

REGIONE: MOLISE
PROVINCIA: CAMPOBASSO
COMUNI: ROTELLO, URURI

ELABORATO: 064.20.01.R.03	OGGETTO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO "ROTELLO" DA 120,16 MWp PROGETTO DEFINITIVO
PROPONENTE:	 Ibvi 3 s.r.l. IBVI 3 srl Viale Amedeo Duca d'Aosta 76 39100 Bolzano (BZ) Ibvi3srl@pec.it
PROGETTO DEFINITIVO	 3E Ingegneria Srl Via G. Volpe n.92 – cap 56121 – Pisa (PI) 3eingegneria@pec.it www.3eingegneria.it info@3eingegneria.it

Relazione impatto elettromagnetico



Note:

DATA	REV	DESCRIZIONE	ELABORATO da:	APPROVATO da:
Dic. 2020	0	Emissione	3E Ingegneria Srl	Ibvi 3 Srl

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



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

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	GENERALITA'.....	8
4.2	CABINE ELETTRICHE.....	10
5	CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI.....	12
5.1	CAMPI ELETTRICI 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 e di campo.....	14
5.1.5	Altri cavi.....	15
5.2	CAMPI ELETTRICI DELLE OPERE CONNESSE.....	16
5.2.1	Linee elettriche in corrente alternata in media tensione.....	16
5.2.2	Stazione elettrica d'utenza.....	38
5.2.3	Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione.....	41
5.3	Analisi dei risultati ottenuti.....	43
6	CONCLUSIONI.....	44

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	2	45



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

1 PREMESSA

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

In particolare per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute 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 dei nuovi elettrodotti.

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	3	45



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

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"

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	4	45



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]

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	5	45



L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai $3\mu\text{T}$ 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 100.000 kW ac). Per quanto riguarda gli elettrodotti si è fatto invece riferimento alla portata nominale degli stessi.

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 Tab.1 e 2:

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

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



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

OGGETTO / SUBJECT



Ibvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

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

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

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

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

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

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

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Dic. 2020	7	45



4 DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

4.1 GENERALITA'

L'impianto fotovoltaico "Rotello" sorgerà su diciannove aree situate nei comuni di Rotello e Ururi in provincia di Campobasso. Più precisamente, le diciannove aree sono così suddivise:

- da FV1 a FV4: comune di Ururi, circa 3,5 km dal centro abitato in direzione sud-est
- FV5: comune di Rotello, circa 4 km dal centro abitato in direzione nord-nord-est
- FV6: comune di Rotello, circa 3,5 km dal centro abitato in direzione nord-nord-ovest
- FV7, FV8: comune di Rotello, circa 3,2 km dal centro abitato in direzione nord
- FV9, FV10, FV11, FV12, FV13: circa 2,3 km dal centro abitato in direzione nord
- FV14: circa 2,5 km dal centro abitato in direzione nord-ovest
- FV15: circa 1,3 km dal centro abitato in direzione ovest
- FV16, FV17: circa 2,8 km dal centro abitato in direzione nord-nord-est
- FV18: circa 6 km dal centro abitato in direzione nord-est
- FV19: circa 5 km dal centro abitato in direzione nord-est

Il collegamento elettrico dell'impianto fotovoltaico alla rete di trasmissione di alta tensione avverrà presso la Stazione Elettrica esistente nel Comune di Rotello denominata "Rotello 380", attraverso la realizzazione di una nuova sottostazione di utente sita nelle immediate vicinanze del campo FV19, situato nel Comune di Rotello. La connessione avverrà al livello di tensione 150 kV sul sistema di sbarre esistente presso la stazione del Gestore.

La stazione elettrica di trasformazione di utente 33/150 kV prevede la realizzazione di uno stallo in AT con trasformatore e partenza linea aerea AT verso la stazione RTN, comprensivi dei relativi dispositivi di protezione e sezionamento.

Una linea aerea in AT farà da collegamento fra la SSE di utente e la SSE di rete, giacente lungo viabilità esistente (SP 78).

L'impianto, di potenza pari a circa 120 MWp, comprende in particolare:

- 2.861 strutture di tipo fisso, ciascuna configurata per n°75 moduli fotovoltaici di potenza nominale pari a 560 Wp, suddivise tra le diciannove aree sopra elencate, per un totale di n°214575 moduli;
- N°9 cavidotti interrati MT 33 kV di lunghezza totale pari a circa 49 km, che connettono i campi con la stazione elettrica di trasformazione Utente;

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	8	45



- una stazione elettrica di trasformazione utente (SSEU), ubicata in prossimità dell'area denominata FV19, in cui la tensione viene trasformata da 33 a 150 kV;
- un elettrodotto aereo AT 150 kV per la connessione della SSEU alla SE di condivisione avente lunghezza di circa 2,1 km;
- 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.

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

La stazione di trasformazione di utenza verrà realizzata lungo la SP 78, nel tratto da Rotello all'innesto nella SP 167, all'altezza del km 5+400 circa; l'area su cui sorgerà la stazione di utenza ha una superficie di circa 13000 m² ed è individuata catastalmente al foglio n°16 particella n°112 del comune di Rotello (CB) e sarà costituita da un edificio ed una sezione a 150 kV con isolamento in aria.

La conversione da corrente continua a corrente alternata sarà realizzata mediante n°572 convertitori statici trifase (inverter) tipo HUAWEI modello SUN2000-185KTL-H1, potenza nominale 175 kW, agganciati alle strutture di sostegno dei moduli in posizione opportuna.

I trasformatori di elevazione BT/MT saranno della potenza di 3000, 4000 e 6000 kVA a doppio secondario ed avranno una tensione lato MT di 33kV ed una tensione lato BT di 800V. Ognuno di essi sarà alloggiato all'interno della cabina di trasformazione.

Ciascun campo sarà inoltre dotato di una cabina di campo allestita per alimentare i servizi ausiliari di impianto, all'interno della quale sarà alloggiato un trasformatore da 100 kVA con rapporto di trasformazione 33/0.4 kV.

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	9	45



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

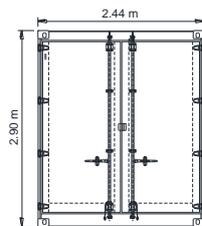
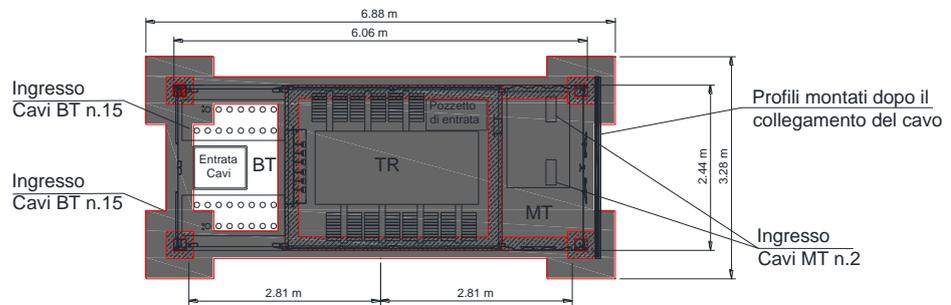
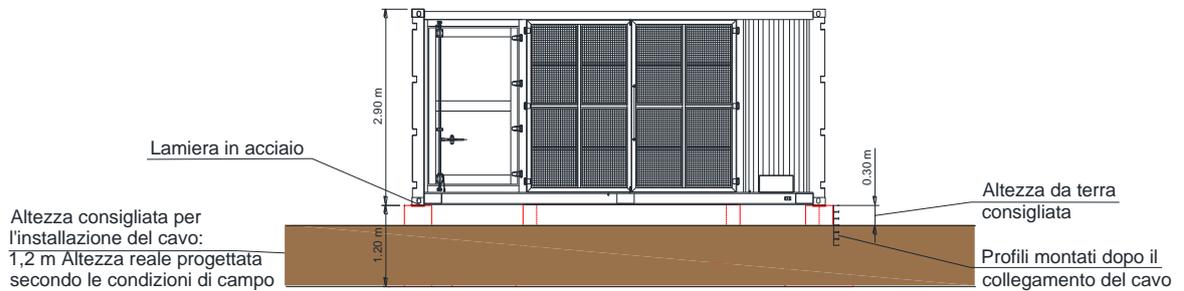
OGGETTO / SUBJECT



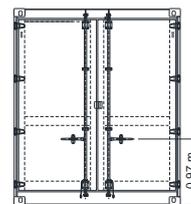
Ibvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

4.2 CABINE ELETTRICHE



Vista laterale destra



Vista laterale sinistra

Figura 1: Cabina di trasformazione (cabina di campo)

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	10	45



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

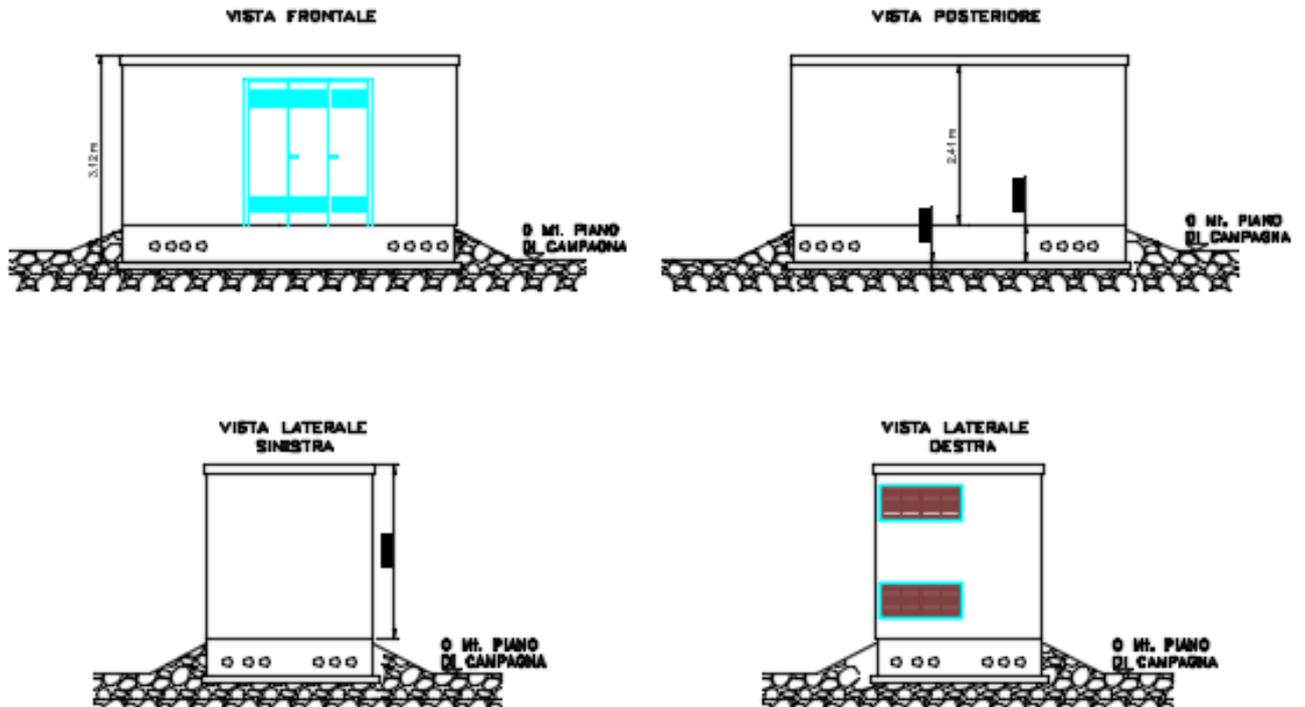
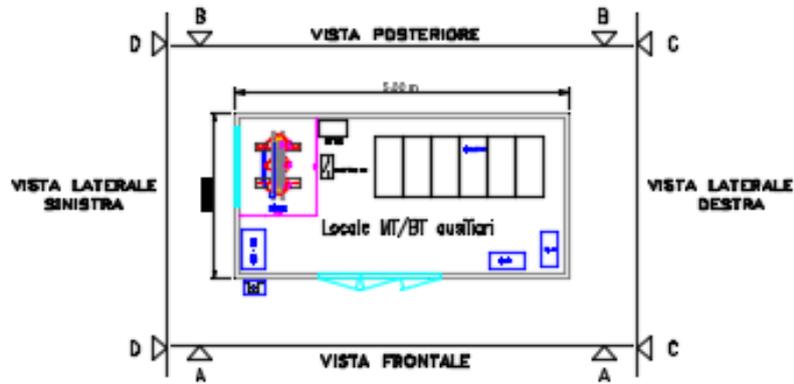


