



REGIONE SARDEGNA
COMUNI DI VILLANOVAFORRU, SARDARA, SANLURI E
FURTEI (SU)

PROGETTO

Impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica
di potenza pari a 42 MW denominato "Marmilla"
Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU)

TITOLO

Rel.12 - Relazione campi elettrici e magnetici

PROPONENTE



ENGIE TREXENTA S.r.l.

Sede legale e Amministrativa:
Via Chiese 72
20126 Milano (MI)
PEC: engietrexenta@legalmail.it

PROGETTISTA



SCM ingegneria S.r.l.
Via Carlo del Croix, 55
Tel.: +39 0831-728955
72022 Latiano (BR)
Mail: info@scmingegneria.com

Dott. Ing. Daniele Cavallo



Scala	Formato Stampa A4	Cod.Elaborato EOMRMD-I_Rel.12	Rev. 00	Nome File EOMRMD-I_Rel.12-Relazione campi elettrici e magnetici	Foglio 1 di 24
-------	----------------------	----------------------------------	------------	--	-------------------

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	15/04/2023	Emesso per iter autorizzativo	L. Maculan	D. Cavallo	D. Cavallo

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	DATI GENERALI	3
2.1	DATI DEL PROPONENTE	3
2.2	LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	4
2.3	DESTINAZIONE D'USO	4
3	LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO	5
4	SCOPO	8
5	QUADRO NORMATIVO	10
6	CAMPI ELETTRICI	11
7	CAMPI MAGNETICI	11
7.1	METODO DI CALCOLO	11
7.2	CONDIZIONI DI POSA	11
7.3	RISULTATI	11
8	FASCE DI RISPETTO CAVI	19
9	CAMPI ELETTRICI DELLE OPERE CONNESSE	20
9.1	STAZIONE ELETTRICA D'UTENZA	20
9.1.1	Sorgenti specifiche	20
9.1.2	Sbarre AT a 150 kV in aria	20

1 INTRODUZIONE

Il presente documento è parte integrante del progetto di una centrale di produzione di energia da fonte eolica, con una potenza nominale di 42 MW che la società ENGIE TREXENTA S.R.L. (di seguito “la Società”) intende realizzare nei Comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU).

La società ha acquisito l’iniziativa, inclusa della proposta di connessione da parte di Terna, dalla società RENEWABLES CIRCULAR DEVELOPMENT S.R.L. in data 25/05/2022.

La Società RENEWABLES CIRCULAR DEVELOPMENT S.R.L. ha presentato a Terna S.p.A. (“il Gestore”) la richiesta di connessione alla RTN per una potenza in immissione di 42,0 MW; alla richiesta è stato assegnato Codice Pratica 202100406.

In data 19/07/2021, il gestore ha trasmesso la soluzione tecnica minima generale per la connessione (STMG), formalmente accettata in data 17/11/2021.

Lo schema di connessione alla RTN, descritto nella STMG, prevede che l’impianto eolico debba essere collegato in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri - Selargius”.

Al fine di razionalizzare l’utilizzo delle strutture di rete, il Gestore ha proposto alla Società di condividere lo stallo RTN nella nuova Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV con altri produttori.

2 DATI GENERALI

2.1 DATI DEL PROPONENTE

Di seguito i dati anagrafici del soggetto proponente:

SOCIETA' PROPONENTE	
Denominazione	ENGIE TREXENTA S.R.L.
Indirizzo sede legale	Via Chiese 72 – 20126 Milano (MI)
Codice Fiscale/Partita IVA	12367510968
Numero REA	MI - 2657279
Capitale Sociale	10.000,00
Socio Unico	ENGIE ENERGIES ITALIA S.R.L.
PEC	engietrexenta@legalmail.it

Tabella 2-1 – Informazioni principali della Società Proponente

2.2 LOCALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto eolico oggetto del presente documento sarà realizzato nei comuni di Villanovaforru, Sardara e Sanluri (SU).

Il cavidotto MT relativo allo stesso impianti interesserà invece i comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU).

Le opere Utente e di Rete saranno infine realizzate interamente nel comune di Sanluri (SU).

2.3 DESTINAZIONE D'USO

L'area oggetto dell'intervento ha una destinazione d'uso agricolo.

3 LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la costruzione di una centrale di produzione di energia elettrica da fonte eolica nei comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e Furtei (SU) e delle opere indispensabili per la sua connessione alla RTN, nel comune di Sanluri (SU).



Figura 3-1 – Inquadramento generale da ortofoto – impianto eolico



Figura 3-2 – Inquadramento generale da ortofoto – opere di connessione

La centrale di produzione, anche detta “parco eolico”, è costituita da n.7 aerogeneratori della potenza unitaria pari a 6,0 MW, interconnessi da una rete interrata di cavi MT 30 kV (in fase di realizzazione tale tensione di distribuzione potrebbe essere aumentata fino ad un massimo di 36 kV, in funzione di aspetti successivi inerenti eventuali opportunità legate alla connessione). Le opere di connessione, invece, prevedono la costruzione di una stazione elettrica di trasformazione MT/AT, anche detta “stazione utente”, di proprietà del soggetto produttore e delle infrastrutture brevemente descritte di seguito.

Il progetto complessivamente prevede la realizzazione delle seguenti opere:

1. Parco eolico composto da 7 aerogeneratori, della potenza complessiva di 42.000 kW, ubicati nei comuni di Villanovaforru, Sardara e Sanluri (SU)
2. Elettrodotta in cavo interrato, in media tensione, per il vettoriamento dell’energia prodotta dagli aerogeneratori verso la stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV;
3. Nuova Stazione di Utente 30/150 kV;
4. Opere Condivise dell’Impianto di Utente (Opere Condivise), costituite da sbarre comuni, dallo stallo arrivo linea e da una linea in cavo interrato a 150 kV, condivise tra la Società ed altri operatori, in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri - Selargius”;
5. Nuovo stallo utente da realizzarsi nella nuova stazione elettrica di smistamento (SE) a 380/150 kV della RTN da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 380 kV “Ittiri - Selargius”.

Le opere di cui ai precedenti punti 1) e 2) costituiscono il cosiddetto Impianto Eolico.

Le opere di cui ai precedenti punti 3) e 4) costituiscono il cosiddetto Impianto di Utente per la connessione.

Le opere di cui al precedente punto 5) costituiscono il cosiddetto Impianto di Rete, e non sono

oggetto della presente relazione tecnica.

La STMG prevede che l’impianto eolico debba essere collegato in antenna a 150 kV sulla sezione a 150 kV di una futura Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN 380 kV “Ittiri - Selargius”.

Nel preventivo di connessione TERNA informa che al fine di razionalizzare l’utilizzo delle strutture di rete sarà necessario condividere lo stallo in stazione con altri impianti di produzione.

Di seguito viene illustrato il layout delle opere di connessione e delle opere di rete.



Figura 3-3 – Ubicazione opere di connessione su ortofoto

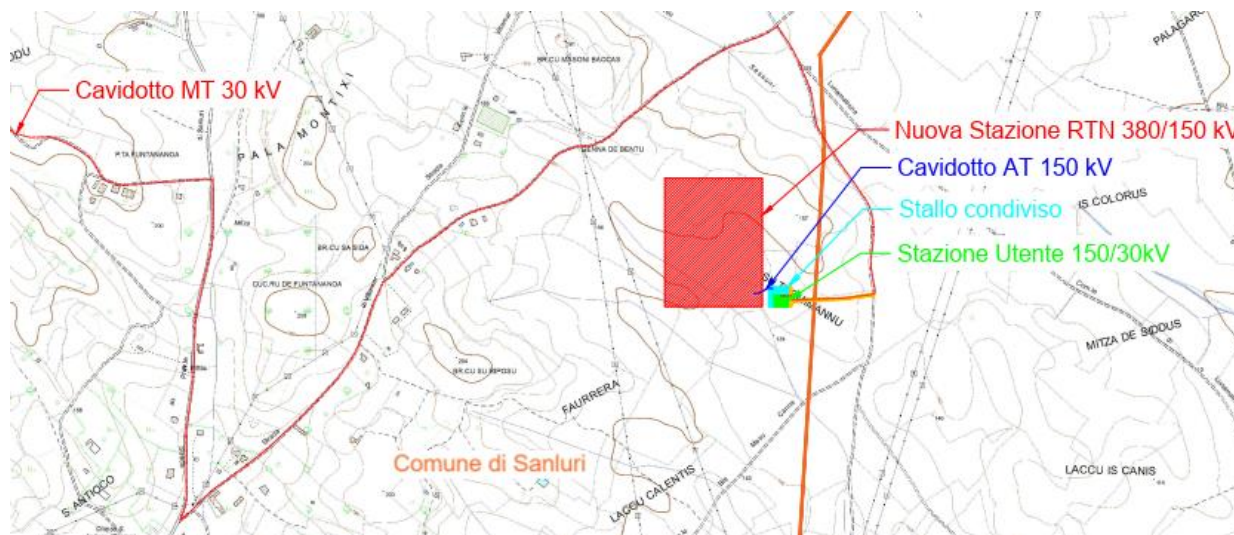


Figura 3-4 – Opere di connessione e di rete - Estratto di inquadramento generale da CTR

4 SCOPO

Il presente documento riporta i risultati dello studio dei campi elettrici e magnetici relativi ai cavi in media tensione per il collegamento degli aerogeneratori dell'impianto oggetto del presente progetto.

