

REGIONE: SICILIA

PROVINCIA: CATANIA

COMUNI: CASTEL DI IUDICA, RAMACCA

ELABORATO:

073.20.01.R14

OGGETTO:

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO "CASTEL DI IUDICA"
DA 231.599 MWp
PROGETTO DEFINITIVO**

PROPONENTE:

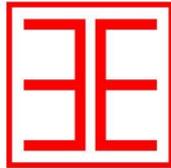


Ibvi 5 S.r.l.

IBVI 5 S.R.L.

Viale Amedeo Duca D'Aosta 76, Bolzano (BZ)
3VI5srl@Pec.it

**PROGETTO
DEFINITIVO**



**E N E R G Y
E N V I R O N M E N T
E N G I N E E R I N G**

Via G. Volpe n.92 – cap 56121 – Pisa (PI)

3eingegneria@pec.it

www.3eingegneria.it

info@3eingegneria.it

Relazione Impatto Elettromagnetico



Note:

Marzo 2022	01	Revisione generale	3E Ingegneria Srl	IBVI 5 srl
Settembre 2021	0	Emissione	3E Ingegneria Srl	IBVI 5 Srl
DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:

PROPRIETÀ ESCLUSIVA DELLE SOCIETÀ SOPRA INDICATE,
UTILIZZO E DUPLICAZIONE VIETATE SENZA AUTORIZZAZIONE SCRITTA



ENERGY
ENVIRONMENT
ENGINEERING

Impianto Fotovoltaico “Castel di Iudica ”
da 231.599 MWp
Relazione impatto elettromagnetico



Ibvi 5 s.r.l.

OGGETTO / SUBJECT

CLIENTE / CUSTOMER

S O M M A R I O

1	PREMESSA.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
4	DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI.....	8
4.1	Generalità	8
4.2	Cabine elettriche di campo e di impianto.....	10
5	CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	12
5.1	CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....	12
5.1.1	Moduli fotovoltaici.....	12
5.1.2	Inverter	12
5.1.3	Linee elettriche in corrente alternata	13
5.1.4	Cabine elettriche di trasformazione.....	24
5.1.5	Altri cavi.....	25
5.2	CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE.....	25
5.2.1	Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione	25
5.2.2	Stazione elettrica d'utenza	30
5.3	Analisi dei risultati ottenuti.....	34
6	CONCLUSIONI.....	35

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	2	35

1 PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell’impianto fotovoltaico in oggetto e ad esso collegate, 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 alle 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 dell’impianto in oggetto.

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	3	35

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] 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”.
- [2] DL 9 aprile 2008 n° 81 “Testo unico sulla sicurezza sul lavoro”
- [3] Norma CEI 0-2 “Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici”
- [4] Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”
- [5] 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.”
- [6] DM del MATTM del 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	4	35

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 valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	5	35

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 (circa 89.900 kW ac).

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/m²)
0.1-3	60	0.2	-
>3 – 3000	20	0.05	1
>3000 – 300000	40	0.01	4



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.

4 DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

4.1 Generalità

L'impianto fotovoltaico "Castel di Iudica" sorgerà in nove diverse aree, ubicate nel comune di Castel di Iudica e di Ramacca, in provincia di Catania. L'impianto sarà allacciato alla rete di alta tensione a 150 kV di TERNA SpA, mediante realizzazione di un elettrodotto in antenna a 150 kV con la sezione a 150 kV di una nuova stazione elettrica (SE) RTN 380/150 kV da inserire in entra – esce sulla futura linea RTN a 380 kV "Chiamonte Gulfi-Ciminna", di cui al Piano di Sviluppo Terna.

Il progetto prevede la costruzione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico a terra di taglia pari a circa 231,599 MWp costituito da 9 macro-aree, distanti tra loro alcuni chilometri, attualmente a destinazione agricola; a Nord saranno interessate le aree di Massera Truglio, Masseria Ingalbone e Masseria Cosentino. Ad Est saranno interessate le aree in località Casa Parlato e Casa Alessandri. Ad Ovest saranno interessate aree in località Rocco Colomba, mentre a Sud saranno occupate tre aree: una limitrofa alla località Borgo Franchetto e l'altra nei pressi della Masseria Ninfa e per finire una vicino alla Masseria Quattro Finaite, queste ultime due nel comune di Ramacca. L'impianto sarà costituito principalmente dai seguenti componenti:

- 4725 strutture di tipo fisso configurate per ospitare ciascuno n°24x3 moduli fotovoltaici da 615 Wp
- 1516 strutture di tipo fisso configurate per ospitare ciascuno n°8x3 moduli fotovoltaici da 615 Wp
- N° 37 cabine di campo in cui saranno raccolti i cavi provenienti dagli inverter e sarà effettuata la trasformazione BT/MT
- N° 8 cabine d'impianto, ubicate nelle sette aree, in cui saranno raccolti i cavi provenienti dalle cabine di campo e collegate alla stazione di utenza mediante elettrodotti in cavo interrato MT
- una stazione di utenza in cui avverrà la consegna dell'energia elettrica prodotta alla rete di trasmissione a 150 kV previa trasformazione 33/150 kV
- un elettrodotto aereo AT a 150 kV di lunghezza totale pari a circa 12 km, che connette la stazione di utenza alla futura stazione di rete Terna.

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	8	35

- viabilità interna sterrata e permeabile, secondo quanto riportato negli allegati elaborati grafici, per consentire il transito dei mezzi di manutenzione e pulizia dei moduli FV.

I siti ove sorgerà l’impianto fotovoltaico saranno ovviamente dotati di viabilità interna, sterrata e permeabile, secondo quanto riportato negli allegati elaborati grafici, per consentire il transito dei mezzi di manutenzione e pulizia dei moduli FV.

La stazione di utenza sarà realizzata a circa 6 km ad Est dell’abitato di Castel di Iudica, a fianco della S.P. Franchetto – S.G. Bellona – Catenanova.

La stazione di utenza, previo innalzamento della tensione a 150 kV tramite trasformatore 33/150 kV, sarà collegata alla sezione a 150 kV della futura stazione elettrica di rete esistente denominata, mediante un elettrodotto aereo a 150 kV della lunghezza di circa 12 km.

Il dimensionamento di massima sarà realizzato con una tipologia di modulo fotovoltaico composto da 156 celle fotovoltaiche in silicio monocristallino, ad alta efficienza e connesse elettricamente in serie, per una potenza complessiva di 615 Wp.

L’impianto sarà costituito da un totale di 376.584 moduli per una conseguente potenza di picco pari a 231,599 MWp.

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n°974 convertitori statici trifase (inverter) tipo HUAWEI modello SUN2000-215KTL-H0, Pn=200 kW, agganciati alle strutture di sostegno dei moduli, in posizione opportuna.

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 6000 kVA a doppio secondario ed avranno una tensione MT di 33 kV ed una tensione BT di 800V. Ognuno di essi sarà alloggiato all’interno di ciascuna cabina di campo.

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	9	35

4.2 Cabine elettriche di campo e di impianto

Le cabine di campo e quella di impianto saranno del tipo prefabbricato, in c.a.v., monoblocco, munite di accessi con porte in metallo e griglie di areazione in vetroresina. Il basamento di fondazione, anch'esso prefabbricato, sarà del tipo a vasca. Si riportano di seguito i disegni di massima, di cui al doc. 073.20.01.W.15.