Figura 2: Cabina di Impianto

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	11	45



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 transitori 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 rete stessa. Si

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	12	45



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 $3 \mu\text{T}$, 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 $3\mu\text{T}$, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza ($50\div 80$ cm) dall'asse del cavo stesso.

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	13	45

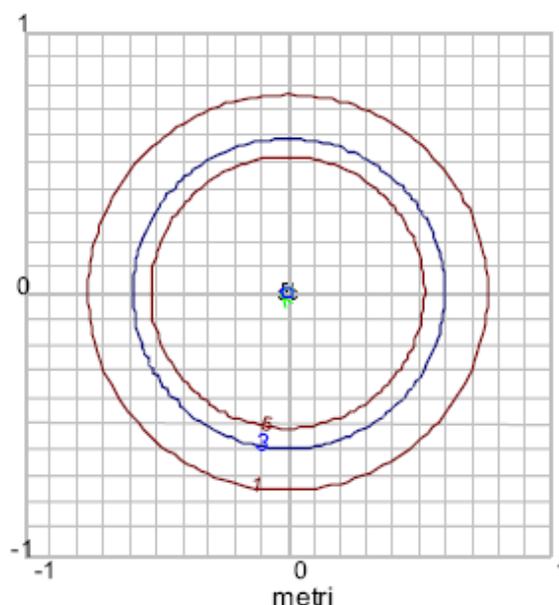


Figura 3: Curve di equilivello per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata (dalla Norma CEI 106-11)

Si fa notare peraltro che anche il recente 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.

Per i cavi in media tensione non elicordati, di tipo unipolare posati a trifoglio si rimanda al capitolo 5.2 ove è eseguito il calcolo puntuale delle DPA in funzione di ciascuna configurazione.

5.1.4 Cabine elettriche di trasformazione e di campo

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, che per l'impianto in oggetto sono rispettivamente da 3000, 4000 e 6000 kVA e si trovano collocati nelle cabine di trasformazione (cabine di campo).

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	14	45



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), pari a:

I=2167 A per la taglia da 3000 kVA

I=2890 A per la taglia da 4000 kVA

I=4335 A per la taglia da 6000 kVA

x= diametro dei cavi (m).

Considerando che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è da 240 mm², con diametro esterno pari a circa 29,2 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a:

3 m per la taglia da 3000 kVA

4 m per la taglia da 4000 kVA

5 m per la taglia da 6000 kVA.

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

Cautelativamente questi valori possono essere presi a riferimento anche per la cabina di impianto.

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.

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	15	45



5.2 CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

5.2.1 Linee elettriche in corrente alternata in media tensione

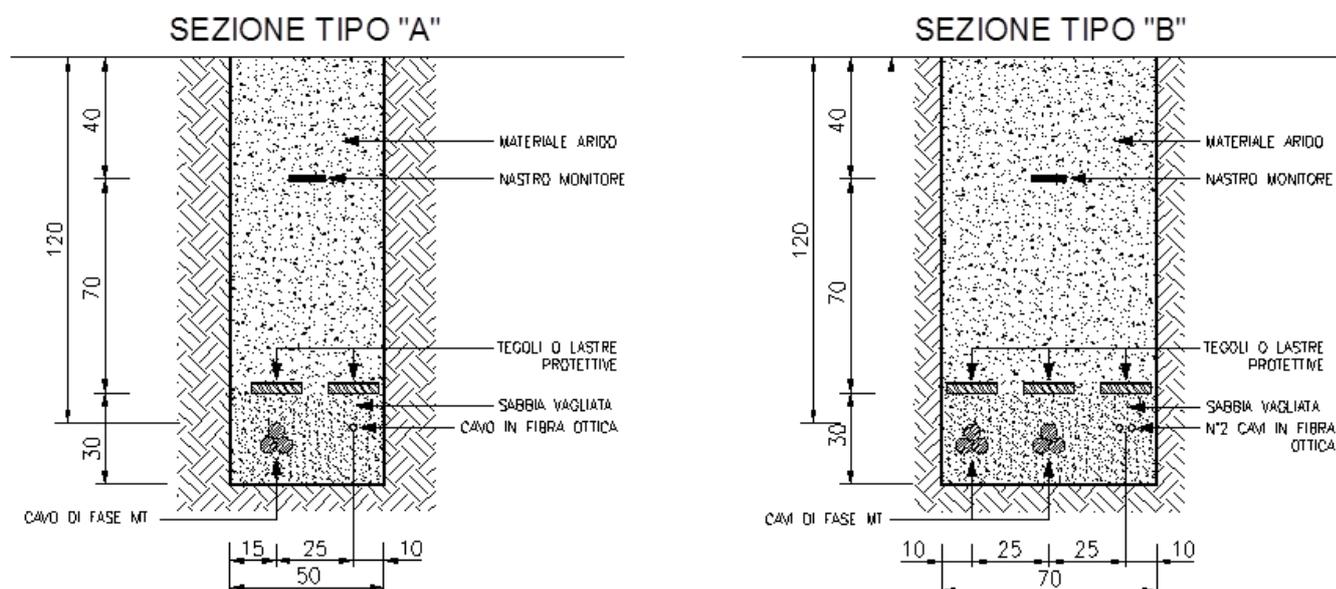
Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

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

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

5.2.1.1 *Configurazioni di calcolo*

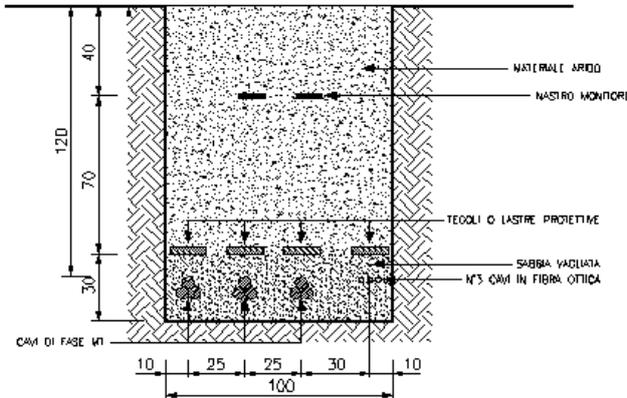
Per il calcolo dei campi magnetici dei collegamenti MT fra le varie cabine di campo e fa queste e la stazione di trasformazione di utenza sono state esaminate le configurazioni rappresentate nelle figure sottostanti, che comprendono tutte le combinazioni possibili presenti nell'impianto in oggetto (ripetute per posa su strada asfaltata e su strada sterrata).



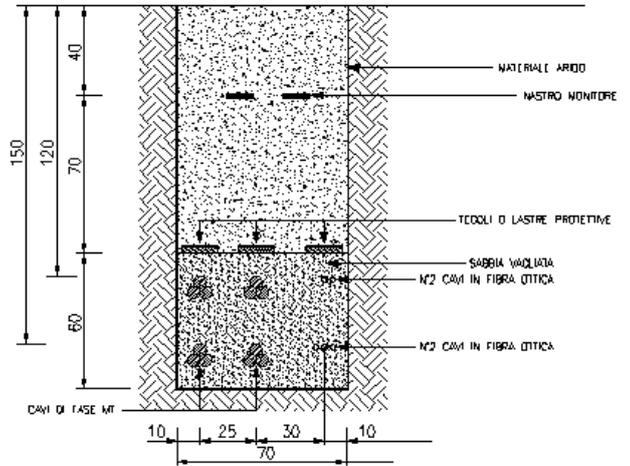
064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	16	45



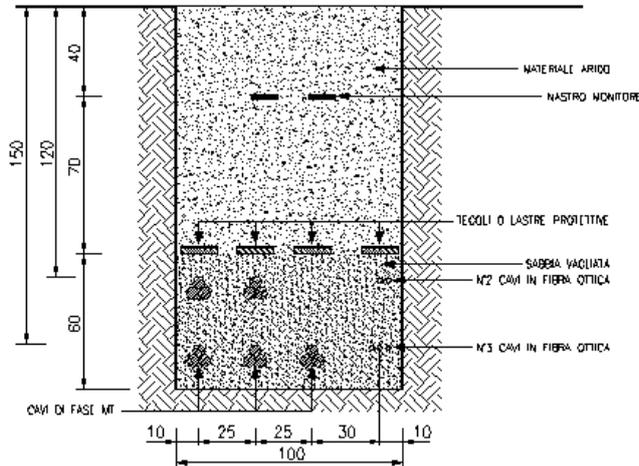
SEZIONE TIPO "C"



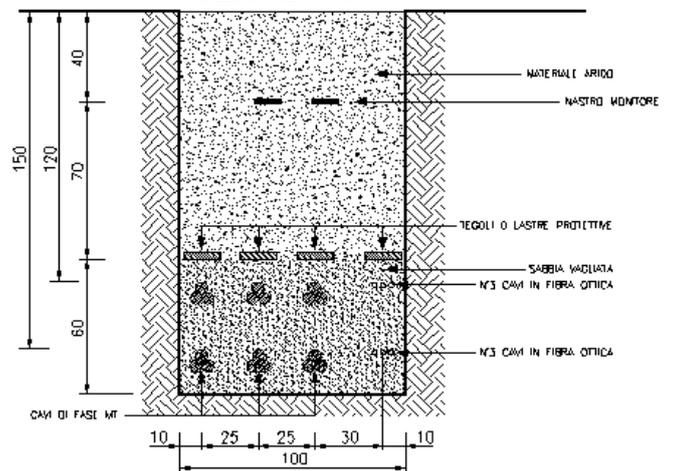
SEZIONE TIPO "D"