I cavi in media tensione raccolgono la potenza generata dagli aerogeneratori per portarla fino al quadro media tensione ubicato nell'edificio della Stazione Utente.

Il percorso dei cavi MT è mostrato nelle seguenti figure.

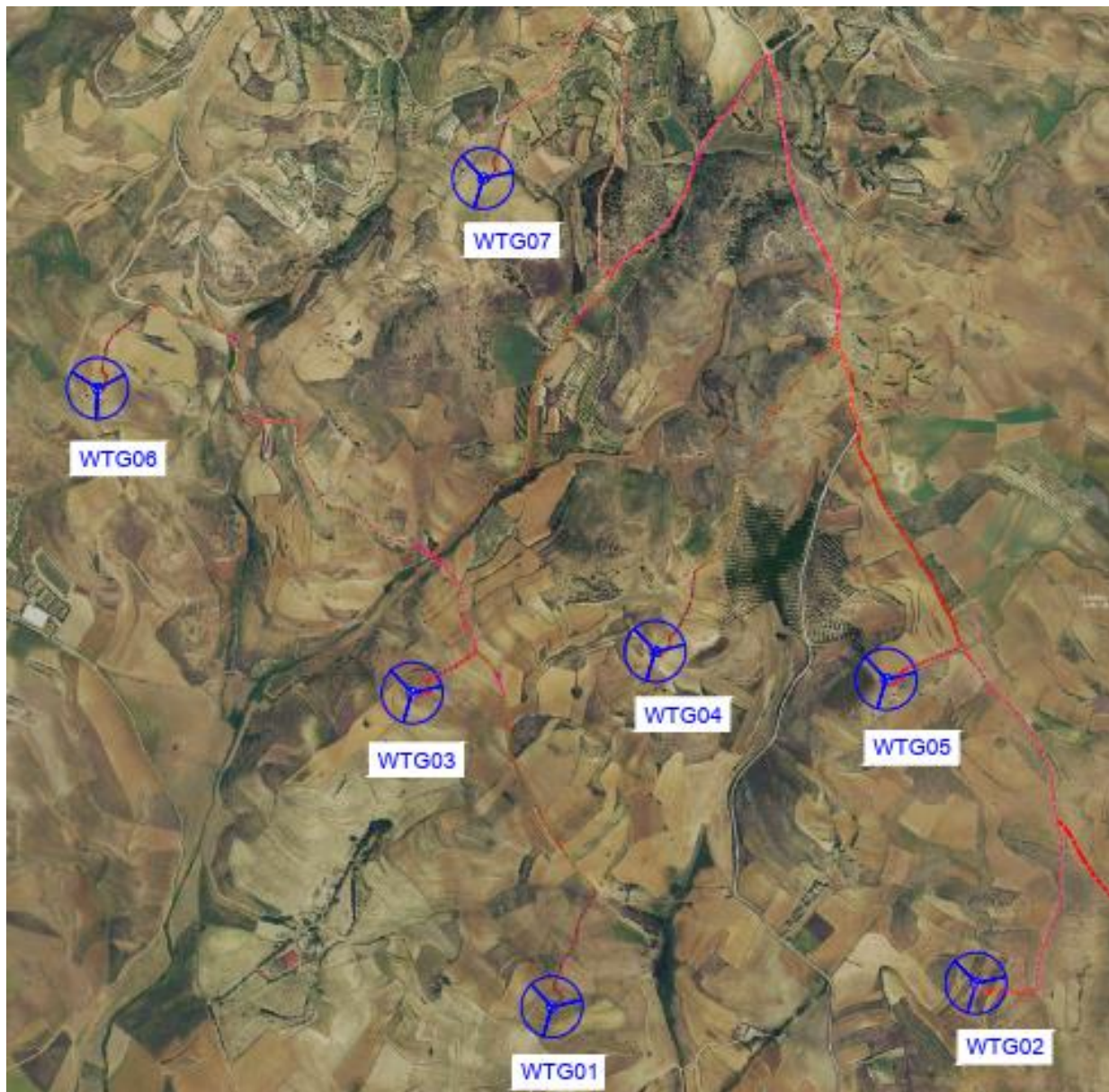


Figura 4-1 – Layout della rete MT su ortofoto - impianto eolico



Figura 4-2 – Layout della rete MT su ortofoto – connessione alla SSE

Il percorso di dettaglio dei cavi delle dorsali è mostrato nella tavola “EOMRMD-I_Tav.23 - Planimetria del tracciato del cavidotto MT e sezioni tipo” per i dettagli grafici inerenti ai tracciati delle reti MT.

5 QUADRO NORMATIVO

Il DPCM 8 luglio 2003 stabilisce i limiti di esposizione ed i valori di attenzione per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) nonché, per il campo magnetico, anche un obiettivo di qualità ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

Come limite di esposizione viene fissato il valore di 100 μT per il campo magnetico, ed un valore di attenzione di 10 μT nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori alle quattro ore giornaliere.

Per nuovi elettrodotti ed installazioni elettriche viene fissato l’obiettivo di qualità a 3 μT in corrispondenza di aree gioco per l’infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenza non inferiori alle 4 ore giornaliere.

Si va quindi a identificare come fascia di rispetto lungo il percorso dei cavi MT del parco eolico, la distanza oltre la quale viene rispettato l’obiettivo di qualità imposto dal DPCM 8 Luglio 2003.

Le metodologie di calcolo e i risultati delle stesse sono identificate nei seguenti paragrafi.

6 CAMPI ELETTRICI

Dal momento che la rete MT della centrale eolica è realizzato mediante cavi schermati, il campo elettrico risultante è nullo e viene quindi trascurato ai fini della presente relazione.

7 CAMPI MAGNETICI

7.1 METODO DI CALCOLO

Il programma di calcolo utilizzato si basa sui metodi standardizzati dal Comitato Elettrotecnico Italiano, secondo la norma CEI 211-4, “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”.

Il calcolo del campo magnetico è stato sviluppato per le sezioni tipiche identificate lungo il percorso dei cavi MT, andando a calcolare il campo magnetico nelle sue componenti bidirezionali.

Ai fini della determinazione delle fasce di rispetto il campo magnetico è stato calcolato a livello del suolo, tenendo conto delle effettive condizioni di posa dei cavi.

Si è tenuto tale approccio cautelativo ai fini della sicurezza, in modo da considerare la fascia di rispetto più ampia possibile, sebbene sarebbe ammissibile calcolare il campo magnetico ad 1 m dal suolo, come previsto dall’art. 5 del DPCM 08/07/03 e dalla guida CEI 211-6.

Per la corrente è stato considerato il valore massimo generato da ciascun aerogeneratore, combinando i contributi dei singoli aerogeneratori collegati ai cavi MT come risultante nelle sezioni considerate.

Anche in questo caso si è preferito considerare le condizioni più gravose, ai fini della sicurezza. La corrente generata, infatti, può ridursi notevolmente in funzione della variabilità delle condizioni meteorologiche nel corso della giornata (secondo il citato DPCM, i limiti del campo sono da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore giornaliere nelle normali condizioni di esercizio).

7.2 CONDIZIONI DI POSA

Per le condizioni di posa dei cavi lungo le dorsali si rimanda alla tavola “EOMRMD-I_Tav.23 - Planimetria del tracciato del cavidotto MT e sezioni tipo”.

Nel presente studio sono state considerate le condizioni di posa più gravose, ovvero quelle con cavi direttamente interrati, in quanto presentano i cavi alla minore profondità e ravvicinati.