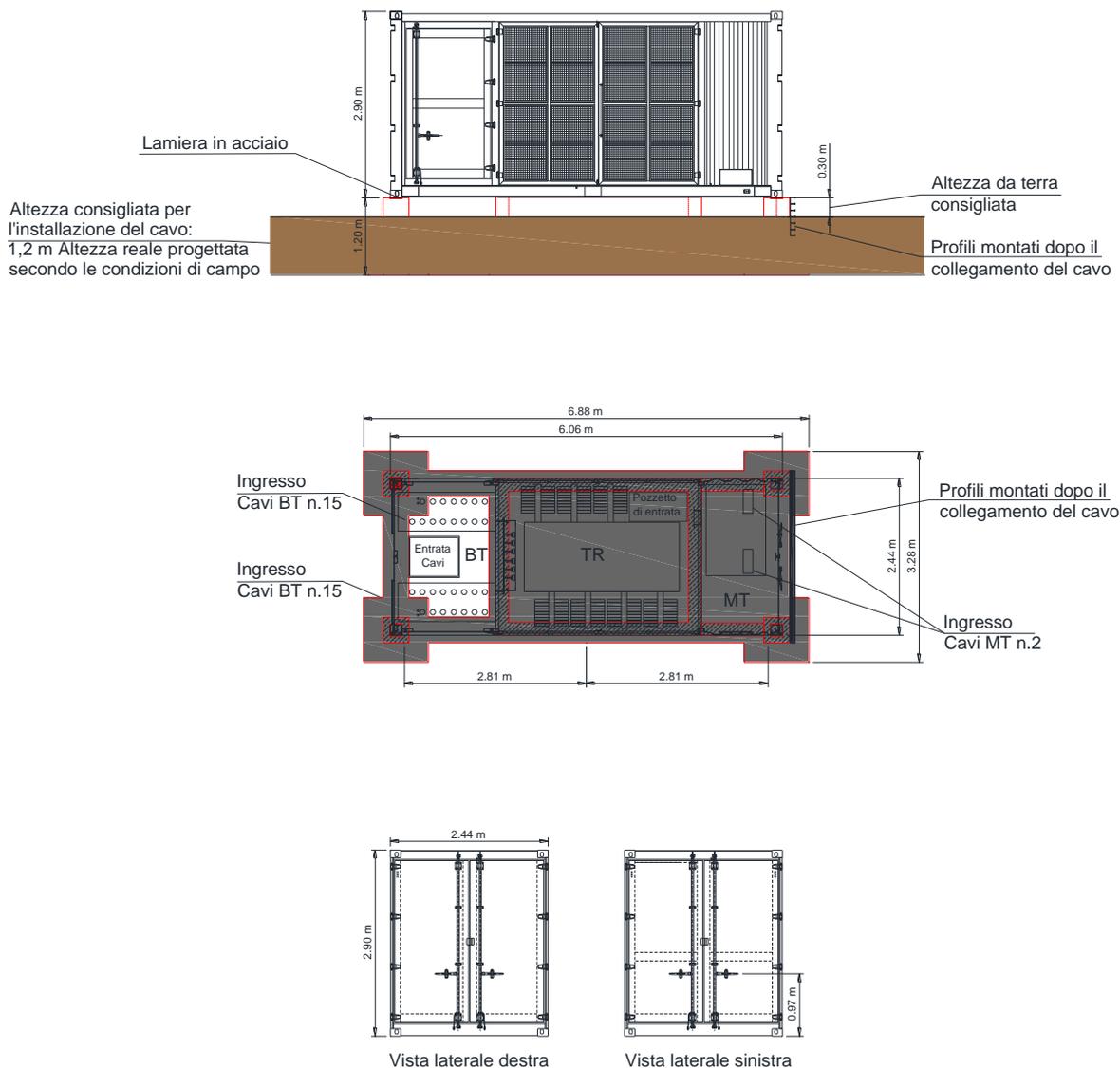


Figura 1: Cabina di campo

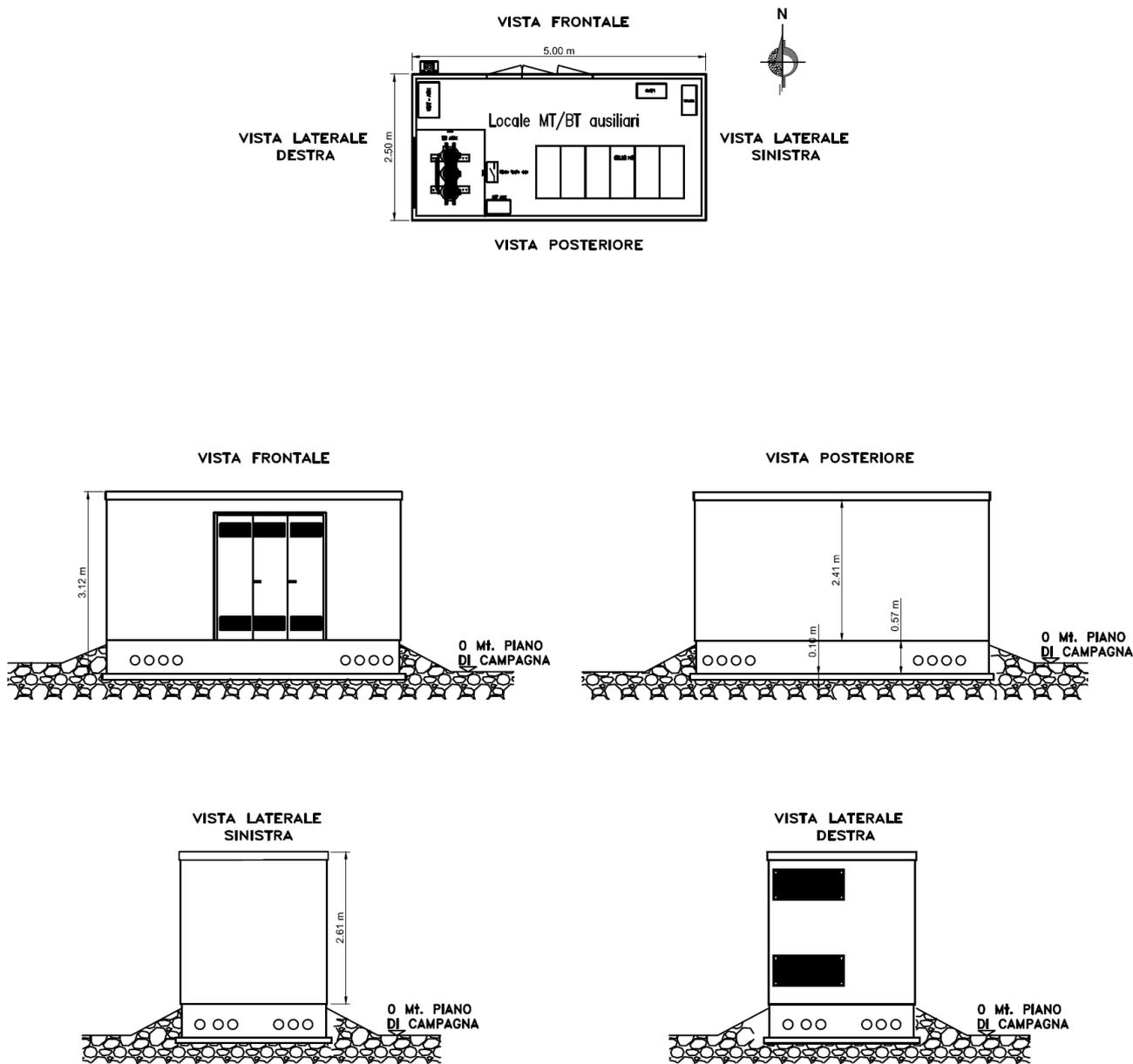


Figura 2: Cabina di campo

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Mar. 2022	11	35

5 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

5.1 CAMPI ELETTROMAGNETICI IMPIANTO FOTOVOLTAICO

5.1.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata; per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transistori di corrente (durante la ricerca del MPP 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.

5.1.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi, pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto, il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6))

Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- i livelli armonici: le direttive del gestore di rete prevedono un THD globale (non riferito al massimo della singola armonica) inferiore al 5% (inferiore all'8% citato nella norma CEI 110-10). Gli inverter presentano un THD globale contenuto entro il 3%;
- Disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- variazioni di tensione e frequenza: la propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	12	35

rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico.

- la componente continua immessa in rete: il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in genere) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

5.1.3 Linee elettriche in corrente alternata

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a 3 μ T, anche se per la particolarità dell'impianto le aree al suo interno sono da classificare ai sensi della normativa come luoghi di lavoro, e quindi con livelli di riferimento maggiori rispetto a questi ultimi.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del campo fotovoltaico l'utilizzo prevalente di cavi elicordati, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3 μ T, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	13	35

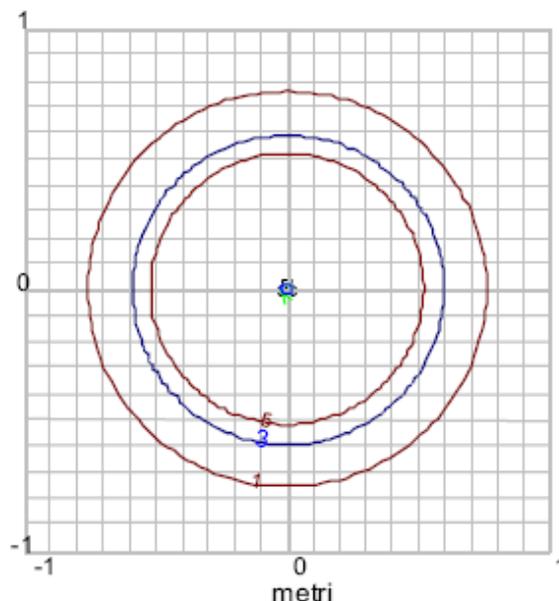


Figura 3: *Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata (dalla Norma CEI 106-11)*

Si fa notare peraltro che anche il decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata.

Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

I cavi di collegamento fra ciascuna delle 9 aree di impianto e la stazione di utenza, per motivi di portata, risultano di sezione tale da non consentire l'impiego di cavi elicordati. Pertanto, per tali linee risulta necessario eseguire il calcolo delle relative DPA, di seguito riportato.

I dati di partenza sono i seguenti:

cavo da Area 1 a Stazione di Utenza:

formazione 2x(3x1x630) mm²; portata Iz=927 A

cavo da Area 2 a Stazione di Utenza:

formazione 2x(3x1x630) mm²; portata Iz=927 A

cavo da Area 3 a Stazione di Utenza:

formazione 1x(3x1x630) mm²; portata Iz=463 A

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	14	35

cavo da Area 4 a Stazione di Utenza:

formazione 1x(3x1x240) mm²; portata Iz=331 A

cavo da Area 5 a Stazione di Utenza:

formazione 2x(3x1x630) mm²; portata Iz=770 A

cavo da Area 6 a Stazione di Utenza:

formazione 1x(3x1x630) mm²; portata Iz=385 A

cavo da Area 7 a Stazione di Utenza:

formazione 2x(3x1x630) mm²; portata Iz=770 A

cavo da Area 8 a Stazione di Utenza:

formazione 2x(3x1x630) mm²; portata Iz=770 A

cavo da Area 9 a Stazione di Utenza:

formazione 1x(3x1x630) mm²; portata Iz=385 A

Le linee suddette condividono alcune tratte del loro tracciato, pertanto ne risultano le tipologie di posa illustrate nelle figure seguenti (la nomenclatura delle sezioni tipo è la stessa di cui alla tavola n°073.20.01.W.21)