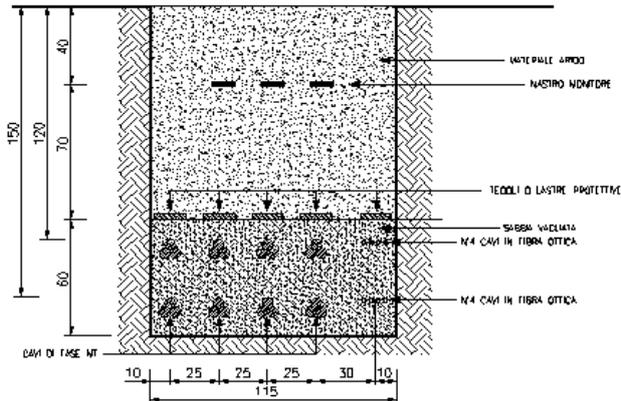
SEZIONE TIPO "E"



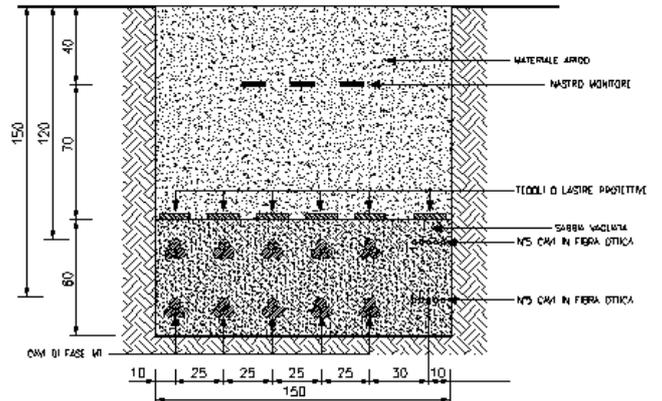
SEZIONE TIPO "F"



SEZIONE TIPO "H"



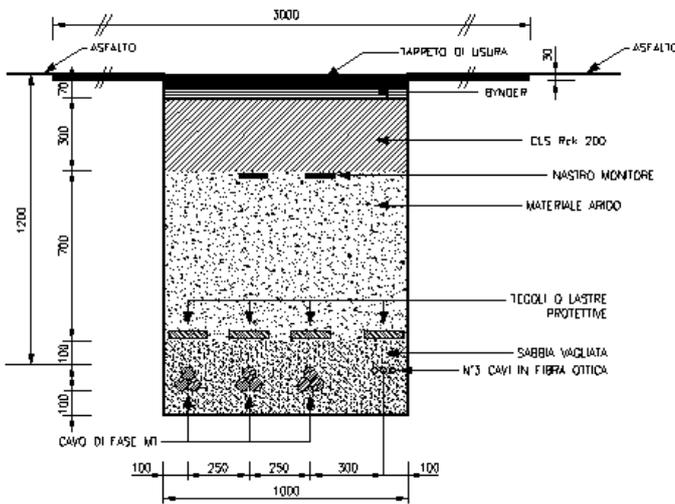
SEZIONE TIPO "J"



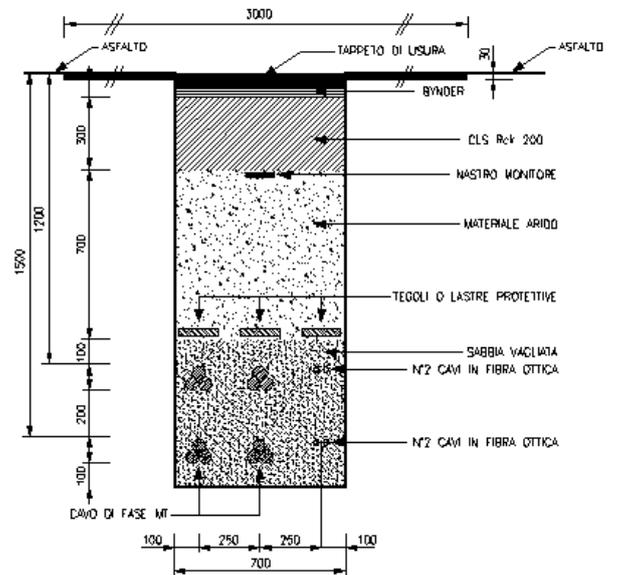
064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	17	45



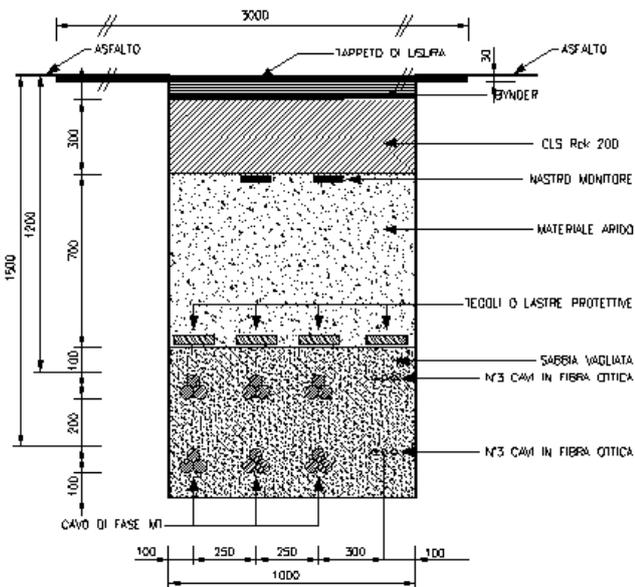
SEZIONE TIPO "CA"



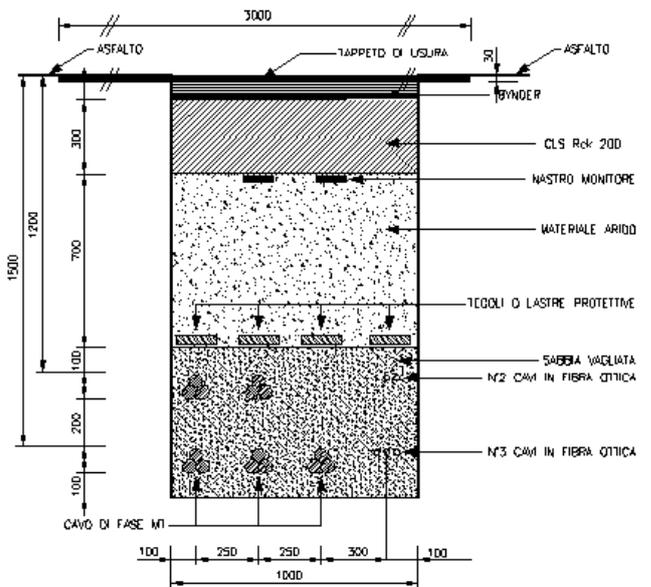
SEZIONE TIPO "DA1"



SEZIONE TIPO "FA"



SEZIONE TIPO "EA"