7.3 RISULTATI

Le sezioni considerate nello studio sono mostrate nella seguente figura e riassunte nella tabella che mostra, oltre alle sezioni dei cavi coinvolte, le correnti massime utilizzate nel calcolo dei campi magnetici e nella definizione delle fasce di rispetto, come risultanti dal numero di aerogeneratori collegati ai cavi stessi.

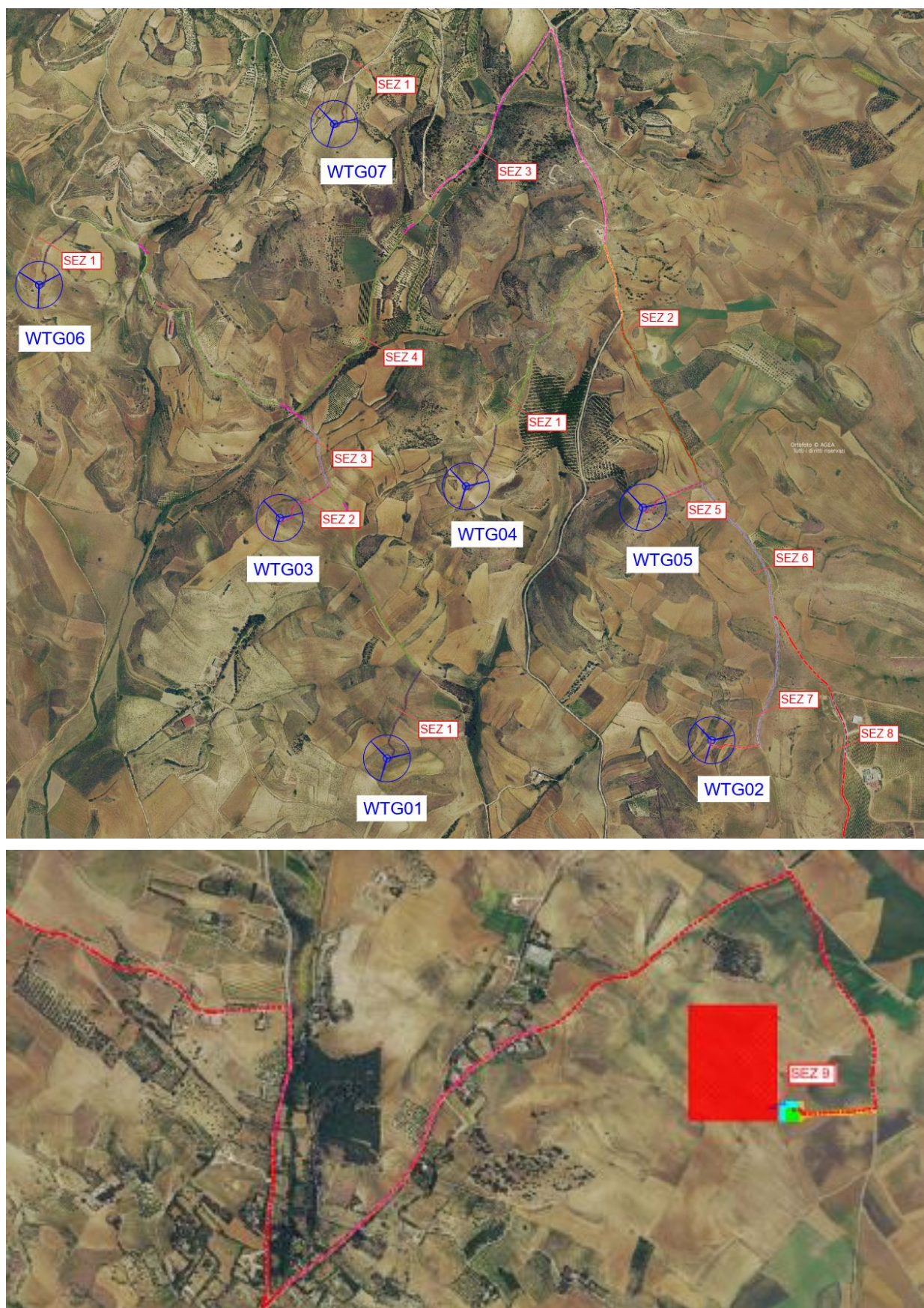


Figura 7-1 – Sezioni per definizione campo magnetico

Sez	Descrizione	Sez cavo 1 (mm ²)	Corr cavo 1 (A)	Sez cavo 2 (mm ²)	Corr cavo 2 (A)	Sez cavo 3 (mm ²)	Corr cavo 3 (A)
1	Una terna: una WTG	120	122	-	-	-	-
2	Tre terne: una WTG, una WTG, tre WTG	120	122	120	122	500	365
3	Due terne: una WTG, tre WTG	120	122	500	365	-	-
4	Una terna: tre WTG	500	365	-	-	-	-
5	Tre terne: una WTG, una WTG, tre WTG	120	122	120	122	400	365
6	Due terne: tre WTG, tre WTG	500	365	400	365	-	-
7	Due terne: tre WTG, quattro WTG	400	365	630	486	-	-
8	Due terne: tre WTG, quattro WTG	500	365	630	486	-	-
9	SSE-RTN: una terna 150 kV	1200	608	-	-	-	-

Tabella 7-1 – Sezioni per calcolo campo magnetico

Il campo magnetico calcolato al suolo per ognuna delle sezioni individuate è mostrato nelle seguenti figure.