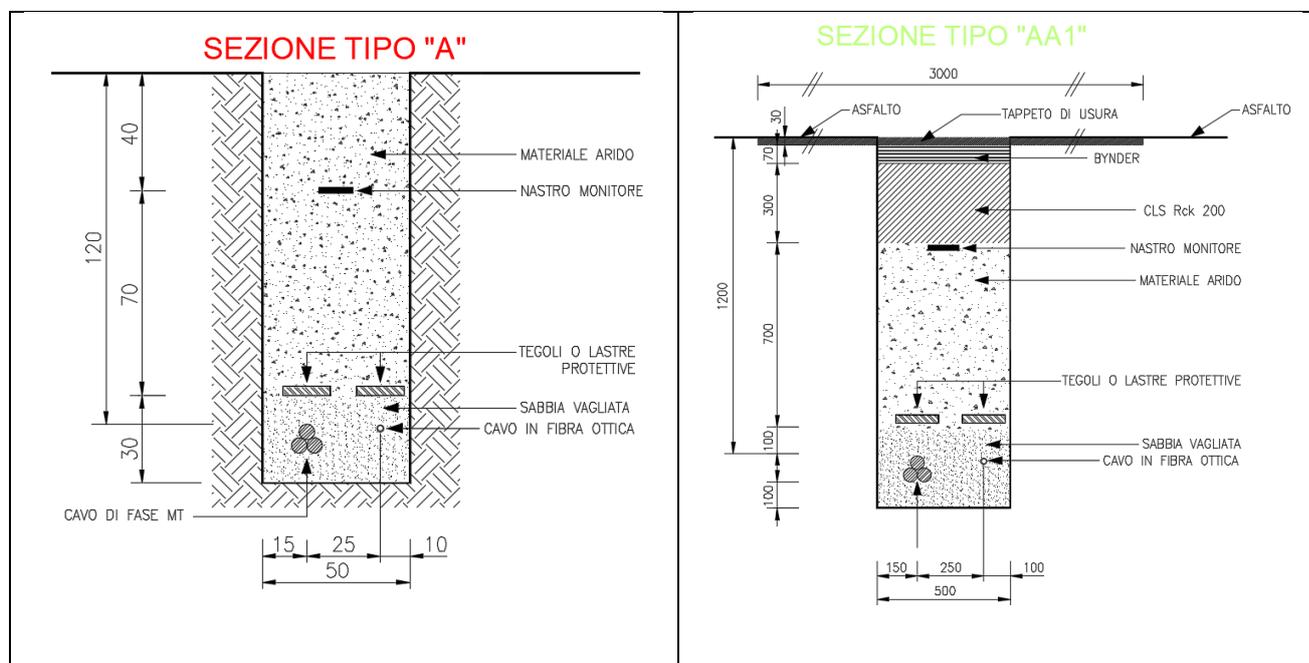


Figura 4: *Tipici di posa cavi MT con n°1 linea*

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Mar. 2022	15	35

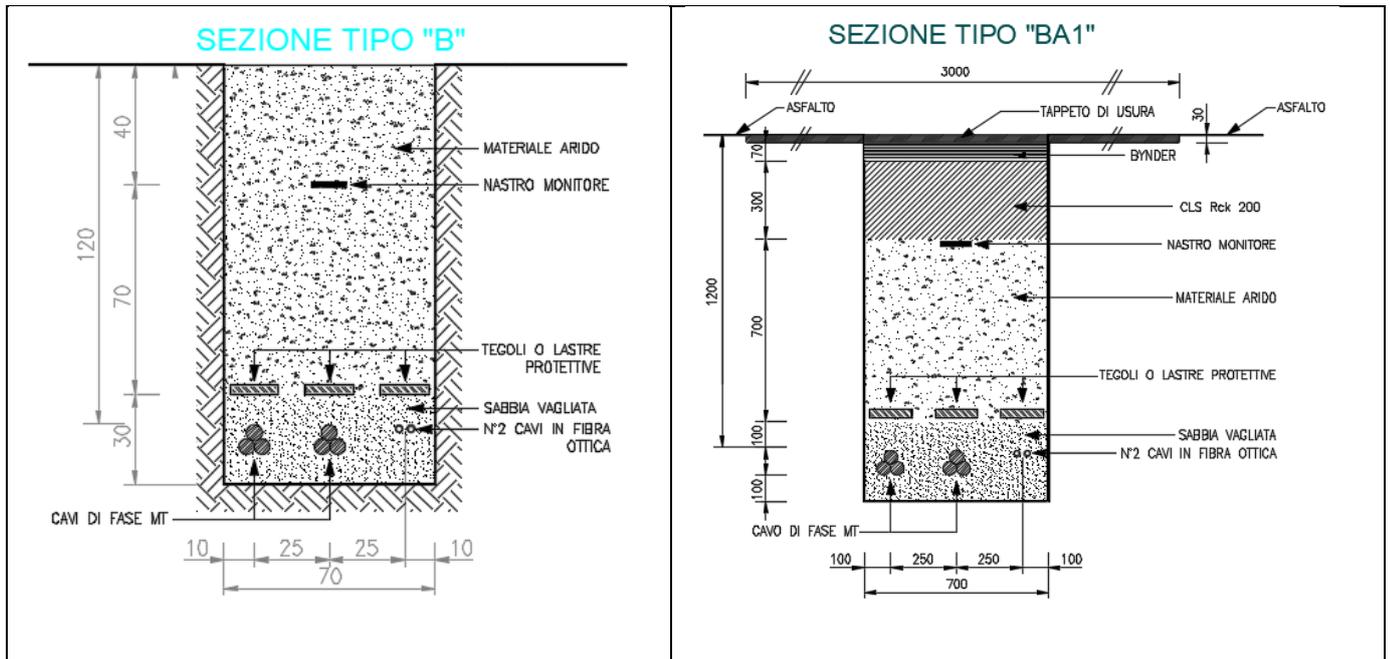


Figura 5: Tipici di posa cavi MT con n°2 linee

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Mar. 2022	16	35

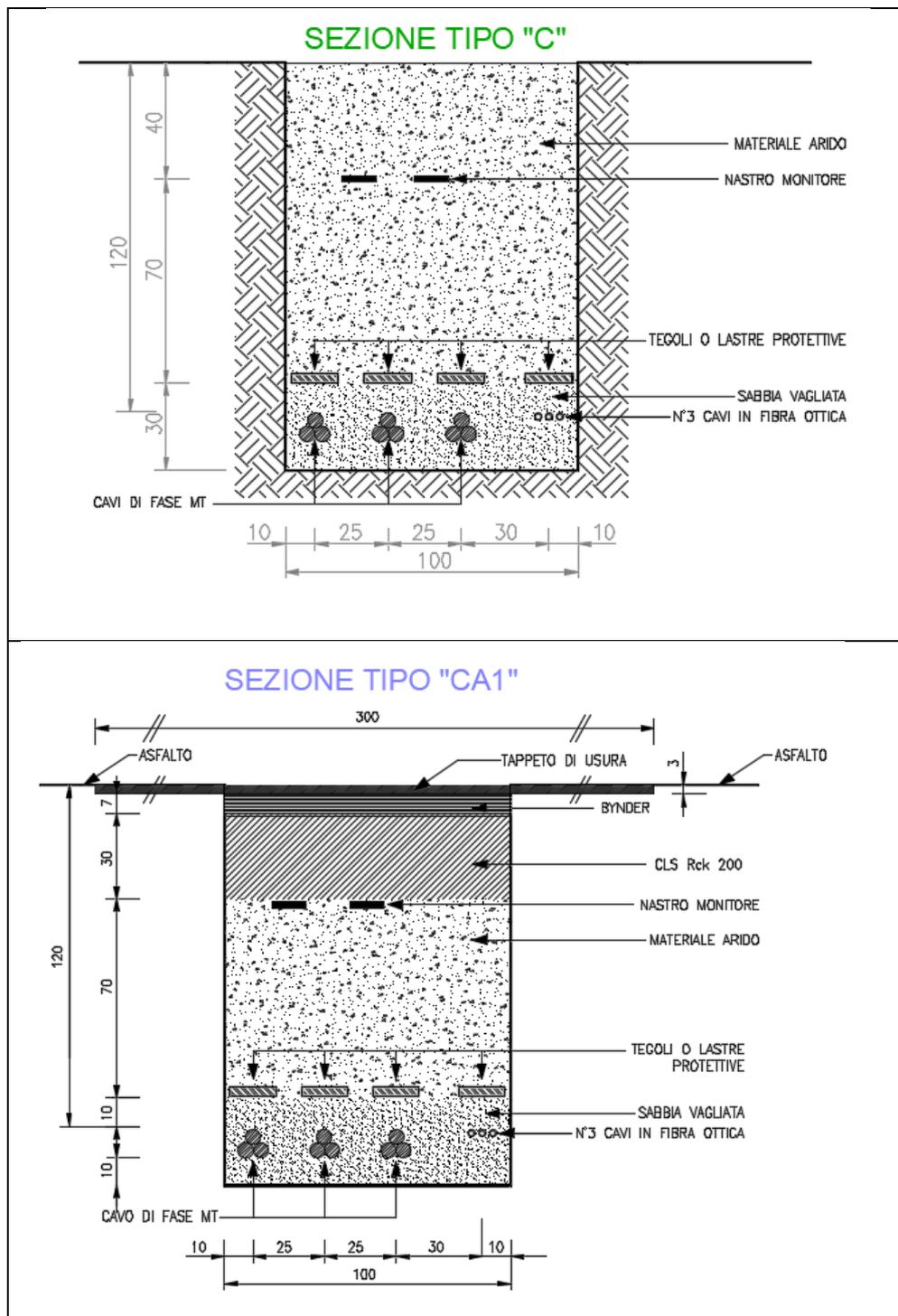


Figura 6: *Tipici di posa cavi MT con n°3 linee*