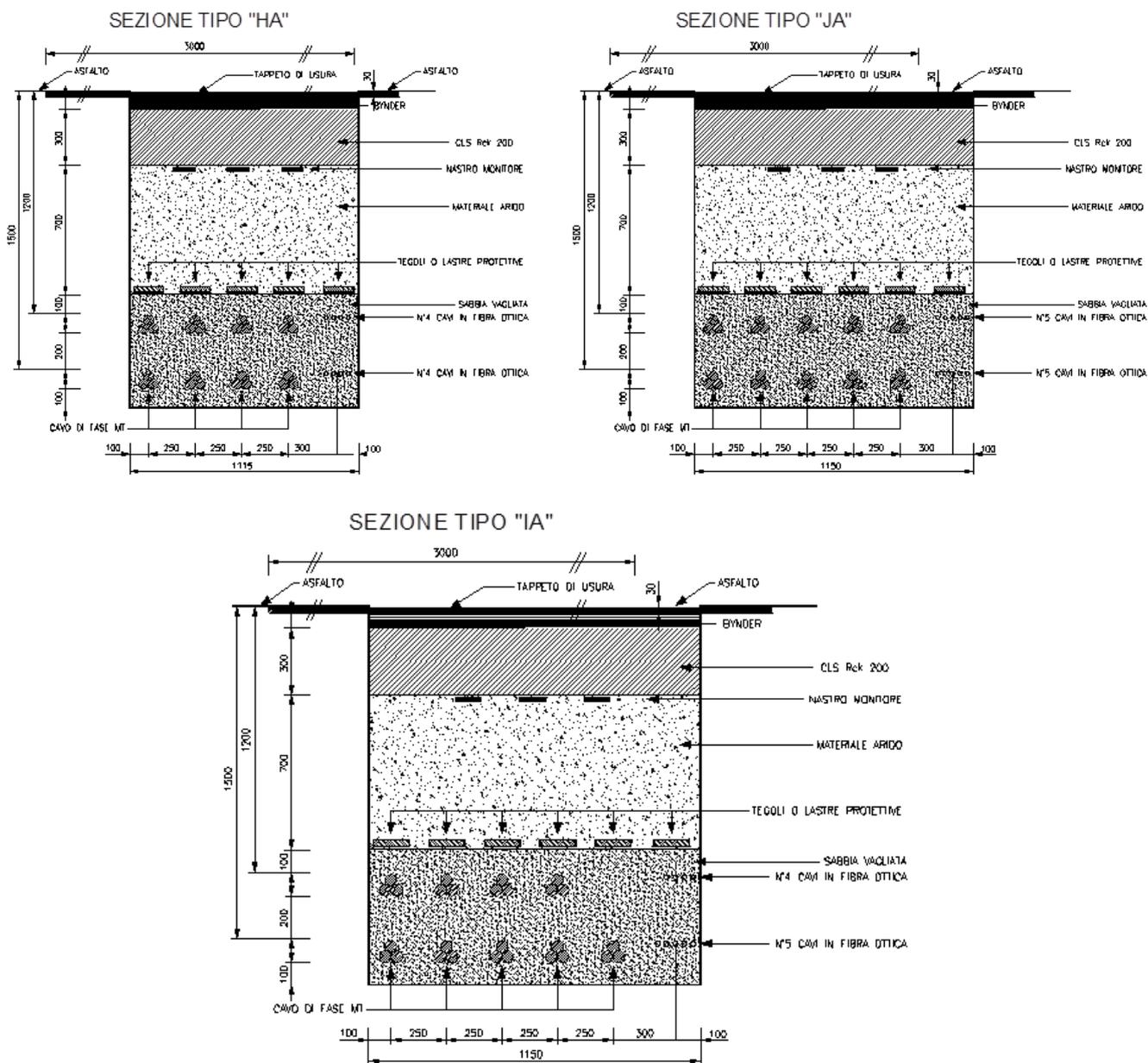


Figura 4: Sezioni tipiche di posa delle linee in cavo interrato

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	20	45

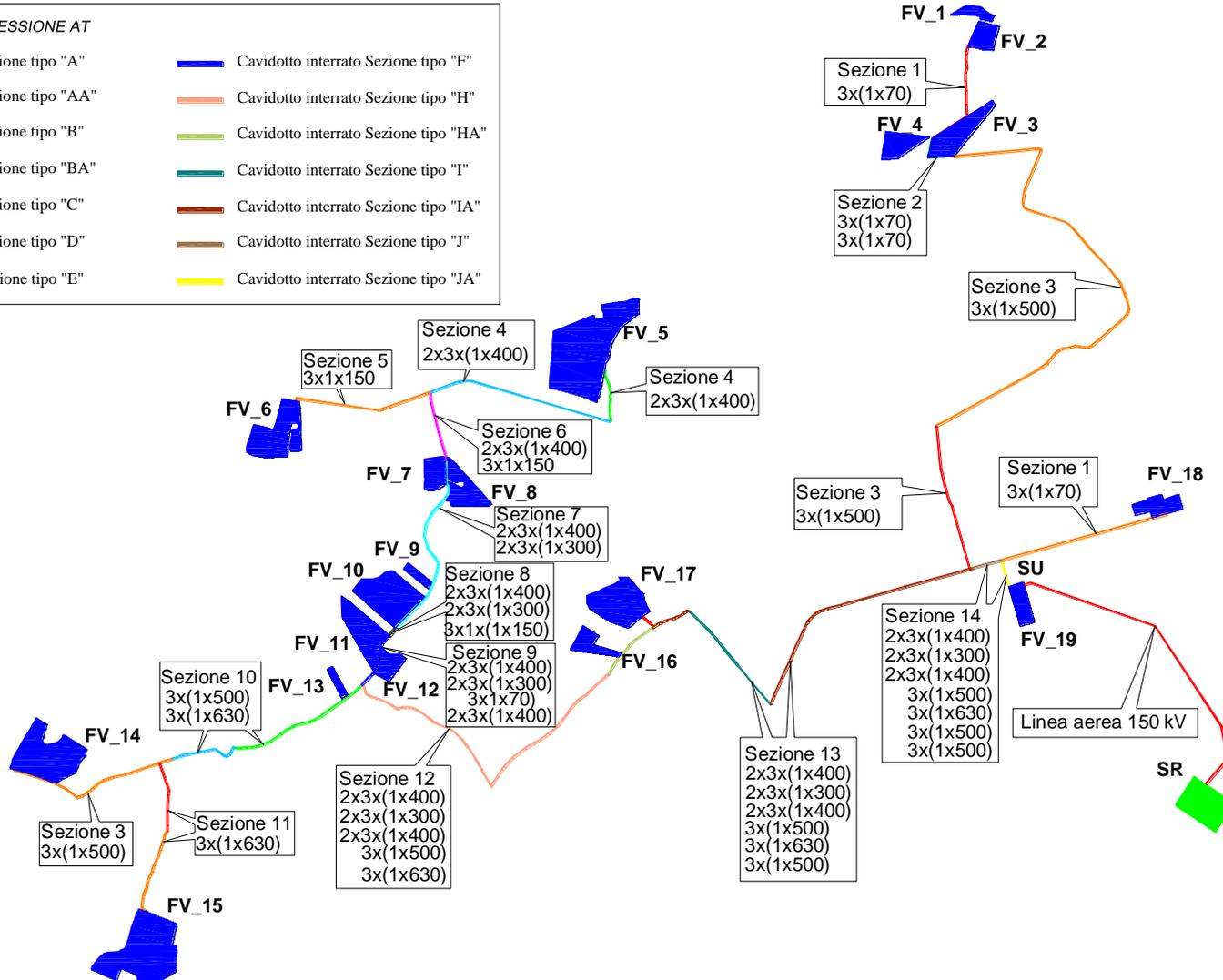
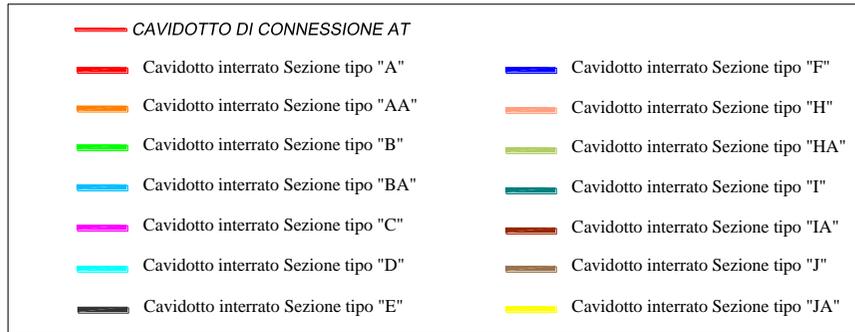


Figura 5: Layout dei cavidotti di connessione MT con indicazione delle sezioni di calcolo

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	21	45



Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede la posa dei cavi a trifoglio, come da sezioni precedenti, con un valore di corrente pari alla portata massima di ciascuna linea elettrica in cavo nelle condizioni di posa considerate. **Le condizioni di calcolo sono pertanto più gravose di quelle effettive.**

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato determinando, calcolate su un sezione verticale ortogonale all'asse del cavidotto.

5.2.1.2 *Calcolo del campo magnetico indotto, della Fascia di Rispetto e della Distanza di Prima Approssimazione (DPA)*

Nelle seguenti figure sono riportate le curve isocampo rispettivamente a 3 microTesla e 10 microTesla calcolate su una sezione ortogonale all'asse del cavidotto, per le diverse configurazioni sopra indicate. Tali grafici consentono di ricavare:

- la Fascia di Rispetto, rappresentata dalla curva a 3 microTesla
- la Distanza di Prima Approssimazione (DPA), rappresentata dalla distanza fra le proiezioni al suolo dell'asse del cavidotto e della fascia di rispetto, arrotondata per eccesso al metro superiore.

Non è invece rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo; si ricorda infatti che in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE – DESCRIPTION	Dic. 2020	22	45