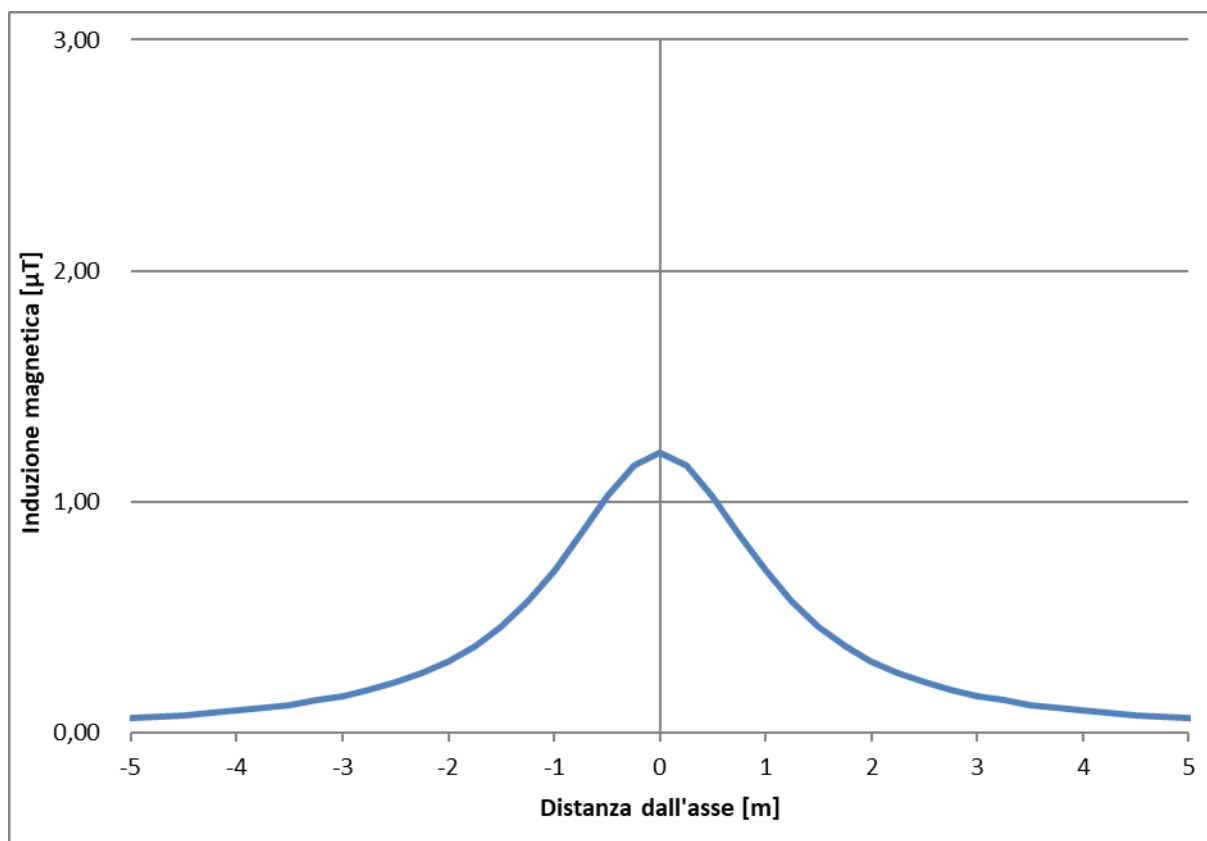


Figura 7-2 – Andamento campo magnetico – Sezione 1

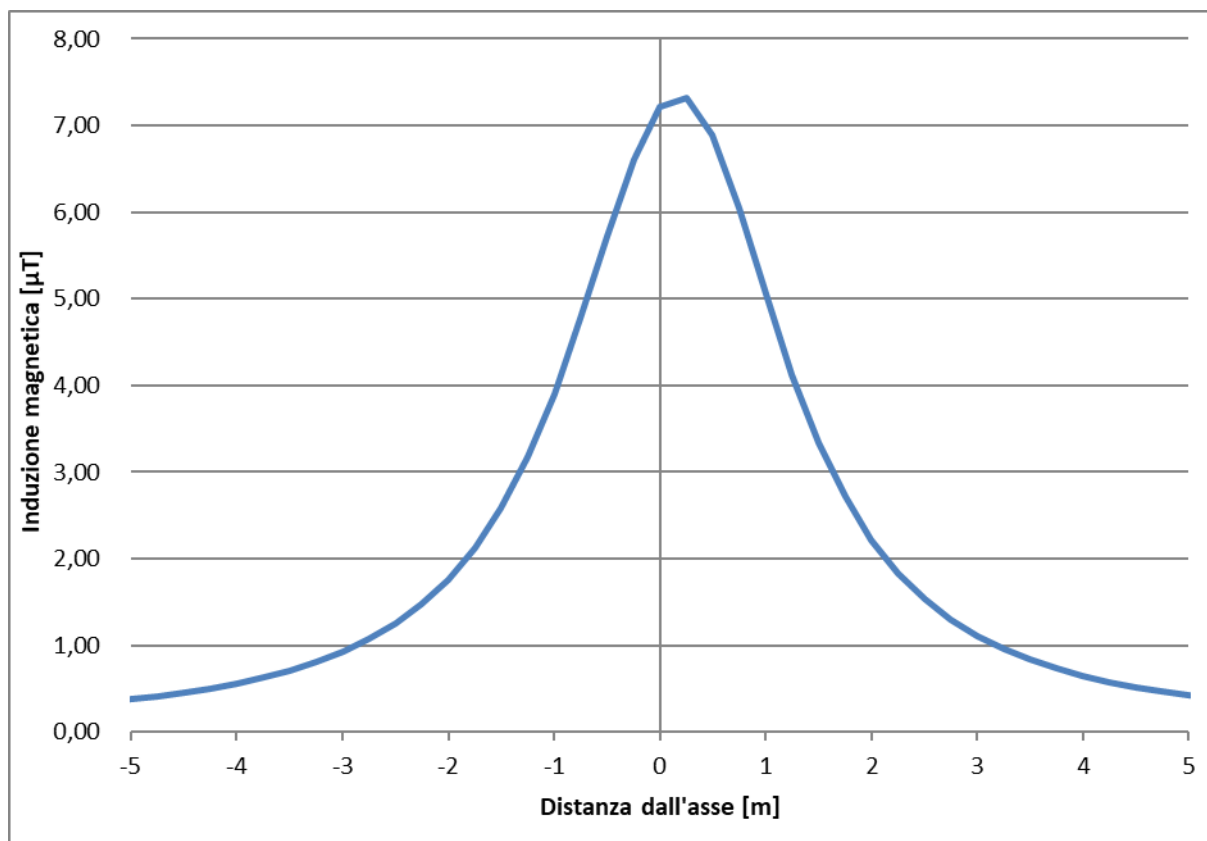


Figura 7-3 – Andamento campo magnetico – Sezione 2

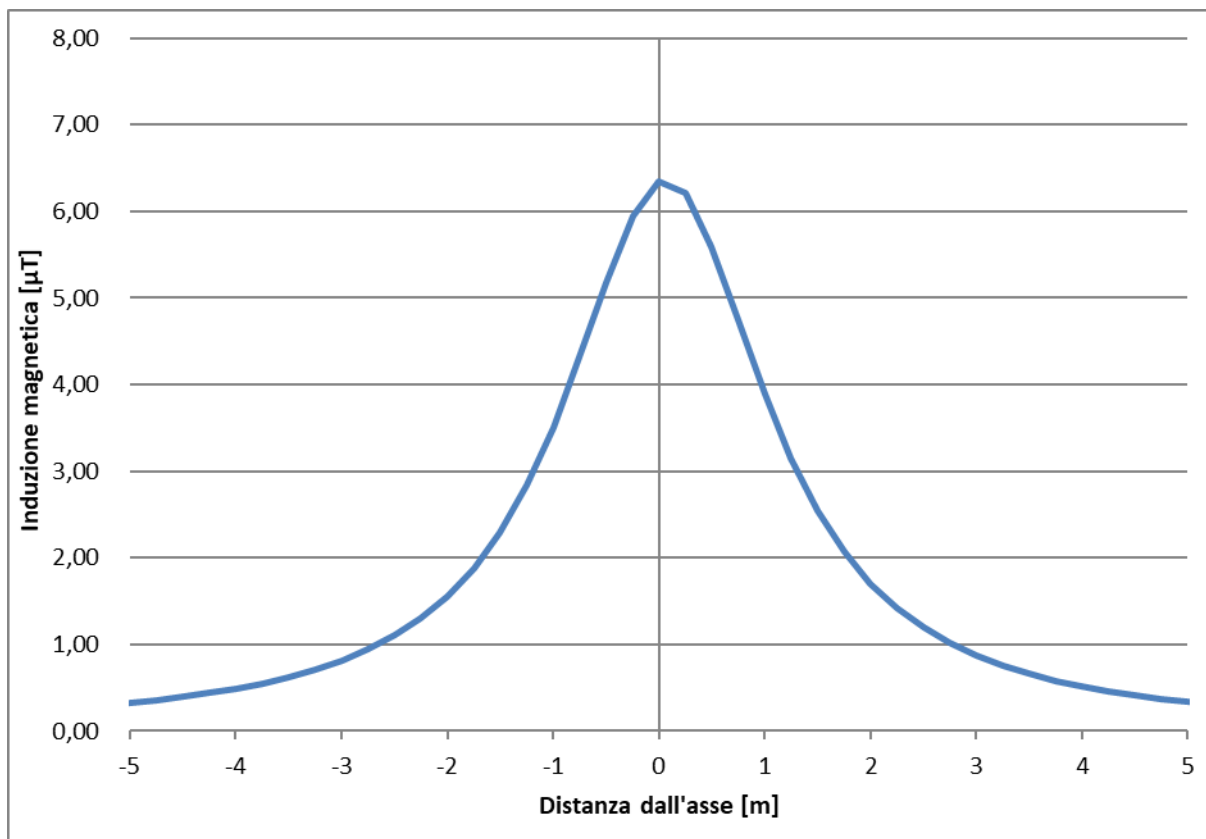


Figura 7-4 – Andamento campo magnetico – Sezione 3

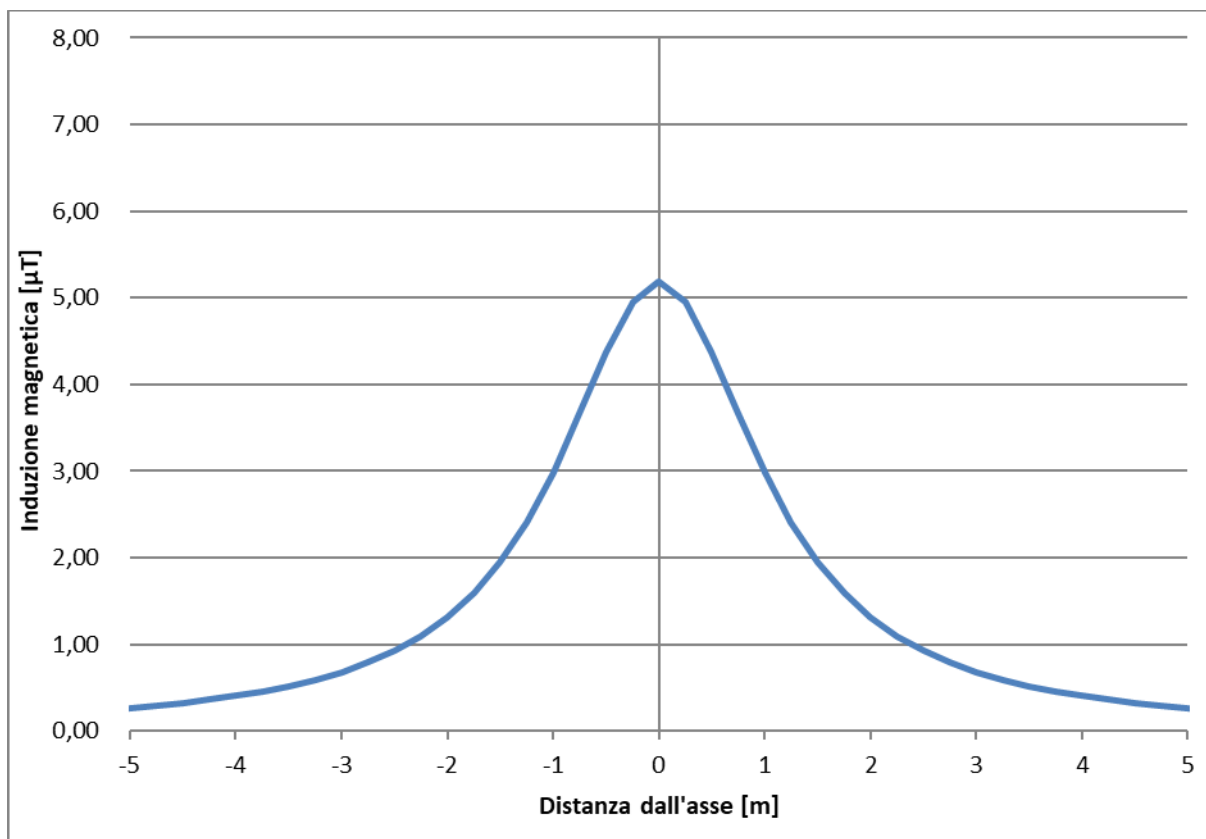


Figura 7-5 – Andamento campo magnetico – Sezione 4

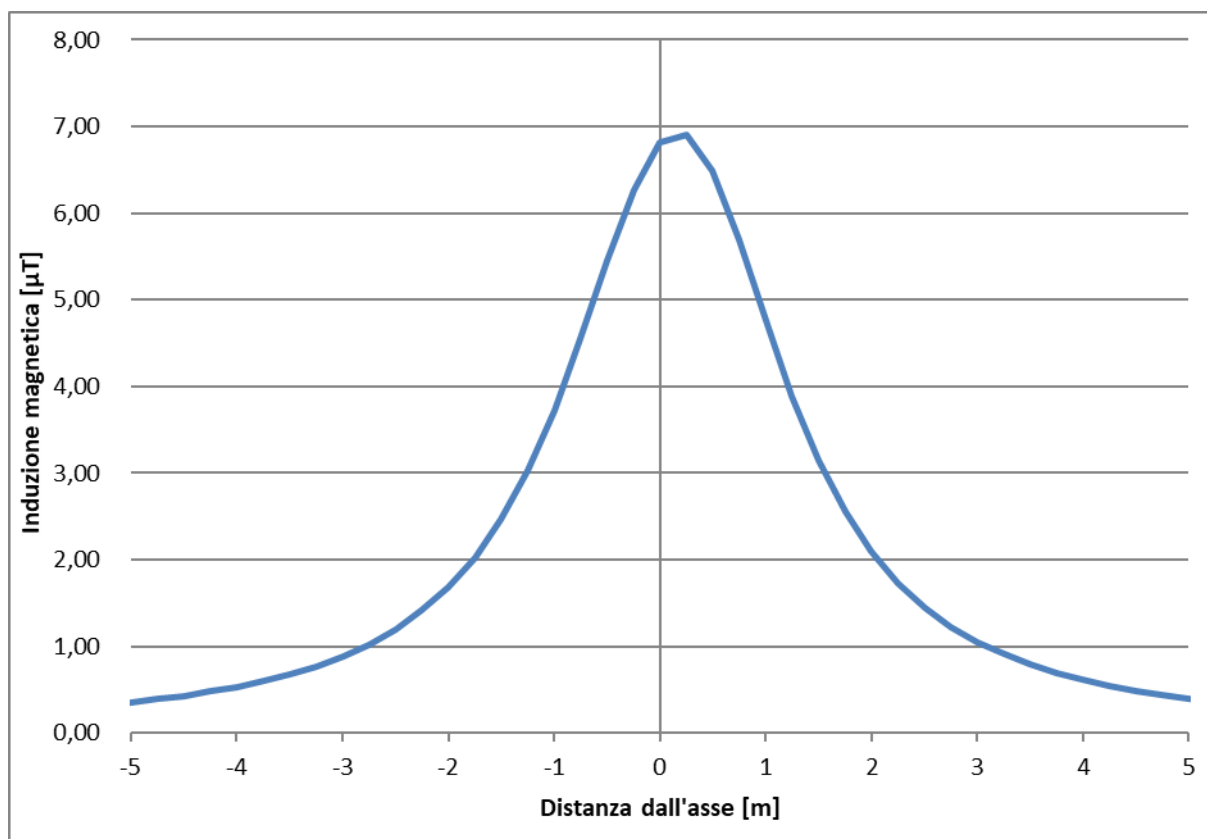


Figura 7-6 – Andamento campo magnetico – Sezione 5

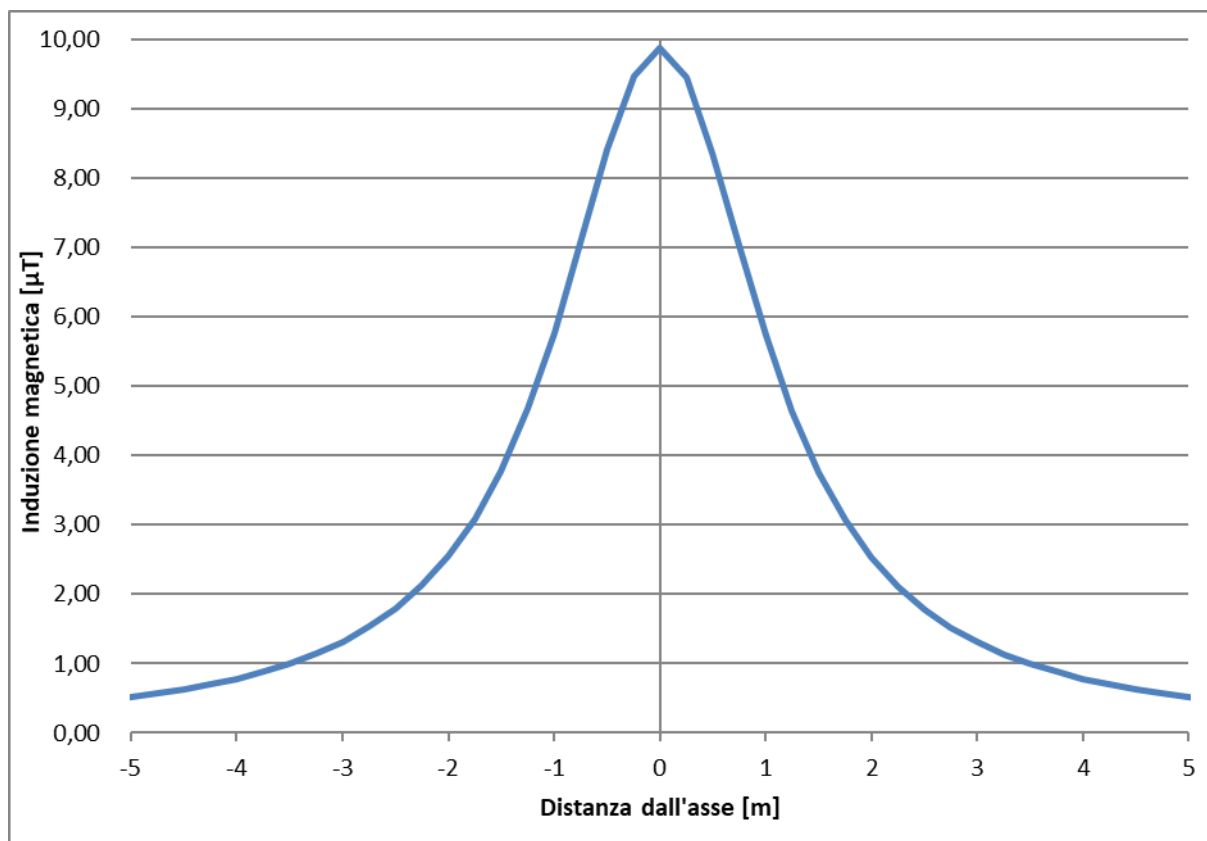


Figura 7-7 – Andamento campo magnetico – Sezione 6

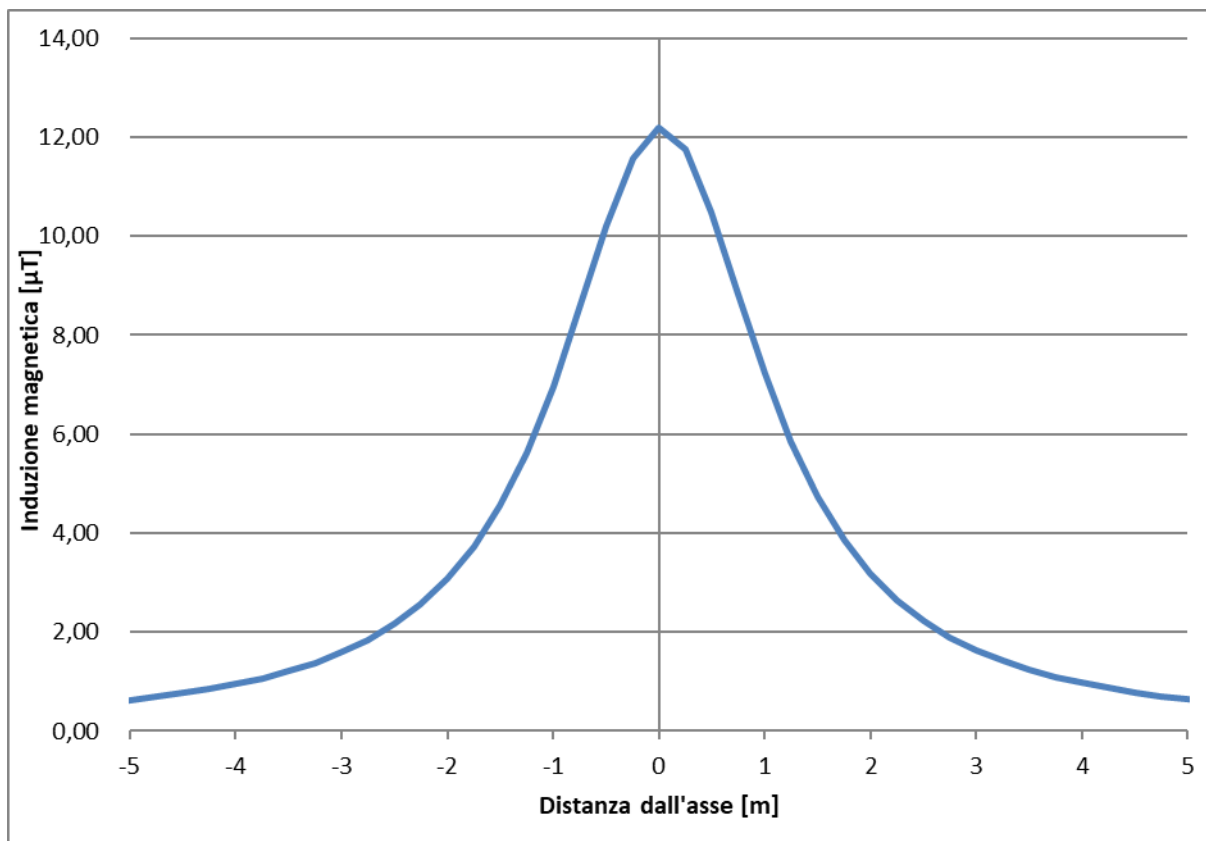


Figura 7-8 – Andamento campo magnetico – Sezione 7

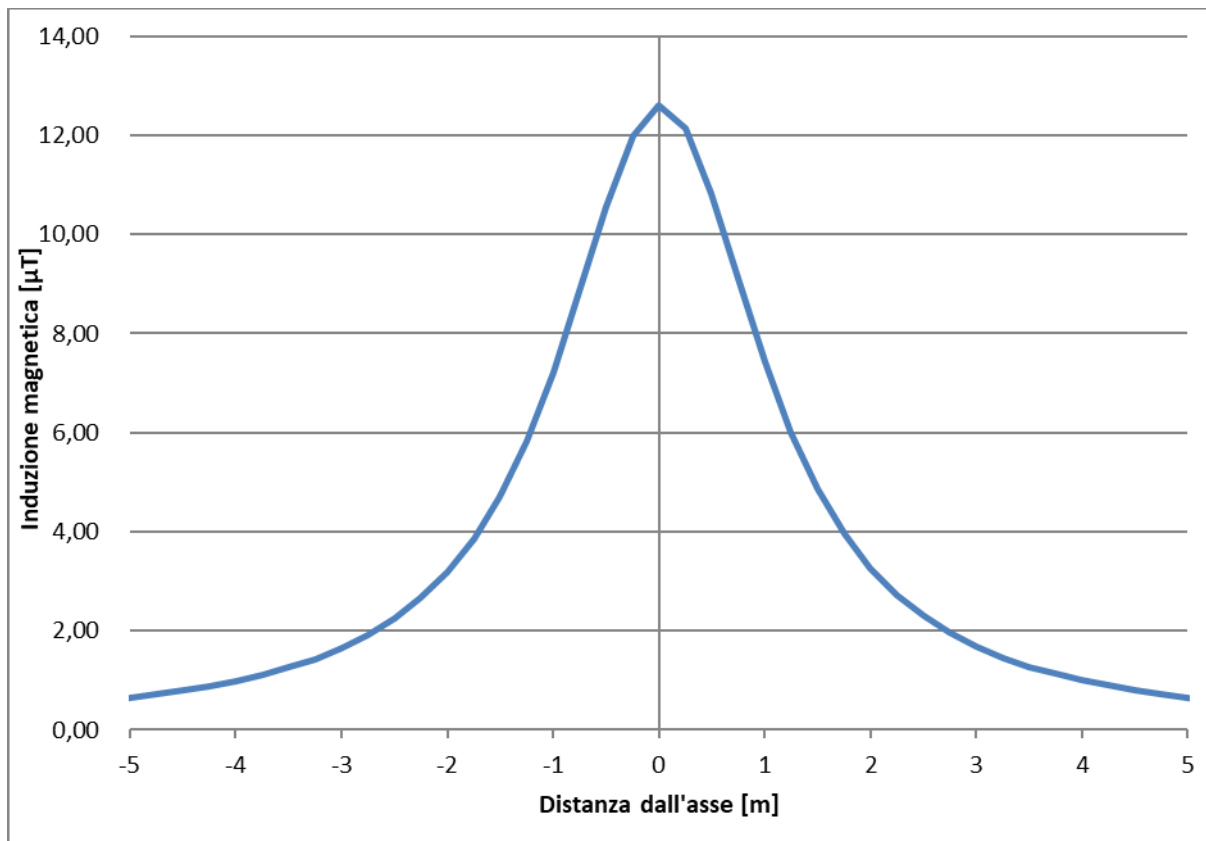


Figura 7-9 – Andamento campo magnetico – Sezione 8

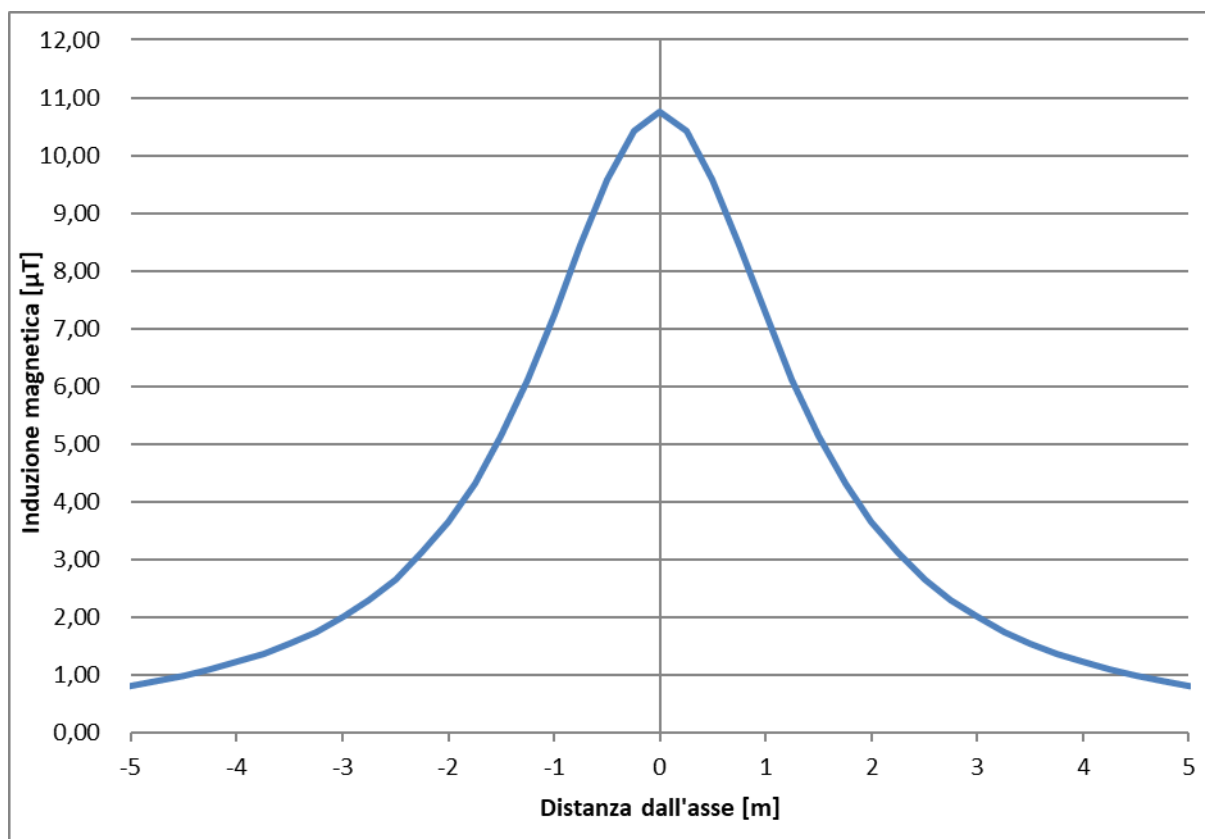


Figura 7-10 – Andamento campo magnetico – Sezione 9

Si precisa che il valore di tensione di esercizio 30 kV è puramente indicativo. La Società proponente si riserva la possibilità di aumentare tale livello di tensione fino ad un massimo di 36 kV, in funzione di aspetti successivi inerenti eventuali opportunità legate alla connessione. La variazione in aumento della tensione di esercizio è compatibile coi risultati presentati nella presente relazione, in quanto rappresenta una condizione migliorativa dal punto di vista della valutazione dei CEM. In particolare, l'aumento della tensione di esercizio, a pari potenza trasmessa, implica un valore di corrente minore e di conseguenza una diminuzione proporzionale del valore di induzione magnetica in esame (campo magnetico inferiore del 20%). Vale altresì la medesima conclusione sul campo elettrico, il cui valore a 36 kV risulta comunque trascurabile, come indicato nella presente relazione.

8 FASCE DI RISPETTO CAVI