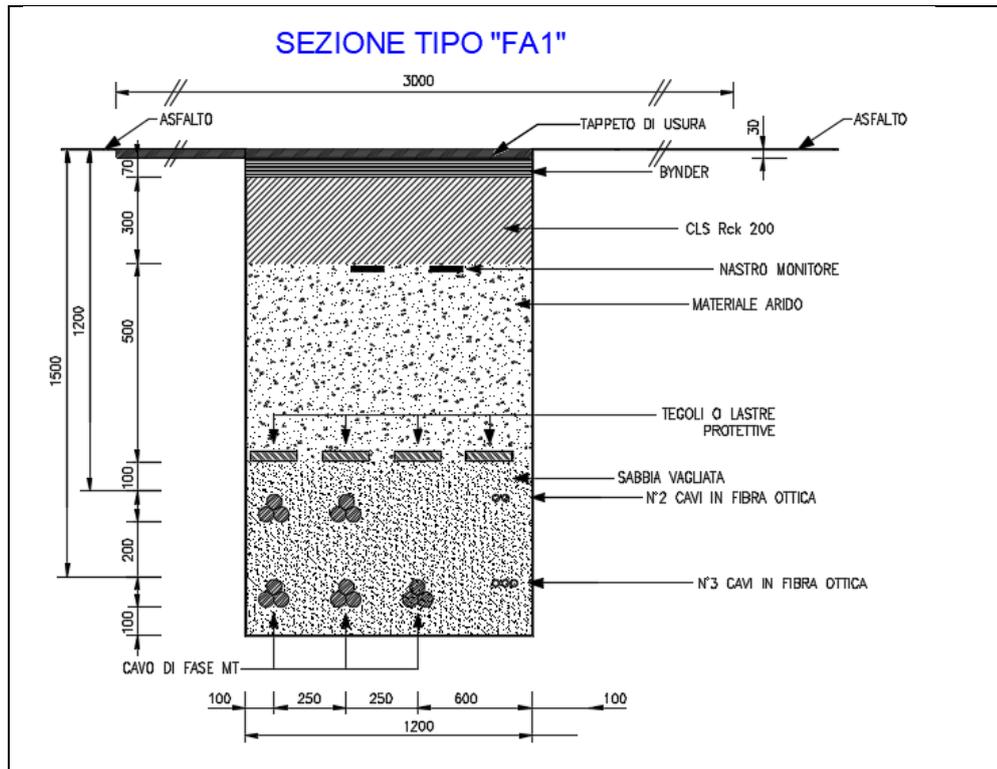


Figura 7: *Tipici di posa cavi MT con n°5 linee*

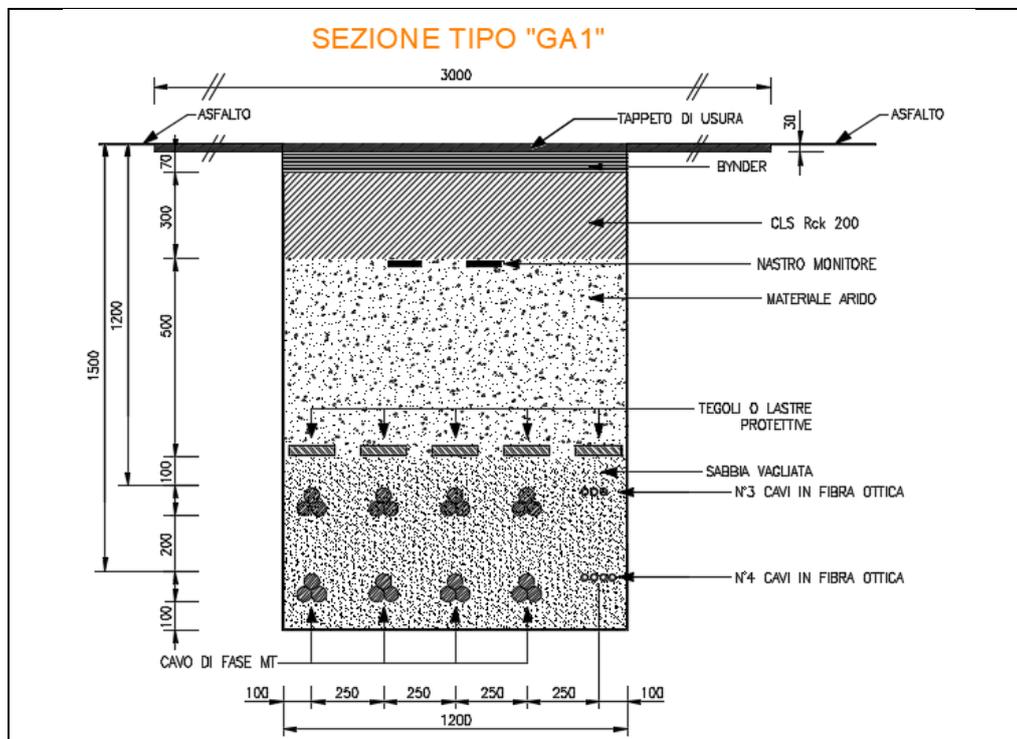


Figura 8: *Tipici di posa cavi MT con n°8 linee*

Il calcolo delle DPA, eseguito per le tipologie di posa sopra riportate, ha fornito i risultati illustrati nelle seguenti figure.

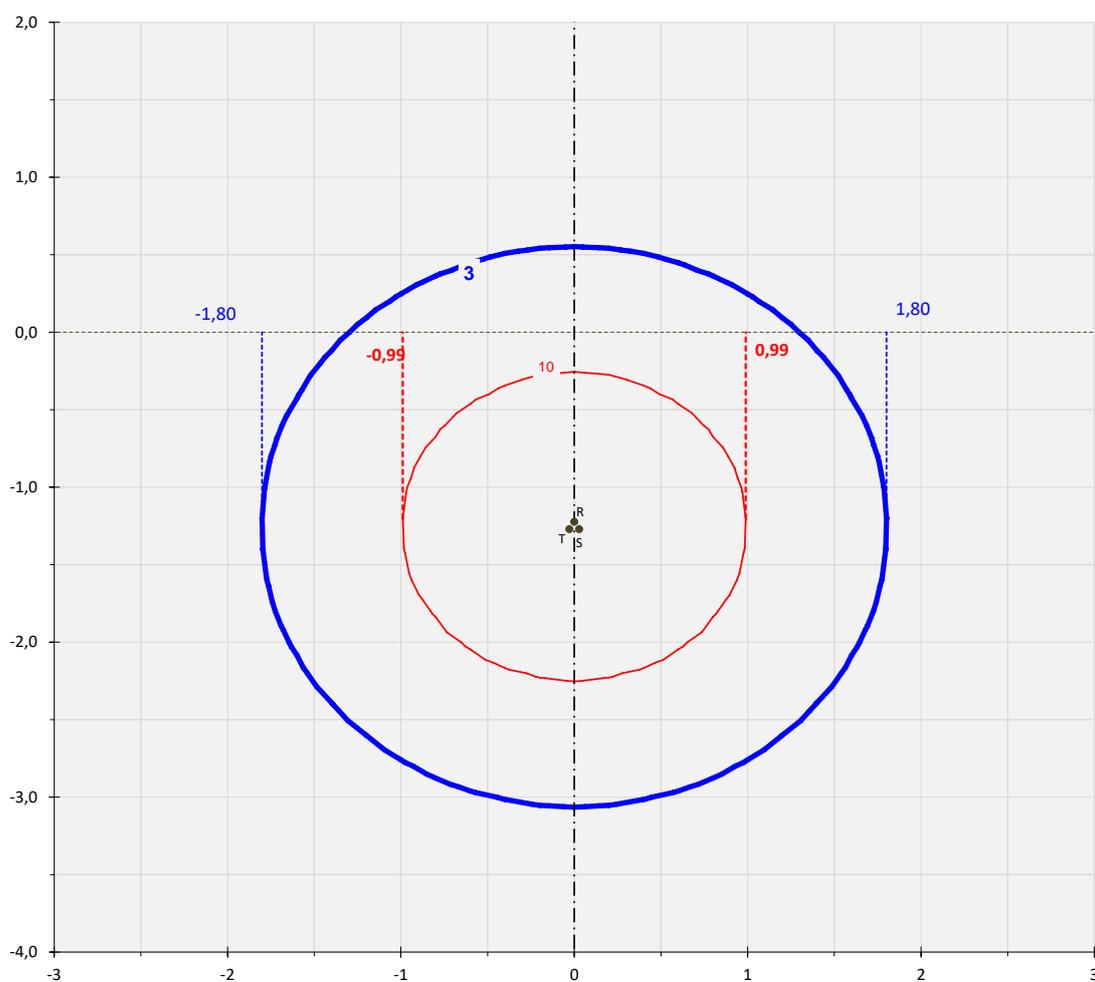


Figura 97: *Curve equilivello dell'induzione magnetica per la tipologia di posa con n°1 linea*