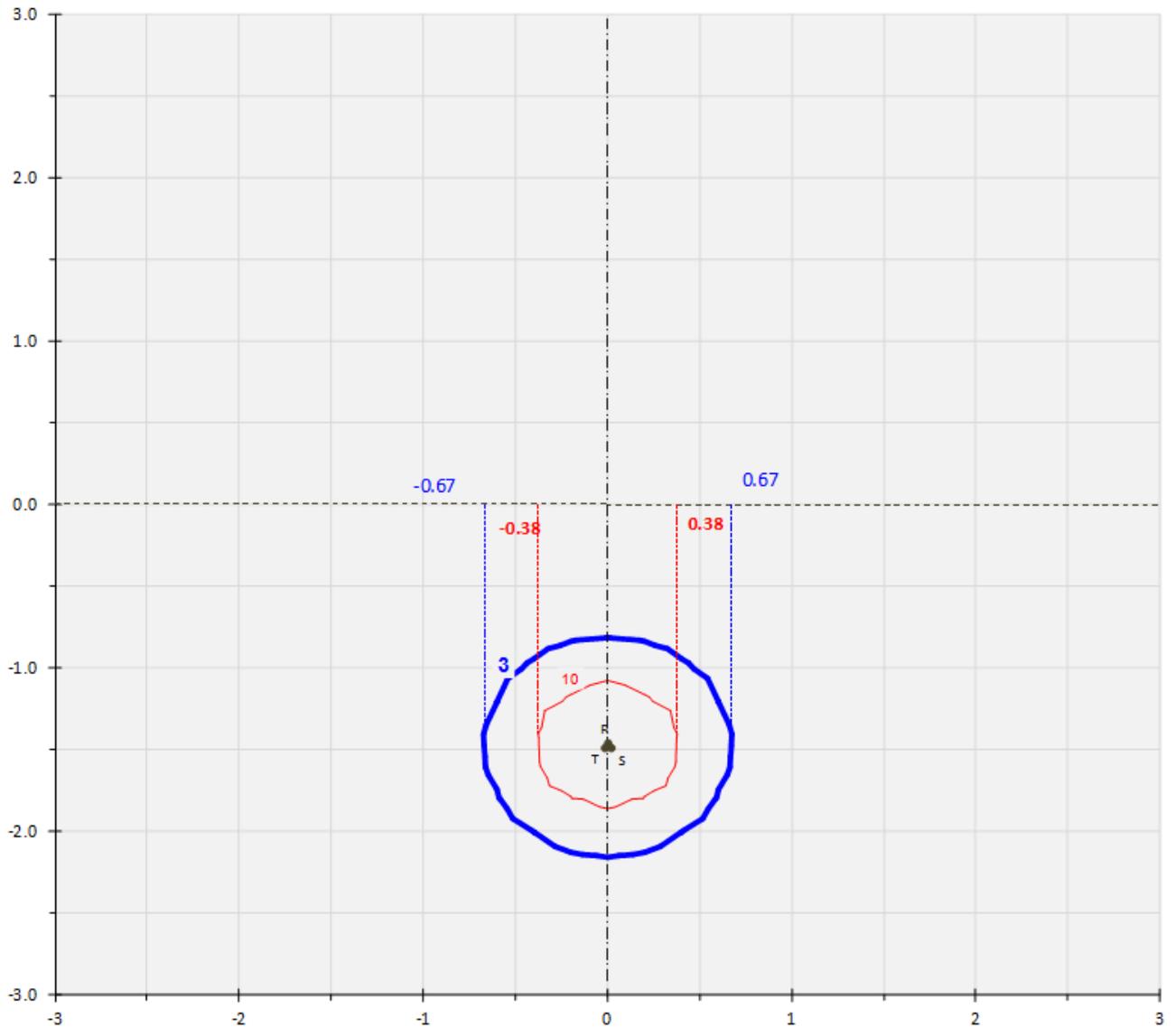


Figura 6: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 1

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	23	45

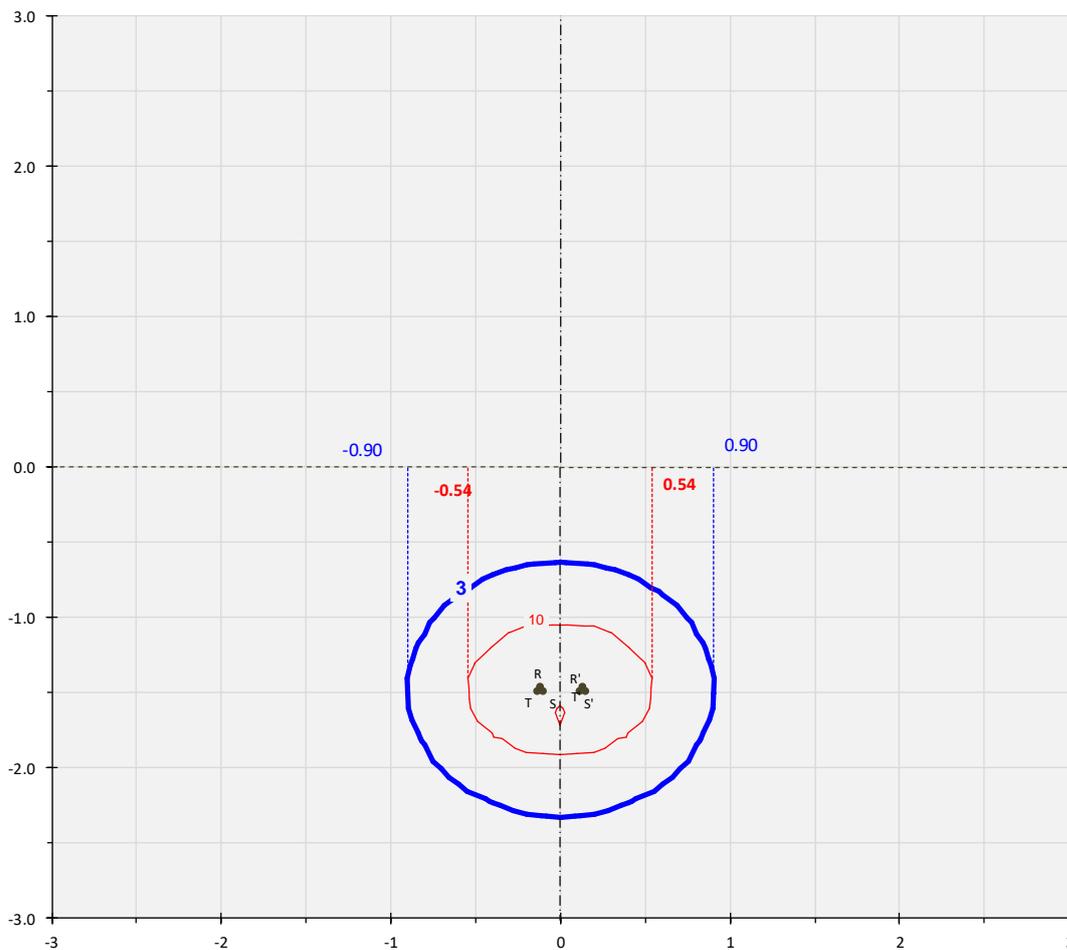


Figura 7: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 2

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	24	45

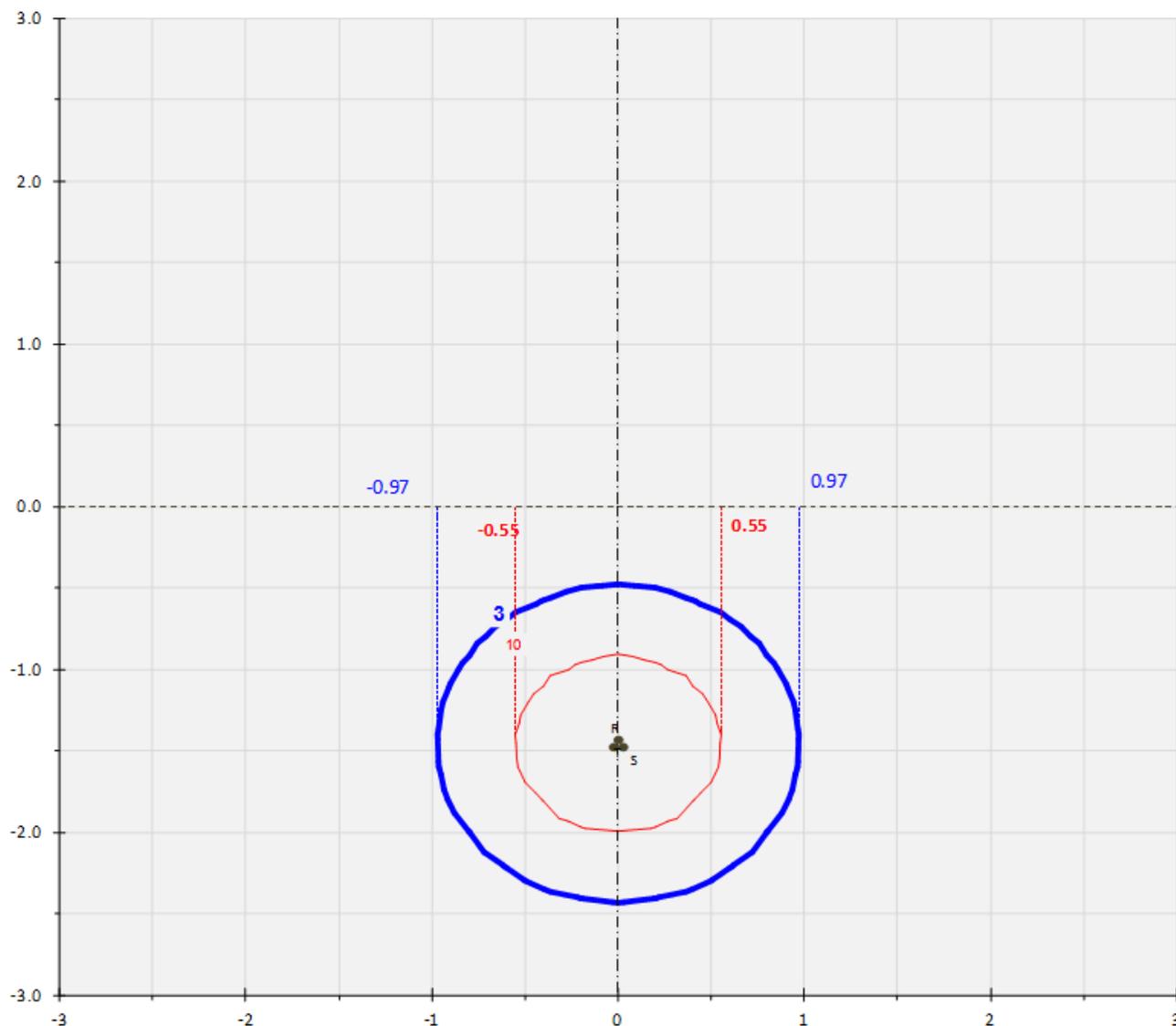


Figura 8: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 3

