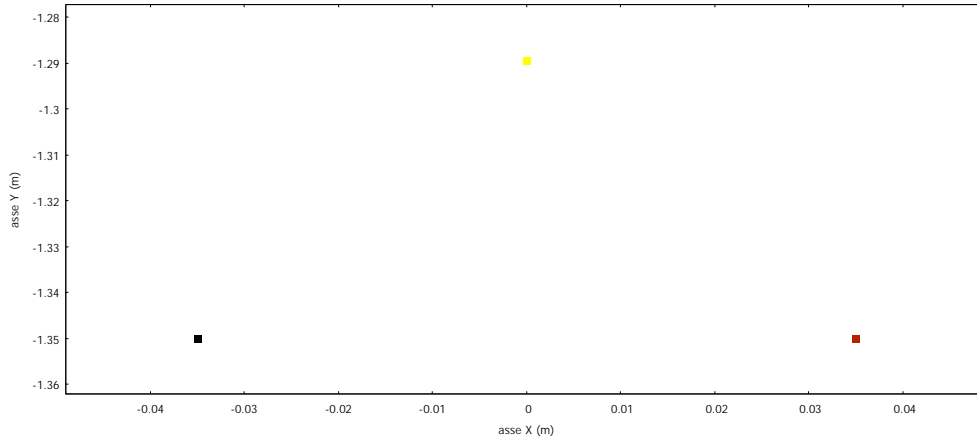
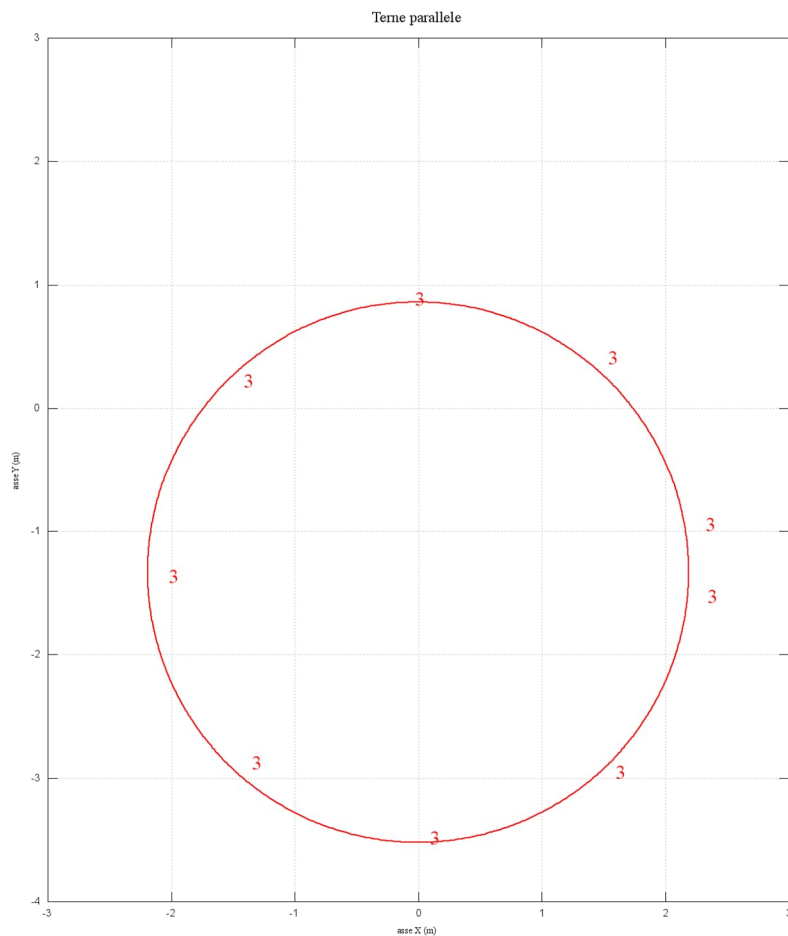


Figura 19 - TIPOLOGICO 1 – CAVIDOTTO DI CONNESSIONE 132 kV INTERRATO - 1 TERNA DI CAVI

Dall'inserimento nel software dei dati riassunti in Tabella 3 e dei dati specifici riguardanti la posizione della terna in esame, si è ottenuta la geometria mostrata in Figura 20:

**Figura 20 - Geometria 1 terna di cavi - cavidotto AT**

Dallo studio delle curve isolivello (Figura 21) è risultata una Distanza di Prima Approssimazione circa pari a 3 m.