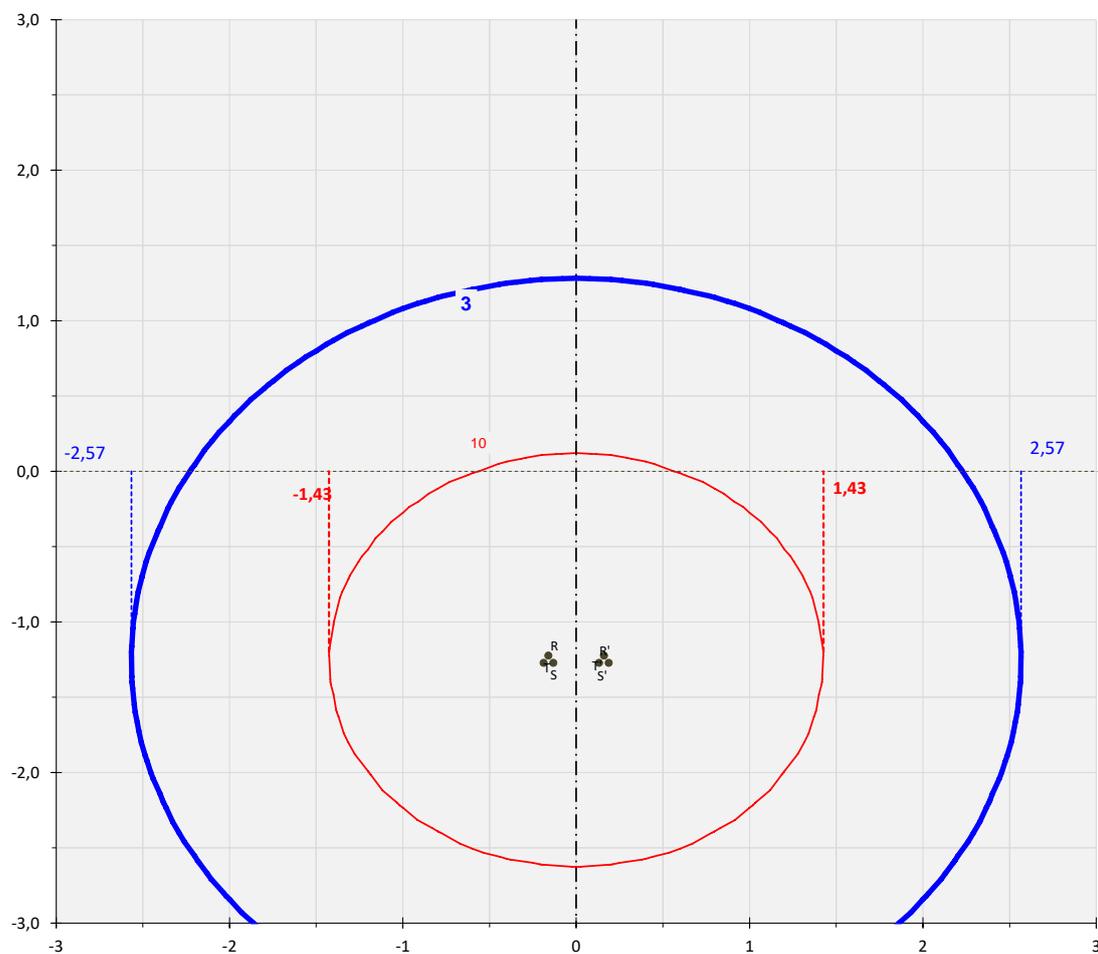


Figura 108: *Curve equilivello dell'induzione magnetica per la tipologia di posa con n°2 linee*

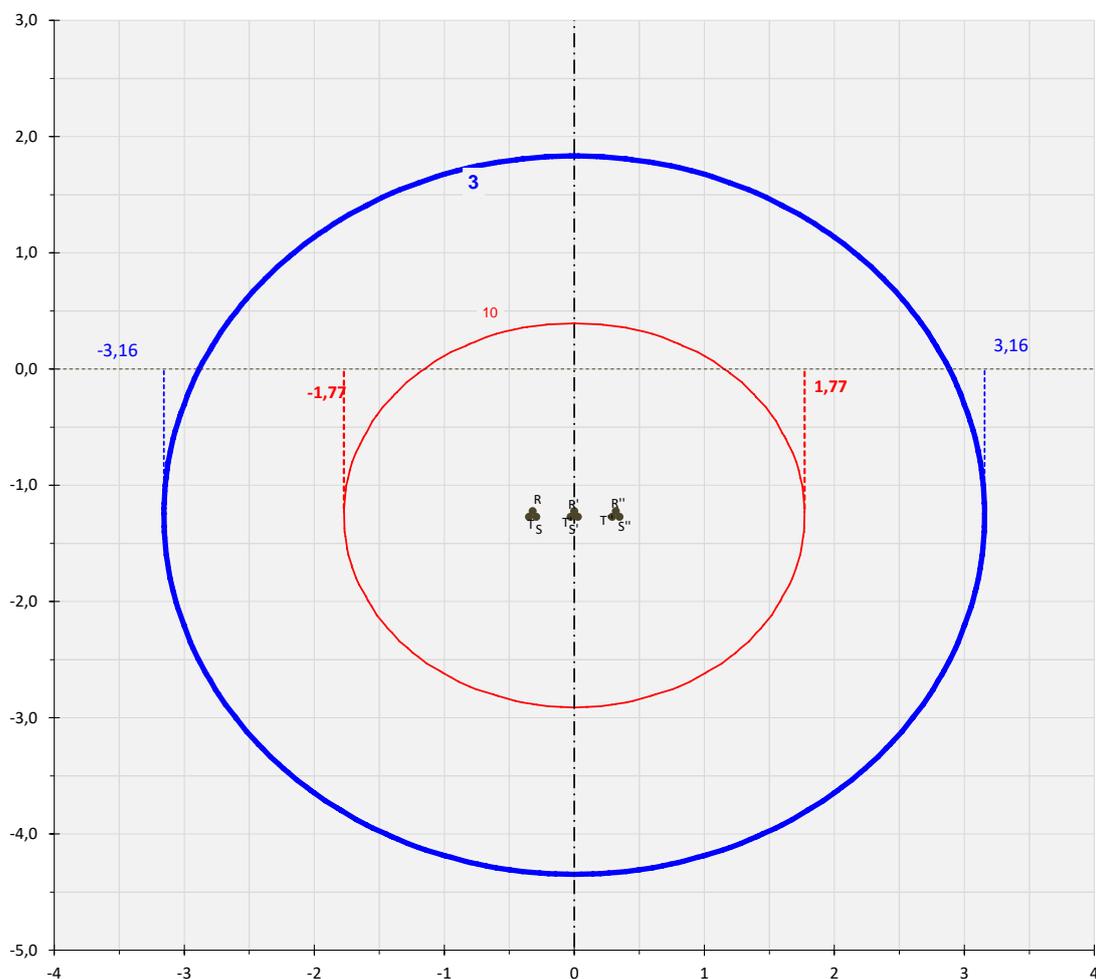


Figura 91: *Curve equilivello dell'induzione magnetica per la tipologia di posa con n°3 linee*

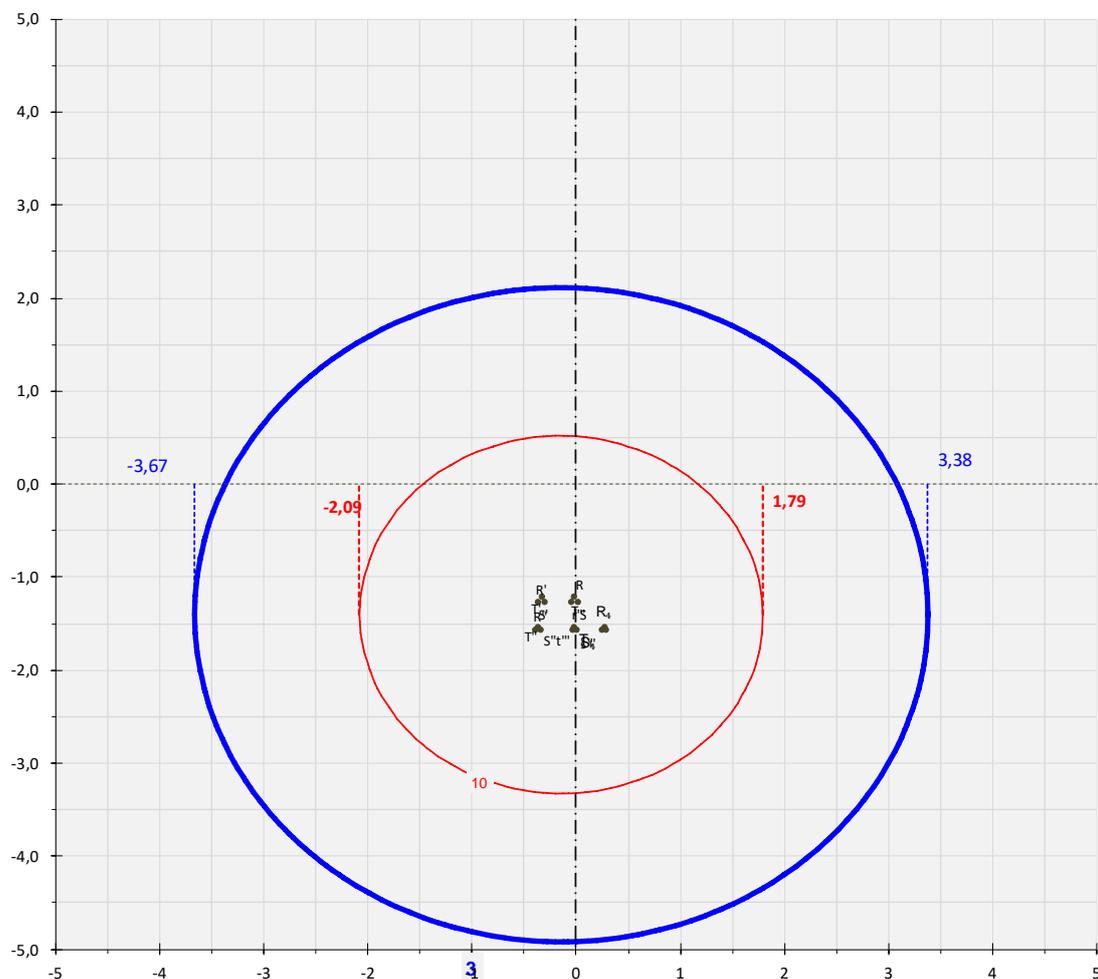


Figura 102: *Curve equilivello dell'induzione magnetica per la tipologia di posa con n°5 linee*