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	25	45

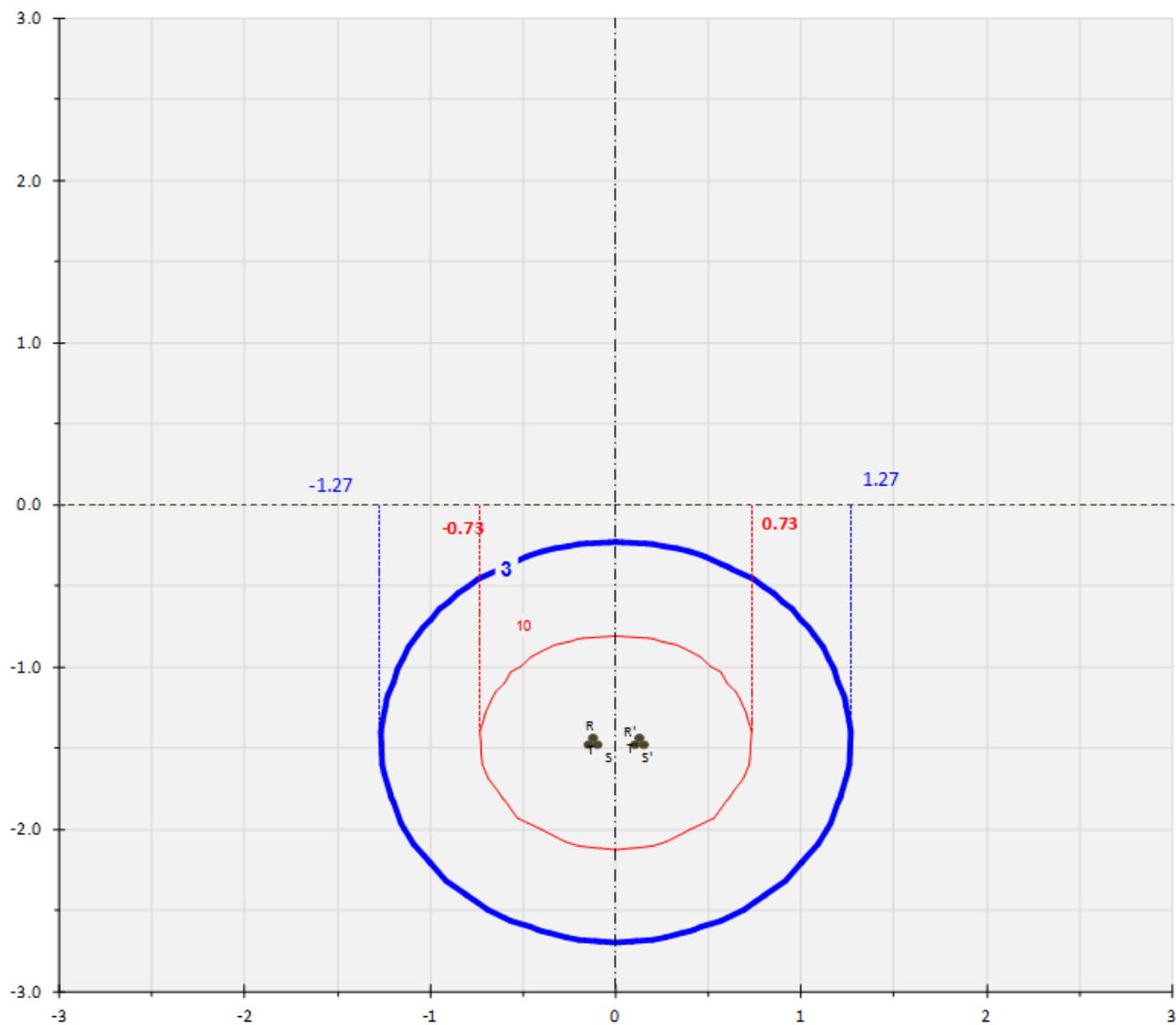


Figura 9: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 4

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	26	45

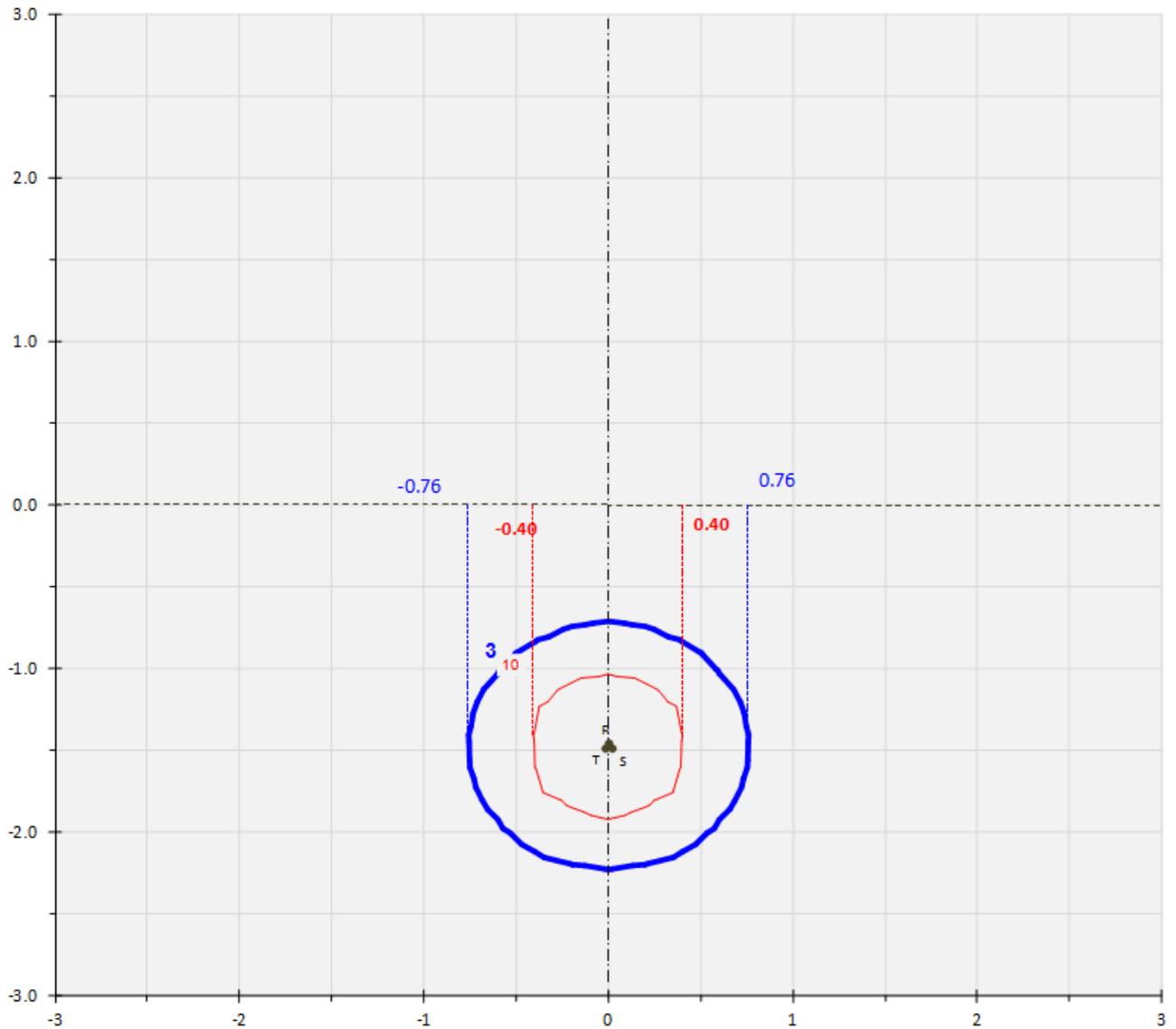


Figura 10: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 5

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	27	45

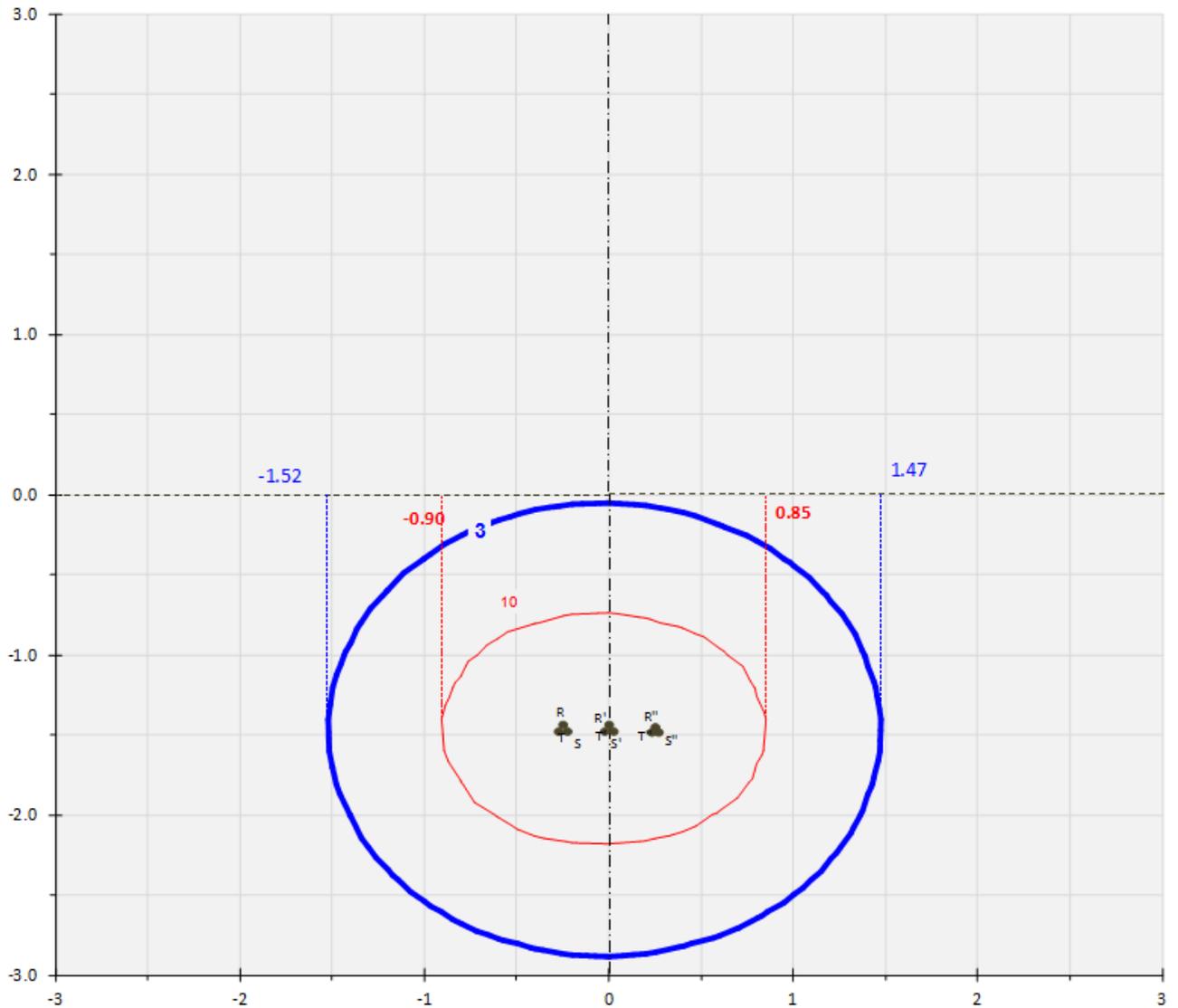


Figura 11: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 6