Dalle curve di campo magnetico mostrati nelle figure al precedente paragrafo si possono individuare le fasce di rispetto al suolo, intese come distanza dall’asse della linea, oltre la quale il campo magnetico è inferiore all’obiettivo di qualità a 3 μ T imposto dalla norma vigente.

Le fasce di rispetto risultanti sono raccolte nella seguente tabella.

Sezione	Descrizione	Fascia di rispetto (m)
1	Una terna: una WTG	0,00
2	Tre terne: una WTG, una WTG, tre WTG	1,40
3	Due terne: una WTG, tre WTG	1,20
4	Una terna: tre WTG	1,00
5	Tre terne: una WTG, una WTG, tre WTG	1,30
6	Due terne: tre WTG, tre WTG	1,80
7	Due terne: tre WTG, quattro WTG	2,10
8	Due terne: tre WTG, quattro WTG	2,10
9	SSE-RTN: una terna 150 kV	2,30

Tabella 8-1 – Fasce di rispetto

9 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

9.1 STAZIONE ELETTRICA D’UTENZA

Per la connessione della cabina di impianto alla linea RTN a 150 kV è necessaria la realizzazione di una Stazione Elettrica di Utenza (SSEU). A seconda del mezzo isolante utilizzato, possono essere realizzate due tipi di sottostazioni elettriche: quelle isolate in aria (AIS, Air Insulated Switchgear) e quelle isolate con gas esafluoruro di zolfo (GIS, Gas Insulated Switchgear).

Come da documentazione di progetto, in questo caso è prevista la realizzazione di una sottostazione di tipo AIS. Nella Stazione Elettrica di Utenza la tensione viene innalzata da 30 kV a 150 kV. La cabina nella stazione di utenza ospita il modulo MT ed il modulo AT, con le celle MT (ricezione linea, interfaccia e contatori) ed il quadro BT di alimentazione dei servizi ausiliari di cabina, nonché il sistema computerizzato di gestione dell’impianto.