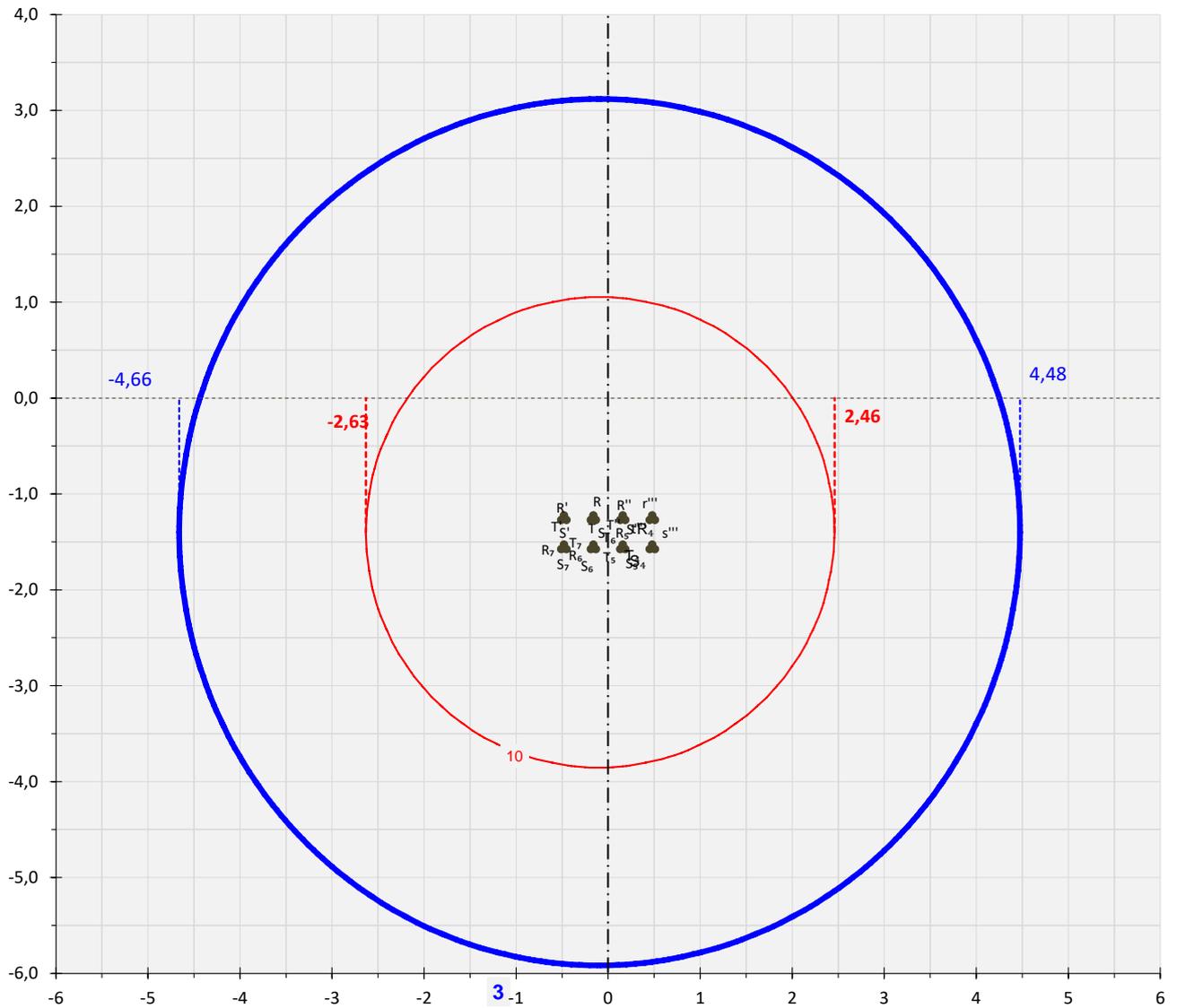


Figura 13: *Curve equilivello dell'induzione magnetica per la tipologia di posa con n°8 linee*

Arrotondando per eccesso i valori calcolati le DPA sono le seguenti:

cavidotto con n°1 linea: **2 m**

cavidotto con n°2 linee: **3 m**

cavidotto con n°3 linee: **4 m**

cavidotto con n°5 linee: **4 m**

cavidotto con n°8 linee: **5 m**

5.1.4 Cabine elettriche di trasformazione

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

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza da 6000 kVA collocati nelle cabine di campo.

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l’ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel citato cap.5.2.1 e cioè:

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

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Partendo dalla potenza nominale di 6 MVA si ottiene una corrente lato BT di valore I=4330 A; considerando e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore ha una sezione della singola frusta di 240 mm², con diametro esterno pari a circa 29,2mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all’intero superiore, pari a **5 m**.

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	24	35

D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto all'interno dell'area di impianto e normalmente non è presidiata.

5.1.5 Altri cavi

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato.

5.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

5.2.1 Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione

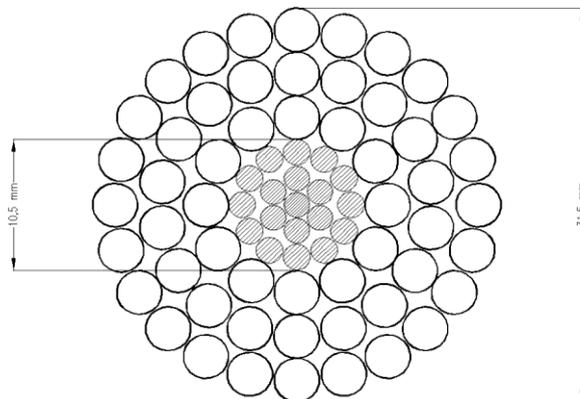
La stazione di utenza è collegata alla costruenda stazione di rete 150/380 kV mediante linea trifase in cavo aereo a 150 kV, della lunghezza di circa 11 km, equipaggiata con conduttori in corda di alluminio-acciaio dal diametro complessivo pari a 31,5 mm.

Le caratteristiche elettriche dell'elettrodotto in seguito al potenziamento sono le seguenti:

Frequenza nominale	50 Hz
Tensione nominale	150 kV
Potenza nominale	140 MVA
Corrente massima in servizio normale	870 A

La portata in corrente in servizio normale del conduttore sarà conforme a quanto prescritto dalla norma CEI 11-60, per elettrodotti a 150 kV in zona A.

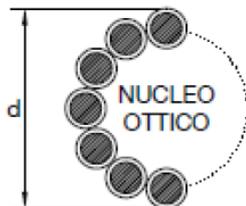
Le caratteristiche tecniche del conduttore sono riportate nella figura sottostante.

CONDUTTORE IN CORDA DI ALL. ACC. $\phi 31,5$


FORMAZIONE	ALLUMINIO	54 x 3,50	54 x 3,50
	ACCIAIO	19 x 2,10	19 x 2,10
SEZIONI TEORICHE (mm ²)	ALLUMINIO	519,5	519,5
	ACCIAIO	65,80	65,80
	TOTALE	585,3	585,3
TIPO DI ZINCATURA DELL'ACCIAIO		NORMALE	MAGGIORATA
MASSA TEORICA	(kg/m)	1,953	1,938
RESISTENZA ELETTR. TEORICA A 20 °C	(Ω /km)	0,05564	0,05564
CARICO DI ROTTURA	(daN)	16852	16533
MODULO ELASTICO FINALE	(N/mm ²)	68000	68000
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE (1/°C)		19,4 x 10 ⁻⁶	19,4 x 10 ⁻⁶

I conduttori avranno un'altezza da terra non inferiore a metri 6,4 m secondo quanto prescritto dall'art. 2.1.05 del D.M. 16/01/1991, con riferimento alla temperatura del conduttore di 55°.

L'elettrodotto sarà equipaggiato con una corda di guardia riportata nella figura sottostante.



DIAMETRO NOMINALE ESTERNO	(mm)	≤ 11,5		
MASSA UNITARIA TEORICA (Eventuale grasso compreso)	(kg/m)	≤ 0,6		
RESISTENZA ELETTRICA TEORICA A 20 °C	(ohm/km)	≤ 0,9		
CARICO DI ROTTURA	(daN)	≥ 7450		
MODULO ELASTICO FINALE	(daN/mm ²)	≥ 10000		
COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA	(1/°C)	≤ 16,0E-6		
MAX CORRENTE C.TO C.TO DURATA 0,5 s	(kA)	≥ 10		
FIBRE OTTICHE SM-R (Single Mode Reduced)	NUMERO	(n°)	48	
	ATTENUAZIONE	a 1310 nm	(dB/km)	≤ 0,36
		a 1550 nm	(dB/km)	≤ 0,22
	DISPERSIONE CROMATICA	a 1310 nm	(ps/nm · km)	≤ 3,5
a 1550 nm		(ps/nm · km)	≤ 20	

NOTE

1. Prescrizioni per la costruzione ed il collaudo: LIN_000C3907
2. Imballo e pezzature: bobine da 4000 m (salvo diversa prescrizione in sede di ordinazione).
3. Unità di misura: la quantità del materiale deve essere espressa in m.
4. Sigillatura: eseguita mediante materiale termoresistente e autovulcanizzante.

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza, come riportato nei grafici seguenti.

Tramite software dedicato sono state elaborate delle simulazioni per determinare il valore di induzione magnetica, e le relative curve isocampo, generate dalla linea in progetto.

Le caratteristiche geometriche dei sostegni relativi ai diversi tronchi di palificazione sono state integrate con i dati elettrici dell'elettrodotto in progetto che vengono di seguito riassunti.

Per la linea a 150 kV:

Potenza trasmissibile: 226 MVA;

Tensione nominale: 150 kV;

Corrente a limite termico in base alla CEI 11-60: 870 A;

Frequenza: 50 Hz;

Il complesso dei parametri è stato quindi elaborato tramite il già citato software, il cui output, per semplicità d'interpretazione, consiste in curve di andamento dell'induzione magnetica, determinate in un piano verticale ortogonale all'asse della linea.

Lo stesso procedimento è stato usato per il calcolo del campo elettrico.

Per quanto riguarda la geometria del sostegno utilizzato per il calcolo, cautelativamente è stato considerato il sostegno di tipo E, che presenta la maggiore distanza tra le fasi.