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	28	45

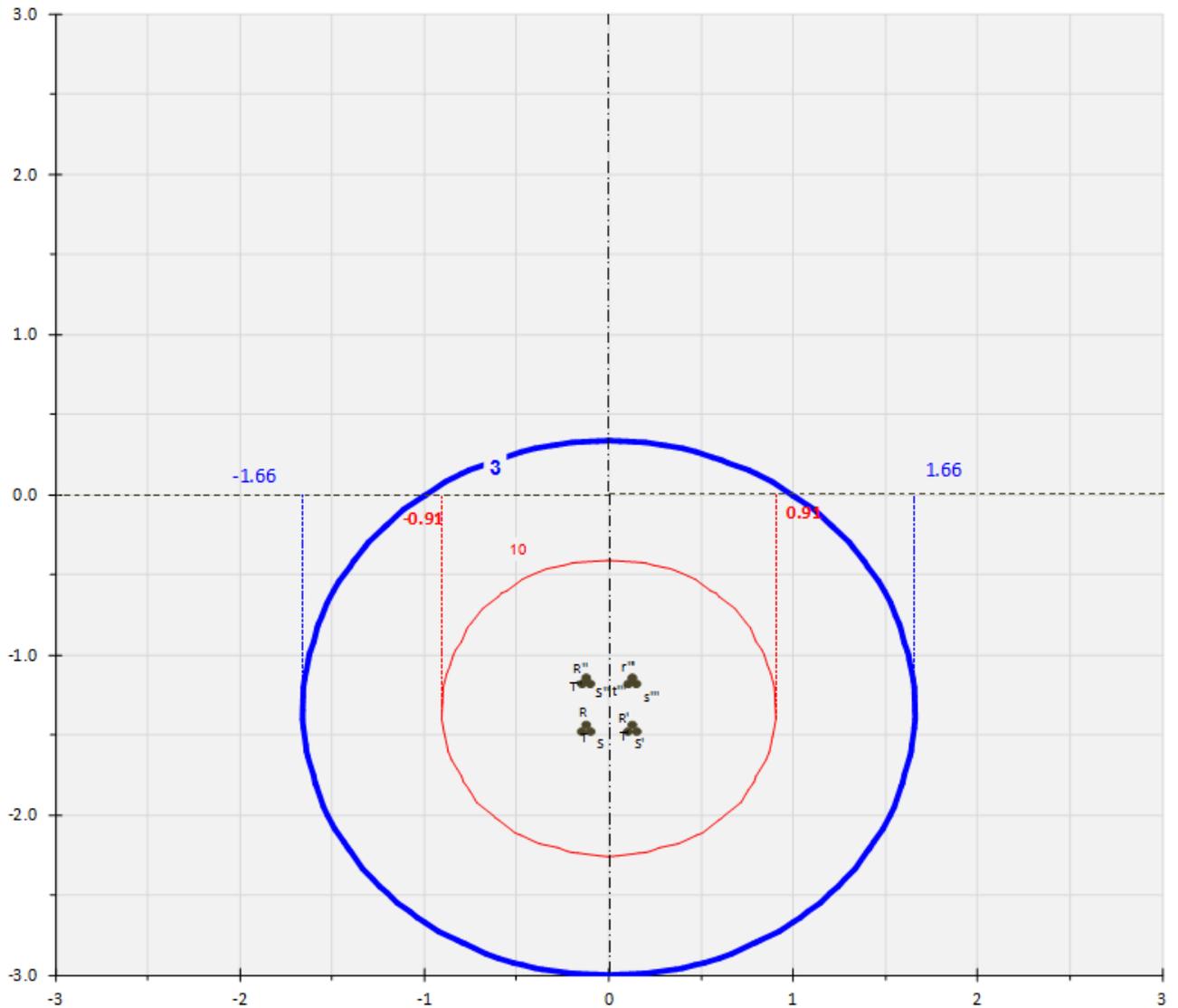


Figura 12: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 7

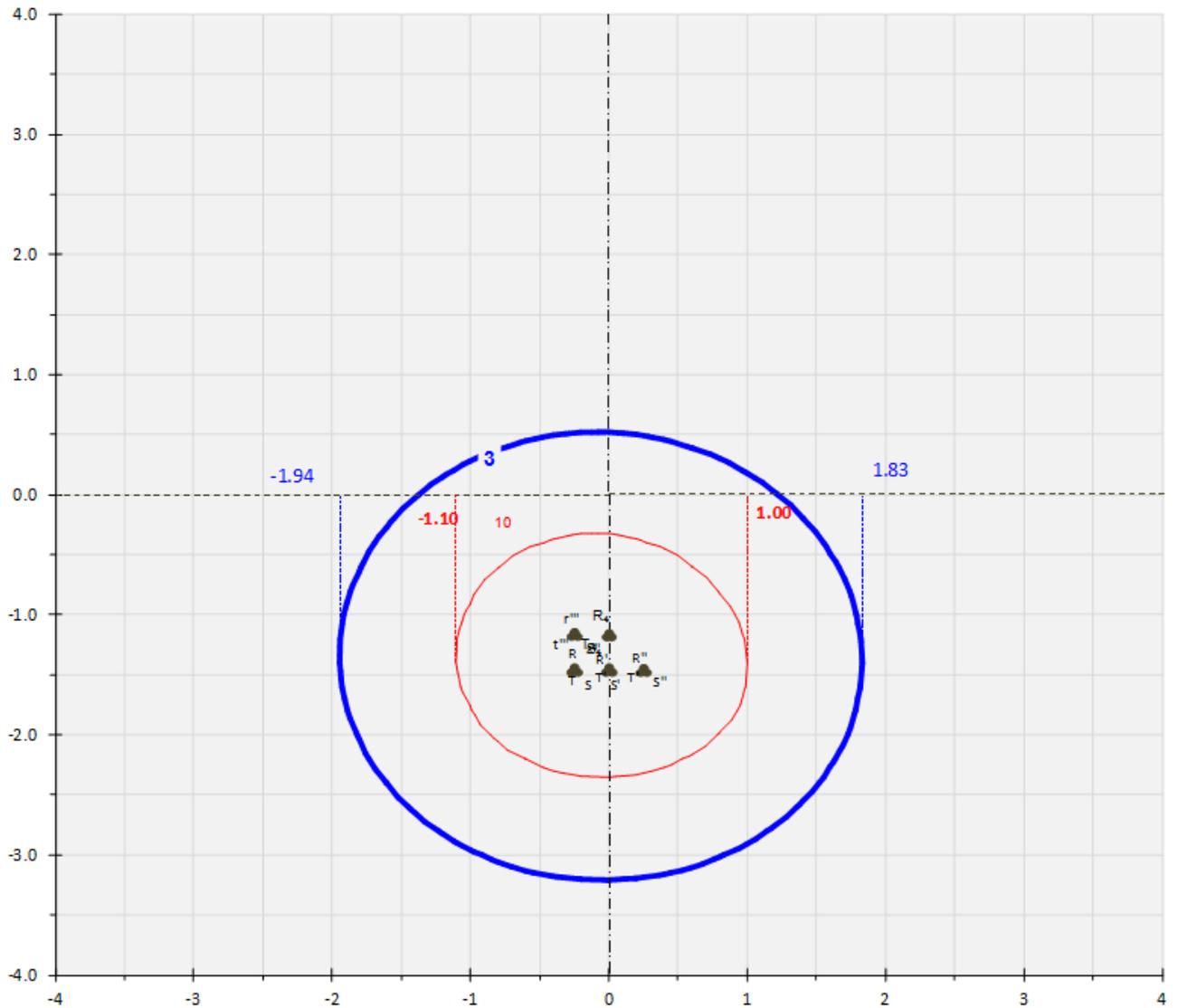


Figura 13: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 8

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	30	45

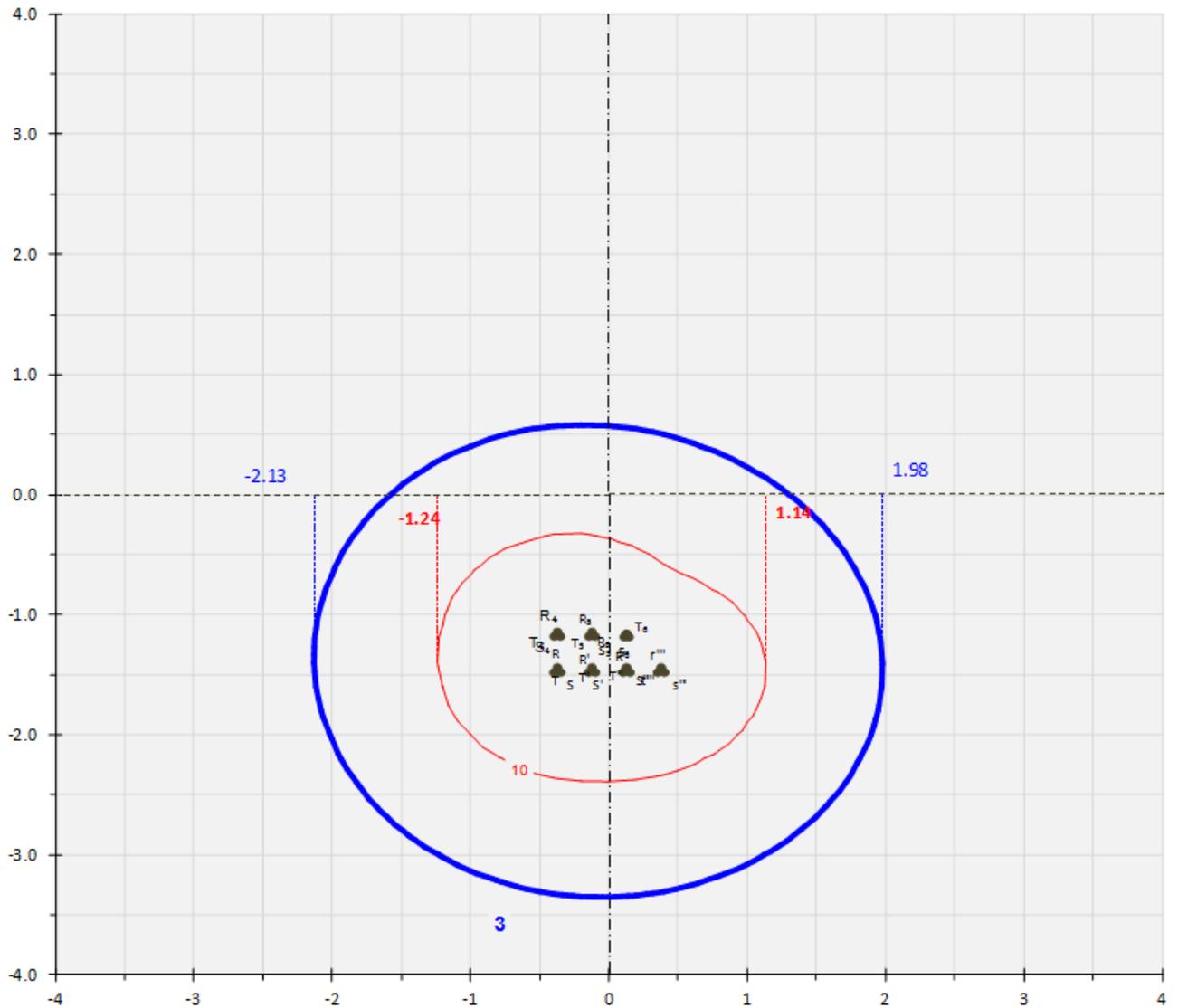


Figura 14: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 9

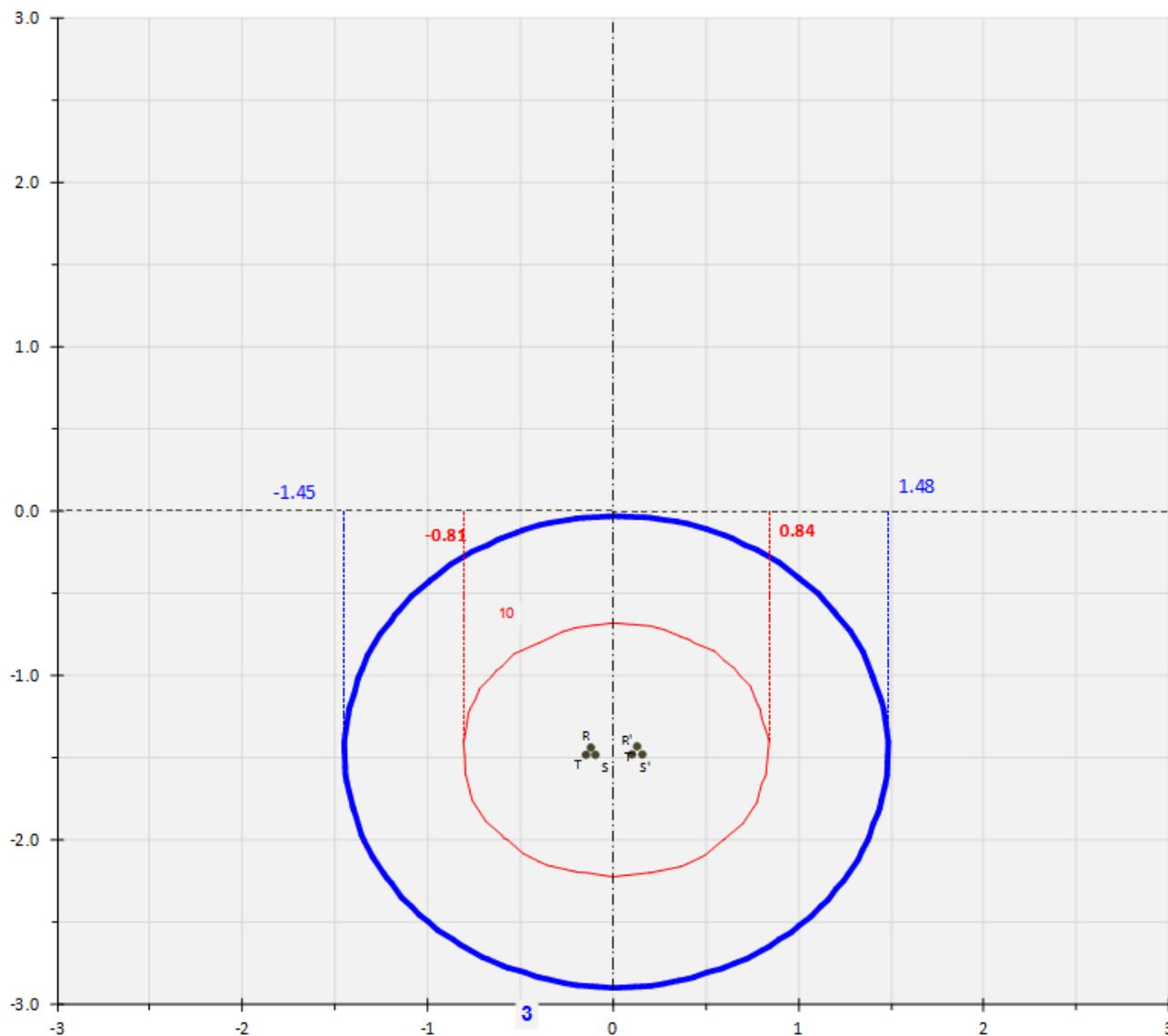