**Figura 21 - Curva isolivello 3 µT**

In Figura 22 si riportano invece i valori di induzione magnetica ottenuti dall'implementazione di tale casistica nel software precedentemente citato.

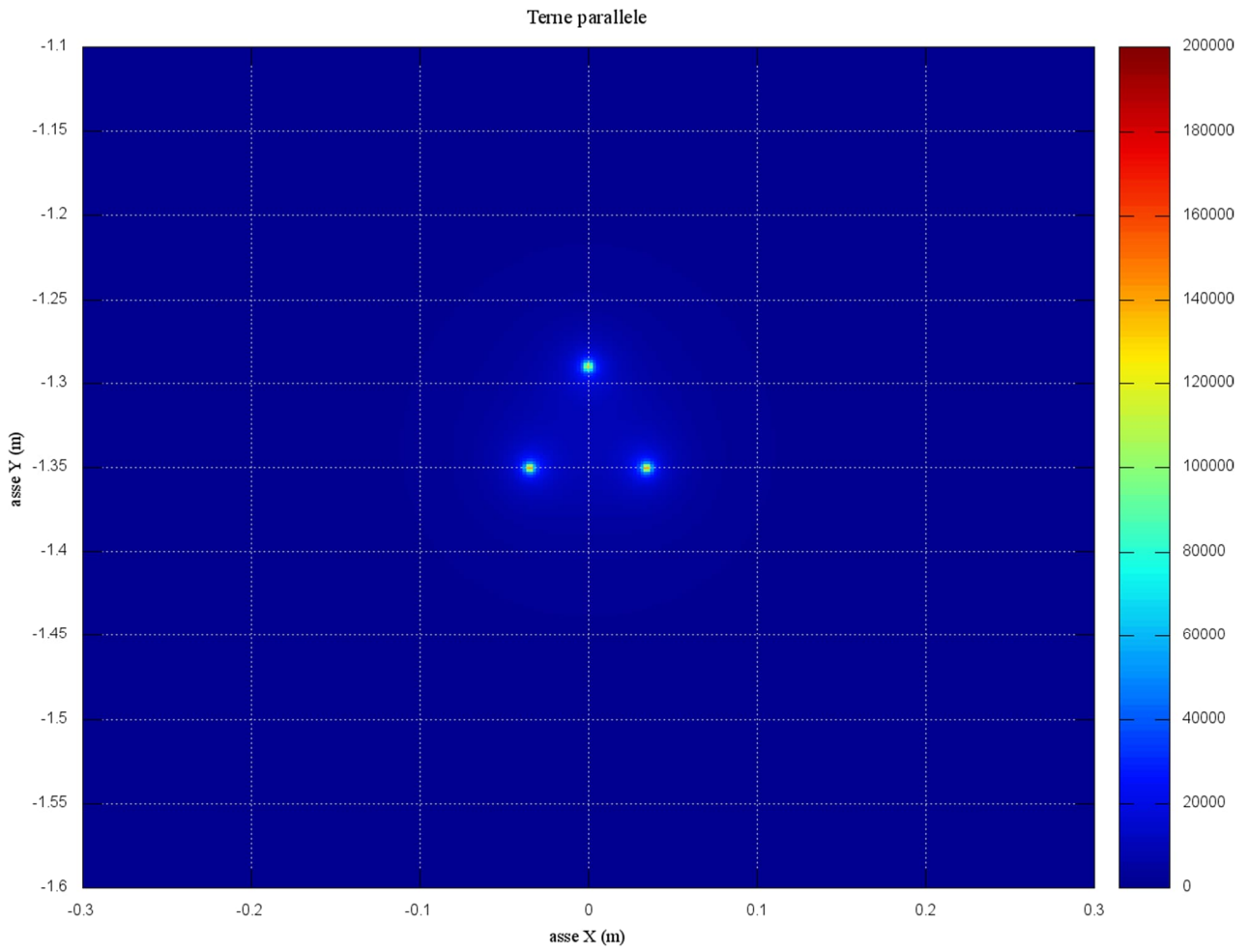


Figura 22 - Induzione magnetica (μT) per 1 terna – Cavidotto AT

6.4. Sottostazione Elettrica di Utenza

La stazione di trasformazione AT/MT, che ha il compito di elevare il livello di tensione da 30 kV fino ai 132 kV della RTN, è un luogo in cui viene riscontrata l'emissione di campi elettromagnetici.