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	28	35

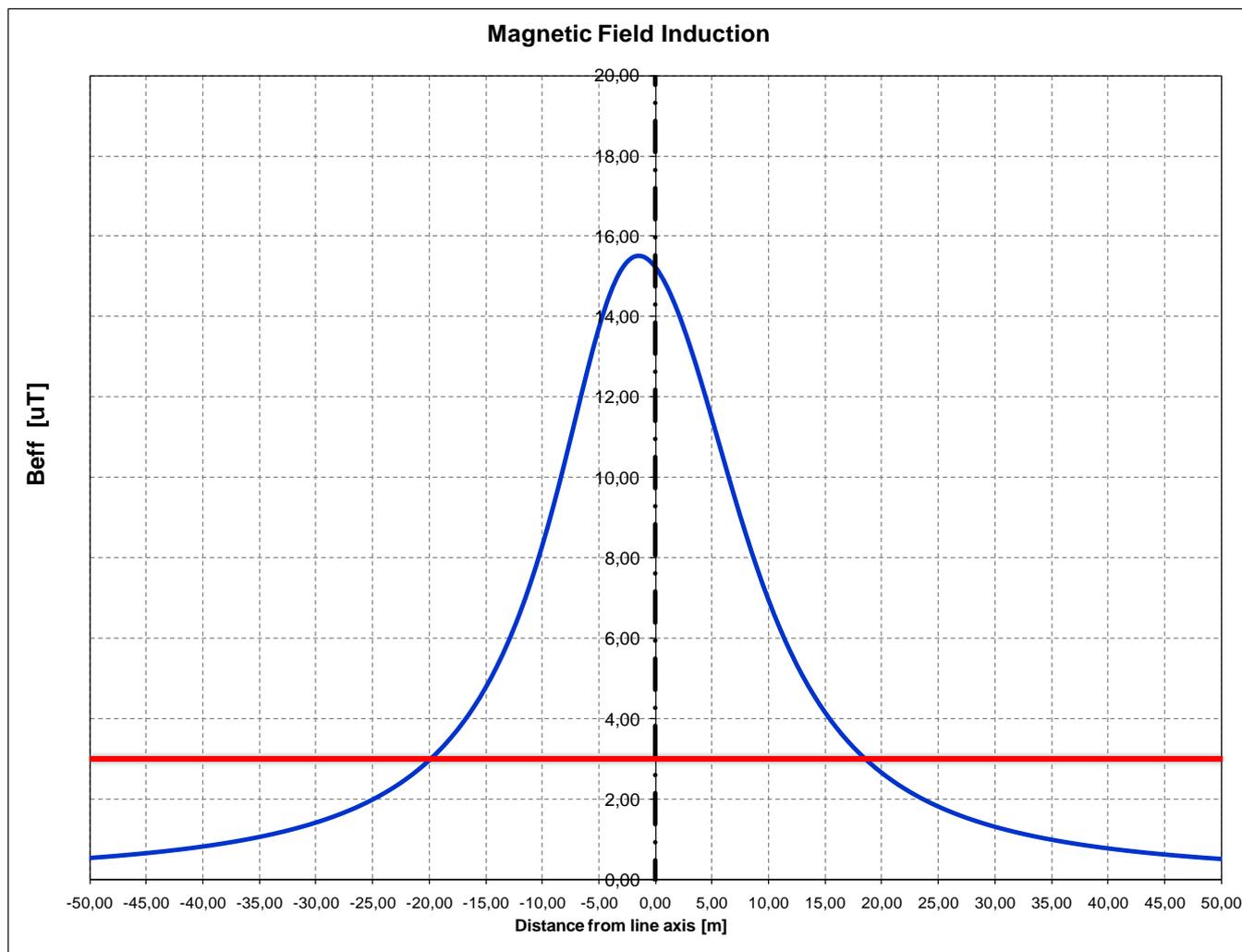


Figura 1411: *Andamento dell'induzione magnetica in una sezione perpendicolare all'asse linea, calcolata a 1,5 m dal suolo in caso di franco minimo (obiettivo di qualità pari a 3 μ T)*

Come si vede dal grafico nei casi di carico previsti dalla norma CEI 11-60 si raggiunge l'obiettivo di qualità di 3 μ T intorno ai 20 metri dall'asse linea.

Dalle valutazioni su esposte, considerate le distanze delle abitazioni e dei luoghi destinati a permanenza prolungata della popolazione dell'elettrodotto in progetto, si dimostra ovunque il rispetto con margine dei limiti di esposizione stabiliti dalla normativa vigente.

Di seguito è riportato il calcolo del campo elettrico generato dalla linea 150 kV semplice terna presa in considerazione:

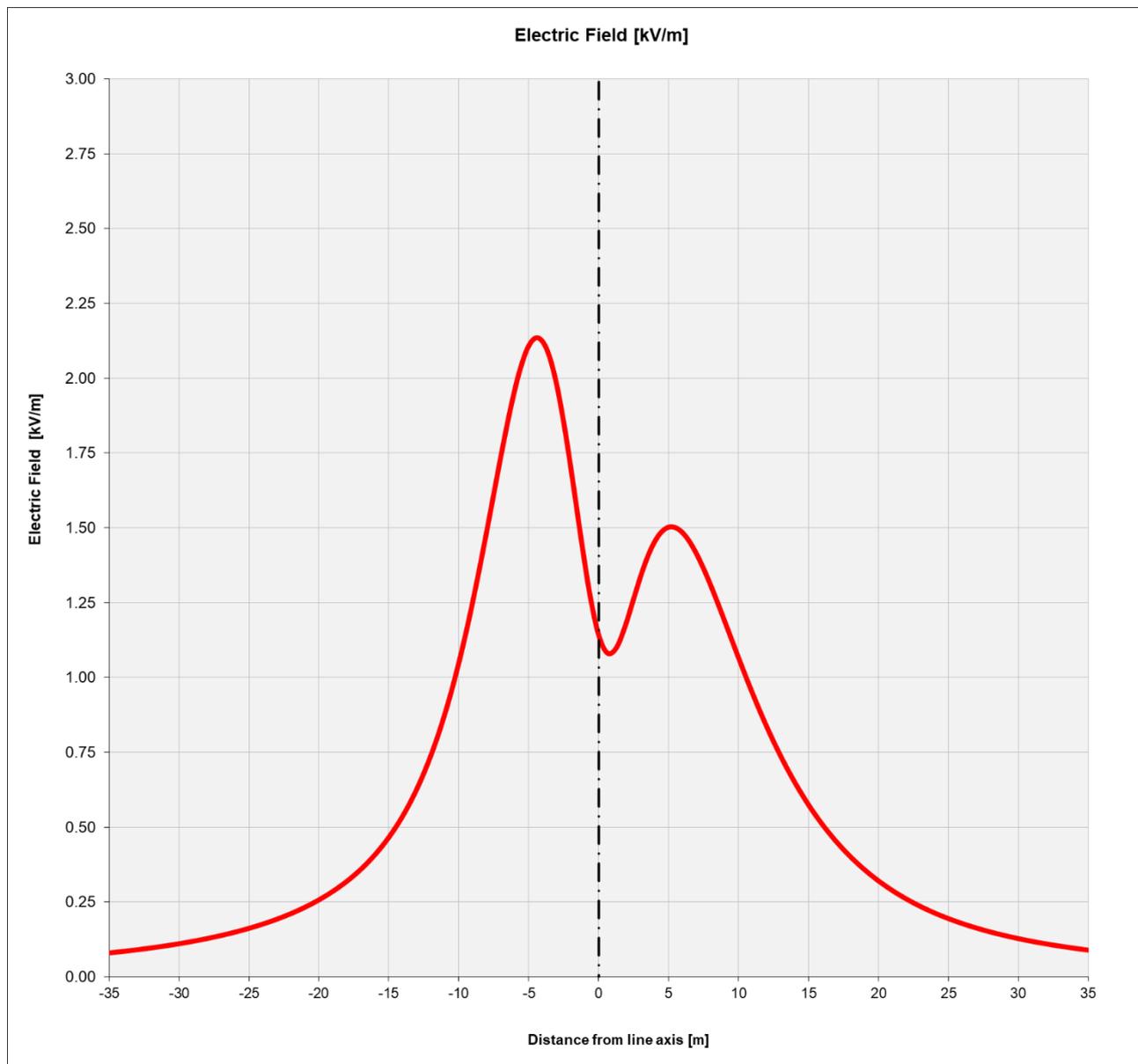


Figura 15: *Andamento del campo elettrico in una sezione perpendicolare all’asse linea, calcolato ad 1,5 m dal suolo*

Come si vede i valori di campo elettrico sono sempre inferiori al limite di 5 kV/m imposto dalla normativa.

5.2.2 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

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	30	35

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 150 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.