Le stazioni di alta tensione sono caratterizzate da valori di campo elettrico ed induzione magnetica che dipendono - oltre che dall’intensità di corrente di esercizio – dagli specifici componenti (sezionatori di sbarra, interruttori, trasformatori, etc.) presenti nella stazione stessa.

Tutte le apparecchiature presenti in stazione saranno ovviamente progettate e realizzate in accordo alla normativa tecnica vigente, con particolare attenzione a quanto previsto dallo stato dell’arte per la compatibilità elettromagnetica.

9.1.1 Sorgenti specifiche

Con riferimento alla valutazione dei campi elettromagnetici generati dalla SSEU 30/150 kV, 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 come previsto dalla “Linea Guida per l’applicazione del 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08” emanata da ENEL Distribuzione S.p.A.):

- Sbarre A.T. a 150 kV in aria;
- Condutture in cavo interrato o in aria a tensione nominale 30 kV;

Resta inteso che le altre possibili sorgenti di onde elettromagnetiche di minore rilevanza (linee di B.T., trasformatori M.T./B.T., trasformatori A.T./M.T., apparecchiature in B.T., ecc.), sono state giudicate non significative ai fini della presente valutazione, come peraltro riscontrato anche nella letteratura di settore.

9.1.2 Sbarre AT a 150 kV in aria

Le caratteristiche relative a tale sorgente di emissione sono le seguenti:

DESCRIZIONE	VALORE
Tipo conduttura	Sbarre in aria
Numero conduttori attivi	3
Tensione nominale tra le fasi	150 kV

DESCRIZIONE	VALORE
Tensione nominale verso terra	86,6 kV
Altezza minima	4,5 m (nota 1)
Disposizione dei conduttori	In piano
Interasse tra i conduttori	2,2 m
Portata conduttori	870 A
Corrente di impiego	122 A
Limite di esposizione campo magnetico	3 μ T
Limite di esposizione campo elettrico	5 kV/m