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SEU 132/30 kV di innalzamento, sono state individuate le seguenti possibili sorgenti in grado di generare un campo elettromagnetico significativo, determinando dunque l'opportunità di osservare la relativa distanza di prima approssimazione (DPA):

- Trasformatore AT/MT 132/30 kV;
- Condutture in cavo interrato a tensione nominale 30 kV.

Le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee BT, trasformatori MT/BT, apparecchiature BT, ecc.) sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche in letteratura.

Trattandosi di cabine primarie isolate in aria, il DM 29/05/08, allegato APAT, par. 5.2.2, non prevede di dover ricorrere al calcolo dei campi generati, dal momento che le DPA, e quindi le fasce di rispetto, ricadono generalmente all'interno dell'area di pertinenza della stessa cabina.

Inoltre, dal momento che la SEU è ubicata all'interno dell'area di impianto e le apparecchiature elettriche, in particolare il trasformatore AT/MT, sono posizionate nella porzione nord, cioè quella al confine con l'impianto, i campi elettromagnetici risultano concentrati all'interno di tale area e a quella di pertinenza della Sottostazione. In aggiunta a quanto riportato precedentemente, si noti che il trasformatore MT/AT è posto all'interno di un'area recintata, a distanze non inferiori a 10 m dalla recinzione stessa; pertanto, anche alla luce di ciò, non si ritiene che tale sorgente possa rappresentare un pericolo in termini di esposizione alle regolari attività umane. La fascia di rispetto derivante dalle linee MT, invece, in virtù della particolare configurazione della stazione elettrica, ricade interamente all'interno dell'area della SEU.



Figura 23 - Distanze trasformatore SEU - recinzione SEU

7. CONCLUSIONI

Nella presente relazione è stato condotto uno studio analitico volto a valutare l'impatto elettromagnetico delle opere da realizzare e, sulla base di quanto emerso, 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:

Cavidotti di impianto:

- Scavo con una terna di cavi MT del tipo RG7H1R: è necessaria l'apposizione di una DPA di 3 m;
- Scavo con due terne di cavi MT del tipo RG7H1R: è necessaria l'apposizione di una DPA di 3 m;
- Scavo con tre terne di cavi MT del tipo RG7H1R: è necessaria l'apposizione di una DPA di 4 m;
- Scavo con quattro terne di cavi MT del tipo RG7H1R: è necessaria l'apposizione di una DPA di 5 m.

Cavidotti di connessione alla rete:

- Scavo con una terna di cavi AT del tipo 2XS(FL)2Y: è necessaria l'apposizione di una DPA di 3 m.

Trasformatore Transformation Unit:

- Trasformatore 6.600 kVA: è necessaria l'apposizione di una DPA di 5 m rispetto al trasformatore;
- Trasformatore 3.300 kVA: è necessaria l'apposizione di una DPA di 4 m rispetto al trasformatore.

SEU:

- I campi elettromagnetici risultano concentrati all'interno dell'area di impianto e all'interno dell'area della SEU.

Si precisa che le considerazioni e i calcoli riportati nei paragrafi precedenti riguardano esclusivamente le opere elettriche a servizio dell'impianto in oggetto, escludendo quindi eventuali altre linee aeree o interrato esterne allo stesso. Considerato ciò, è possibile affermare che le opere suddette, grazie anche alle soluzioni costruttive e di localizzazione adottate (le opere dell'impianto verranno posizionate all'interno di un perimetro recintato e dunque con accesso al pubblico limitato), rispettano i limiti posti dalla L. 36/2001 e dal DPCM 8 luglio 2003 e sono quindi compatibili con l'eventuale presenza umana nella zona.