Campo Elettrico [kV/m]

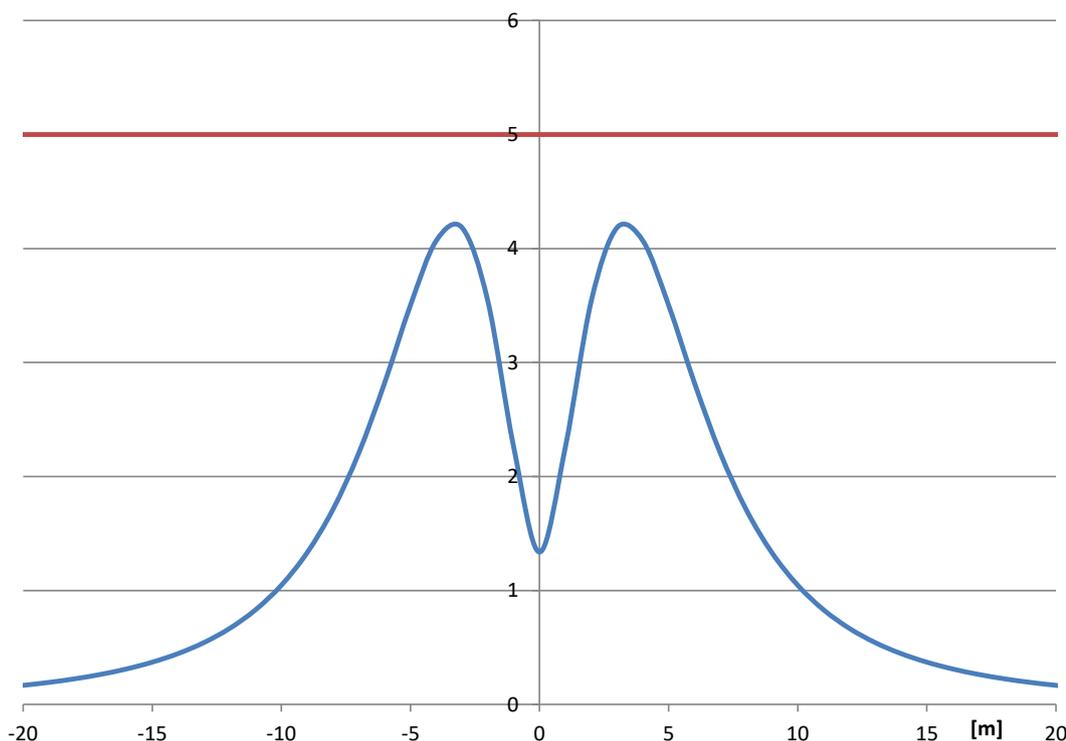


Figura 16: Campo elettrico al suolo generato dal sistema di sbarre a 150 kV

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle vie cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 3 μ T a 4 m di distanza dalla proiezione dell’asse della linea.

I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

A titolo orientativo nel seguito si riporta il profilo di campo magnetico dovuto ad un sistema trifase con caratteristiche e disposizione dei conduttori analoghe a quelle dei condotti sbarre presenti in stazione, considerando una corrente massima di 2000 A pari alla corrente

massima sopportabile dalle sbarre stesse. Nella seguente figura è riportata la geometria di un sistema trifase con disposizione dei conduttori assimilabile a quella delle sbarre della stazione d’utenza.

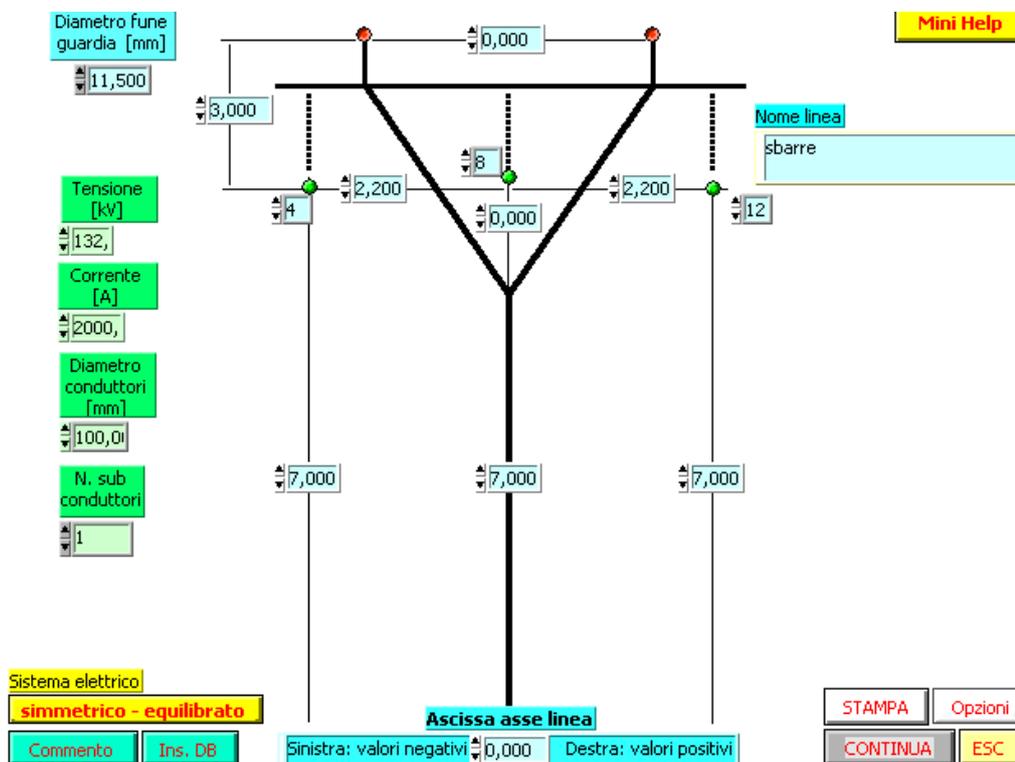


Figura 17: *Linea AT con disposizione conduttori in piano assimilabile ad un sistema semplice sbarra a 132/150 kV*

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.

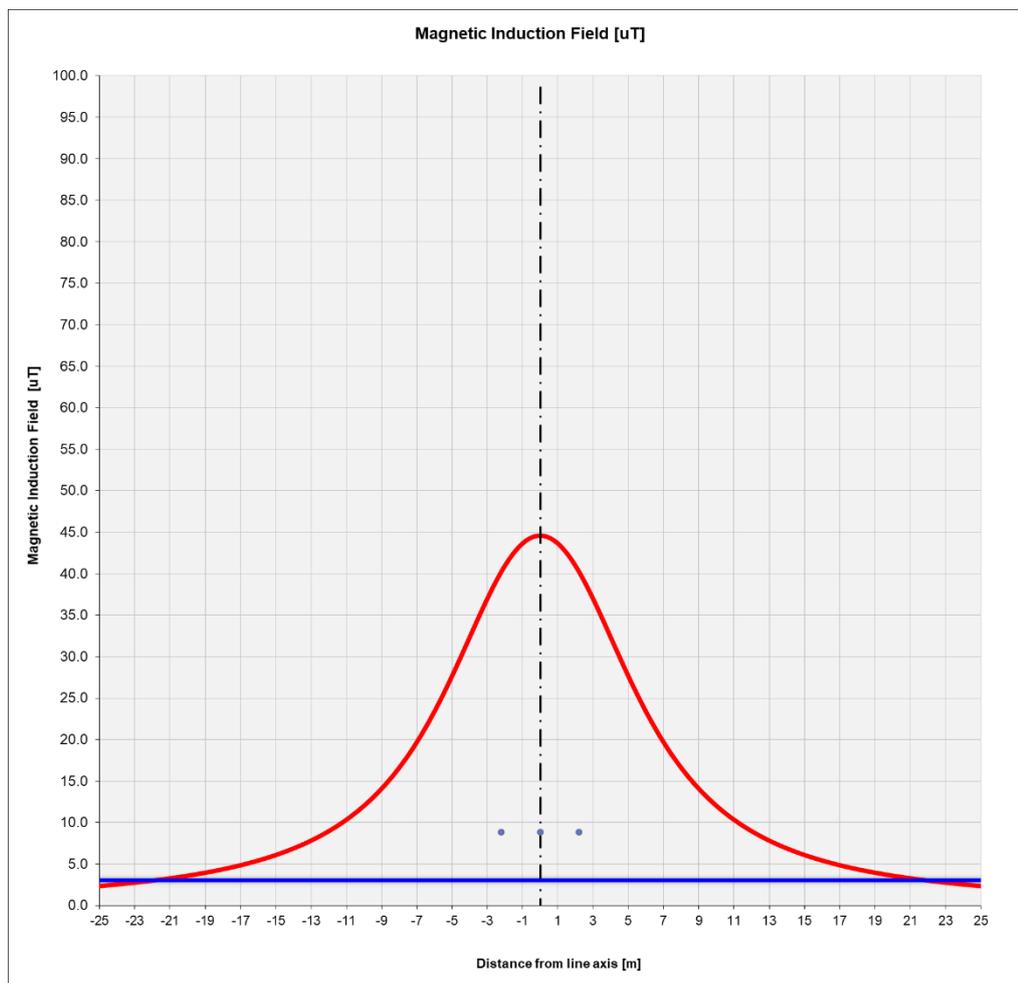


Figura 18: Andamento del campo di induzione magnetica per $I = 2000\text{ A}$

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 in area poco antropizzata, non si rilevano recettori sensibili a distanze inferiori a quella sopra calcolata.

5.3 Analisi dei risultati ottenuti

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di 3 μ T, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti MT esterni, della stazione di utenza e dell'elettrodotto aereo AT; d'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette, gran parte delle quali si trovano all'interno dell'area di impianto. Per l'elettrodotto aereo AT la relativa DPA ha una ampiezza di circa 20 m per lato dalla mezzeria dell'elettrodotto.

Trattandosi di un elettrodotto che si sviluppa in territori scarsissimamente antropizzati, si può certamente escludere la presenza continuativa di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per le aree attorno alle cabine di trasformazione, oltre che nelle immediate vicinanze della stazione di utenza AT/MT. Infatti, per la stazione d'utenza, ad eccezione degli ingressi e delle uscite linea, poco oltre la recinzione della stazione i valori di campo magnetico sono inferiori ai limiti di legge.

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	34	35

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 150 kV esso diventa inferiore a 5 kV/m già a pochi metri dalla linea parti in tensione.

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni 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 ai cavidotti MT, in tutti i tratti interni realizzati prevalentemente mediante l'uso di cavi elicordati, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge già a circa 5 m (DPA) dalla cabina stessa. Per la stazione di trasformazione, nel caso più cautelativo affrontato, i valori di campo sono inferiori ai valori limite di legge ad una distanza di circa 22 m dall'asse del sistema sbarre. Comunque, considerando che nelle cabine di trasformazione non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di una recinzione 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.

075.20.01.R.14	01	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Mar. 2022	35	35