Nota 1: Ai fini della sicurezza, si considera l'altezza minima dei conduttori da terra all'interno dello stallo condiviso, dal momento che i campi magnetici risultanti raggiungeranno il massimo valore.

Tabella 9-1 – Caratteristiche sbarre 150 kV

Per il calcolo del campo elettrico è stata seguita la metodologia illustrata nella guida di cui alla Norma CEI 211-4, considerando una superficie utile posta prima ad un'altezza di 1 m dal piano di calpestio e successivamente a 2 m dal piano di calpestio (valutazione in corrispondenza di punti in cui è possibile la presenza di un essere umano).

Nella tabella che segue, che riassume i risultati ottenuti dai calcoli del campo elettrico, i valori di x ed y sono espressi in metri e si riferiscono alle due coordinate di un sistema di coordinate cartesiane (x = asse orizzontale e y = asse verticale) posto sul piano di sezione delle Sbarre AT avente origine sul piano di calpestio ed in corrispondenza dell'asse di simmetria delle sbarre stesse. Data la simmetria del sistema è stato sufficiente il calcolo in una sola direzione lungo l'asse x.

I calcoli eseguiti hanno fornito i seguenti risultati per il campo elettrico:

X (m)	Y (m)	E (kV/m)
0	1	2,15
1	1	2,95
2	1	3,54
3	1	3,70
4	1	3,44
5	1	2,90
0	2	4,26
1	2	4,22
2	2	4,41

X (m)	Y (m)	E (kV/m)
3	2	4,46
4	2	3,97
5	2	3,15

Tabella 9-2 – Andamento approssimato campo elettrico sbarre 150 kV

Dai risultati sopra riportati risulta evidente che anche nel punto più sfavorevole (cioè sotto le Sbarre A.T.) il valore del campo elettrico risulta inferiore al limite di 5 kV/m previsto dalla normativa vigente; pertanto, tali fonti di emissione non richiedono alcuna fascia di rispetto.

Per il calcolo del campo magnetico si utilizzano le stesse equazioni viste in precedenza e come già applicate per la definizione dei campi magnetici generati dai cavi MT.

Come definito dalla normativa vigente, la distanza di prima approssimazione DPA deve essere calcolata in corrispondenza della massima corrente di esercizio ad una altezza di 1 m dal suolo.

L'impatto elettromagnetico nella SSE è essenzialmente prodotto dalle linee/sbarre aeree di connessione tra il trasformatore, le apparecchiature elettromeccaniche e l'eventuale area TERNA, comunque non applicabile in questa situazione.

Le sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, ad un'altezza di circa $\geq 4,5$ m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in esame si devono considerare due possibili scenari, a seconda che si consideri la sola potenza dell'impianto oggetto del presente progetto, oppure la potenza complessiva dei produttori afferenti allo stallo condiviso.

Nel primo caso si hanno i seguenti valori:

- S (distanza tra i conduttori) = 2,2 m
- Pn = Potenza massima dell'impianto (30 MW)
- Vn = Tensione nominale delle sbarre AT (150 kV)

Pertanto, si avrà:

$$I = P_n / (V_n \times \sqrt{3} \times \cos\phi) = 122 \text{ A}$$

Applicando la metodologia di calcolo già utilizzata per i cavi, si ottiene l'andamento di campo magnetico seguente:

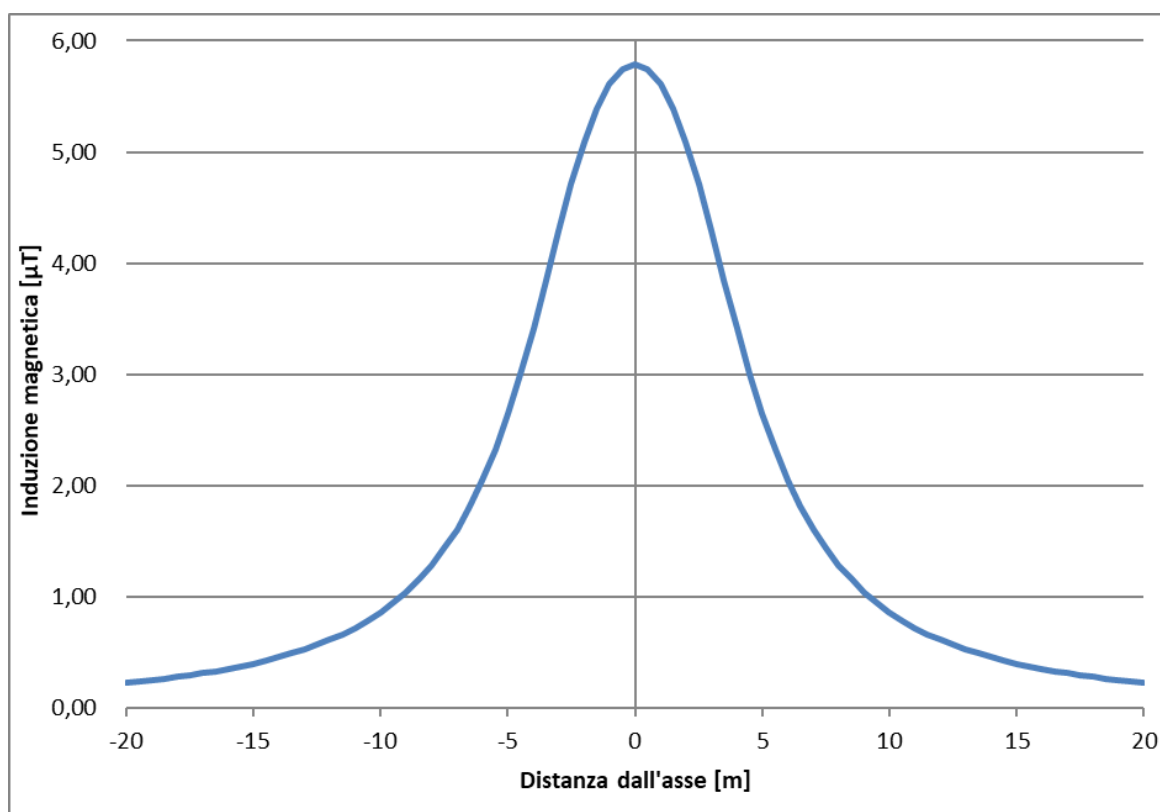


Figura 9-1 – Andamento campo magnetico – Sbarre 150 kV con corrente nominale

Nel secondo caso si hanno i seguenti valori:

- S (distanza tra i conduttori) = 2,2 m
- P_n = Potenza massima dell'impianto (150 MW)
- V_n = Tensione nominale delle sbarre AT (150 kV)

Pertanto, si avrà:

$$I = P_n / (V_n \times \sqrt{3} \times \cos\phi) = 610 \text{ A}$$

Applicando la metodologia di calcolo già utilizzata per i cavi, si ottiene l'andamento di campo magnetico seguente:

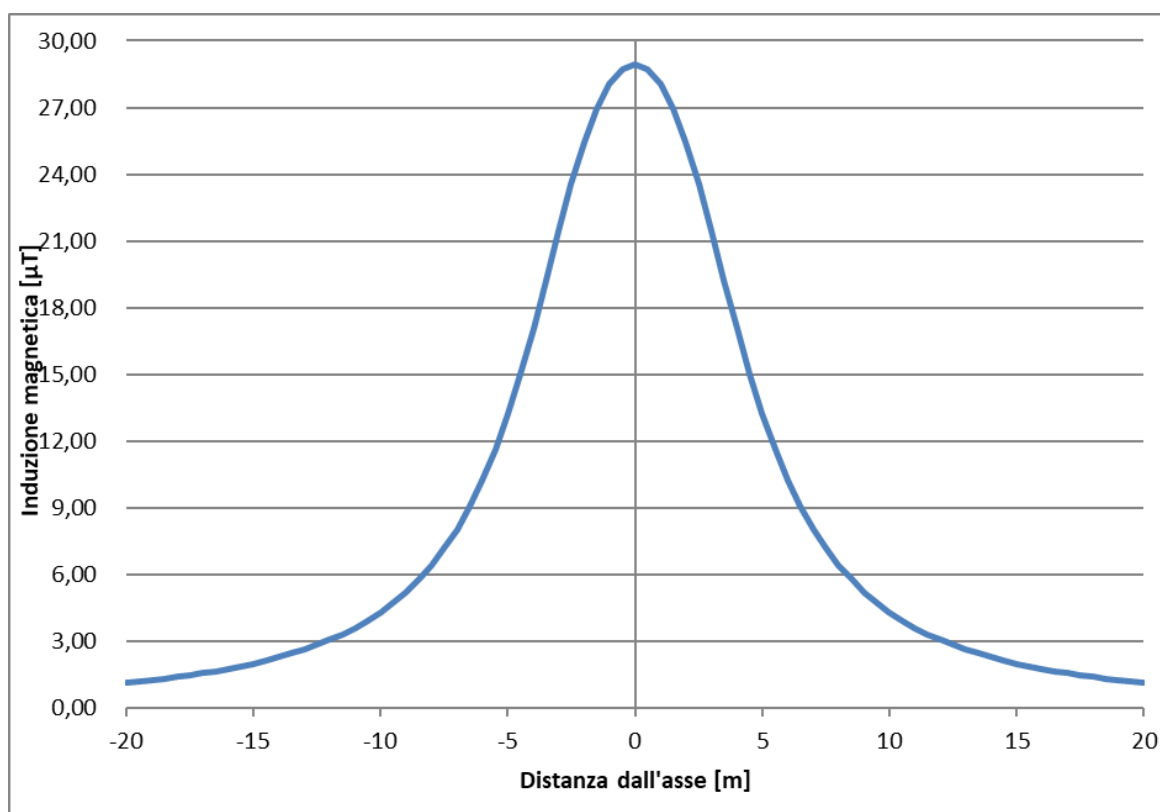


Figura 9-2 – Andamento campo magnetico – Sbarre 150 kV con massima potenza

Come chiaramente riportato dal grafico, il campo magnetico generato dalle sbarre AT non comporta nessun rischio per i lavoratori, essendo ampiamente al di sotto delle soglie limite, anche negli scenari più gravosi considerati.

Si deve invece considerare una fascia di rispetto di circa 12 m, nell'intorno delle sbarre e dei conduttori aerei dello stallo condiviso, per il rispetto del valore di 3 μT previsto dal DPCM 8 Luglio 2003 come obiettivo di qualità.

Come si può facilmente verificare nelle tavole di progetto, all'interno di tale fascia di rispetto non ricade alcun ricettore sensibile e non si hanno pertanto problemi di alcun tipo.