Figura 15: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 10

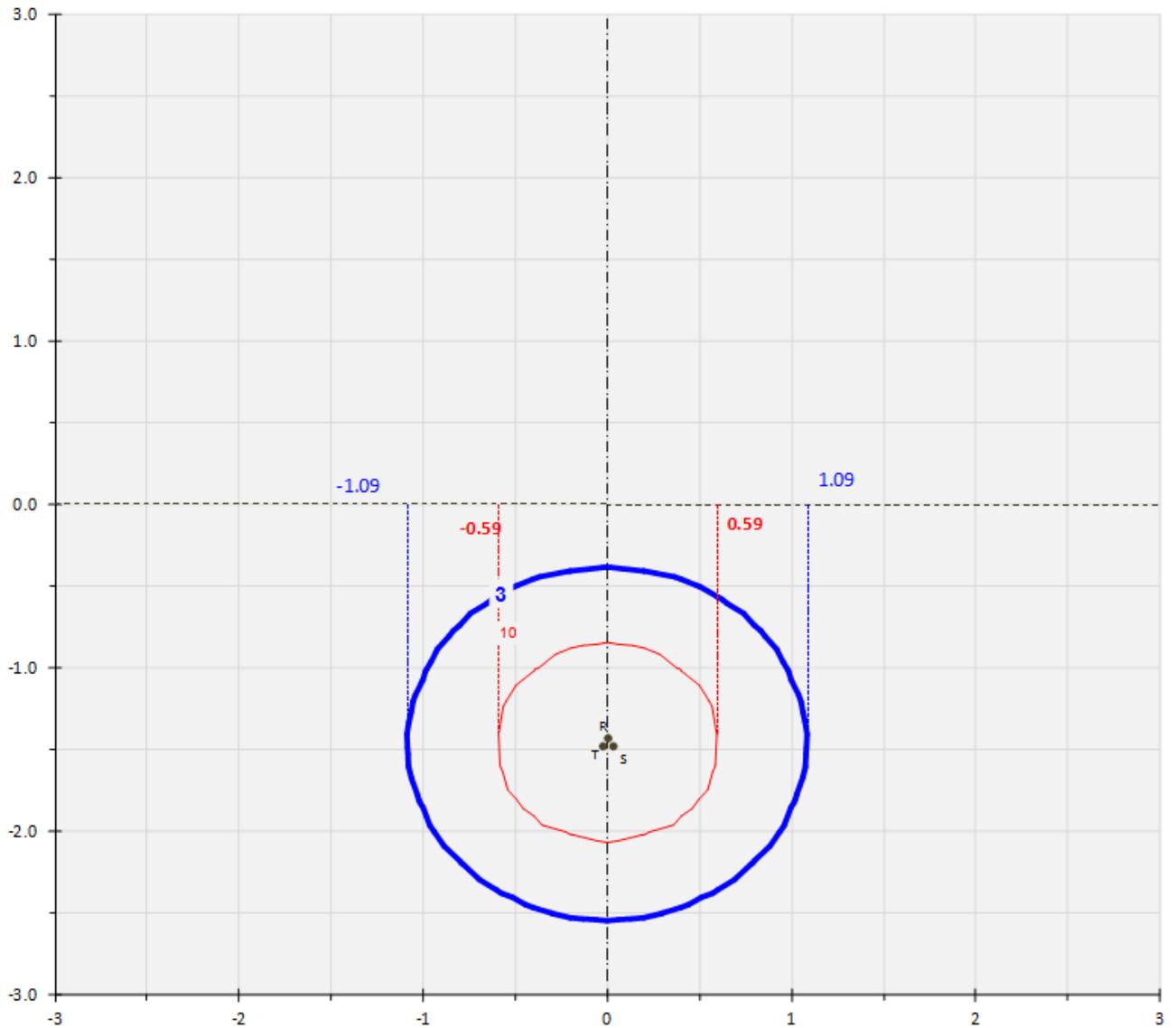


Figura 16: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 11

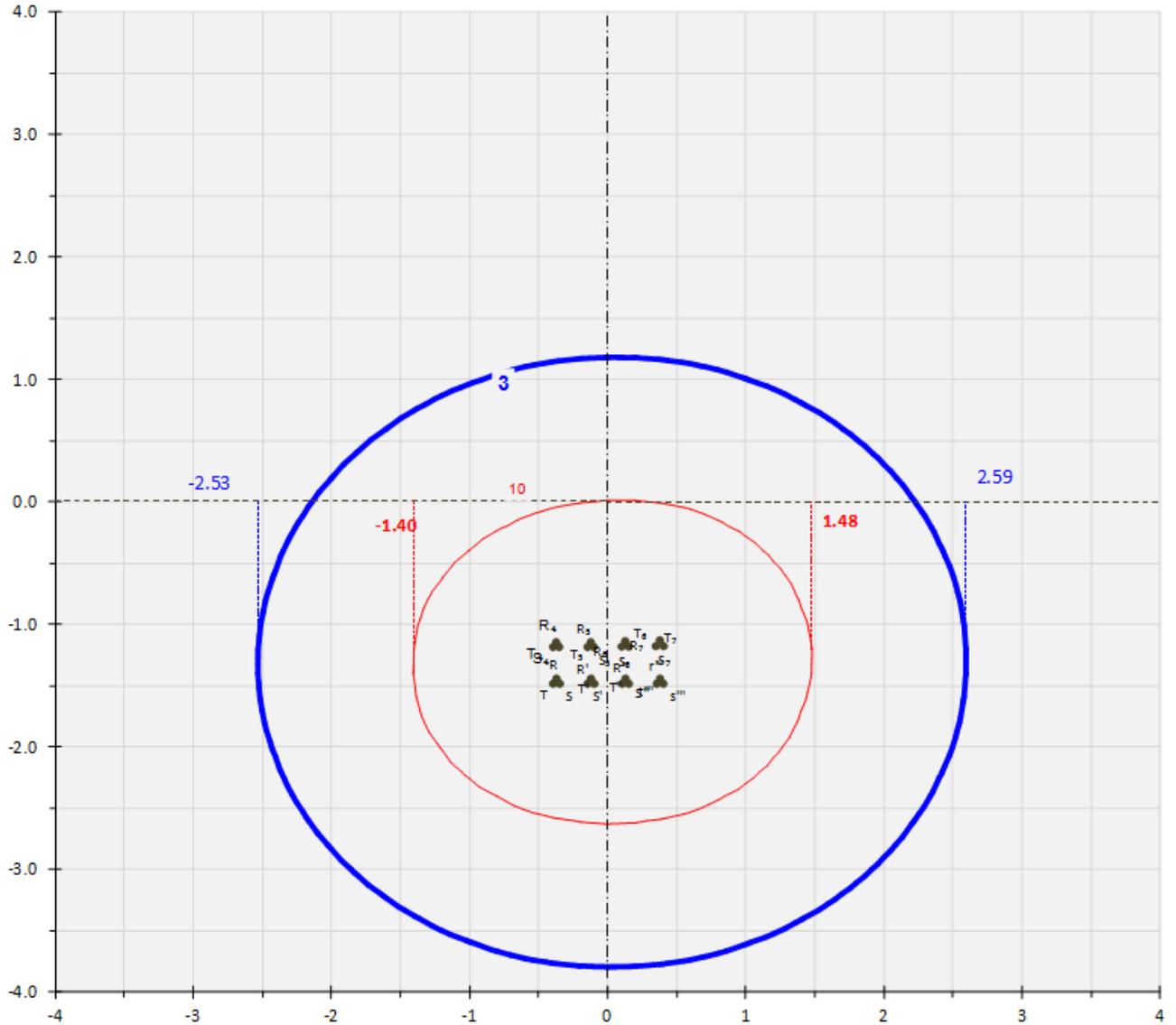


Figura 17: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 12

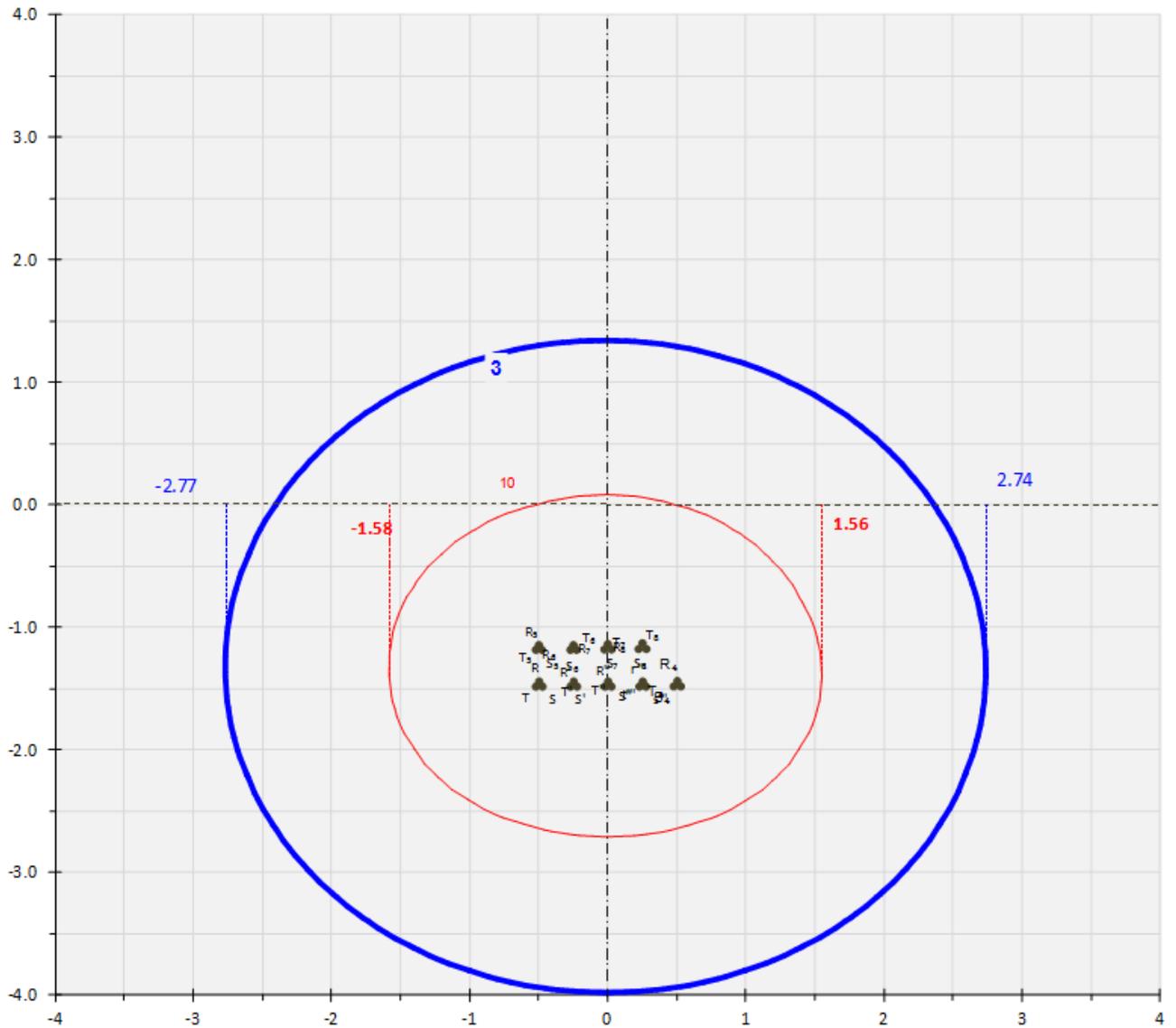


Figura 18: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 13

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	35	45

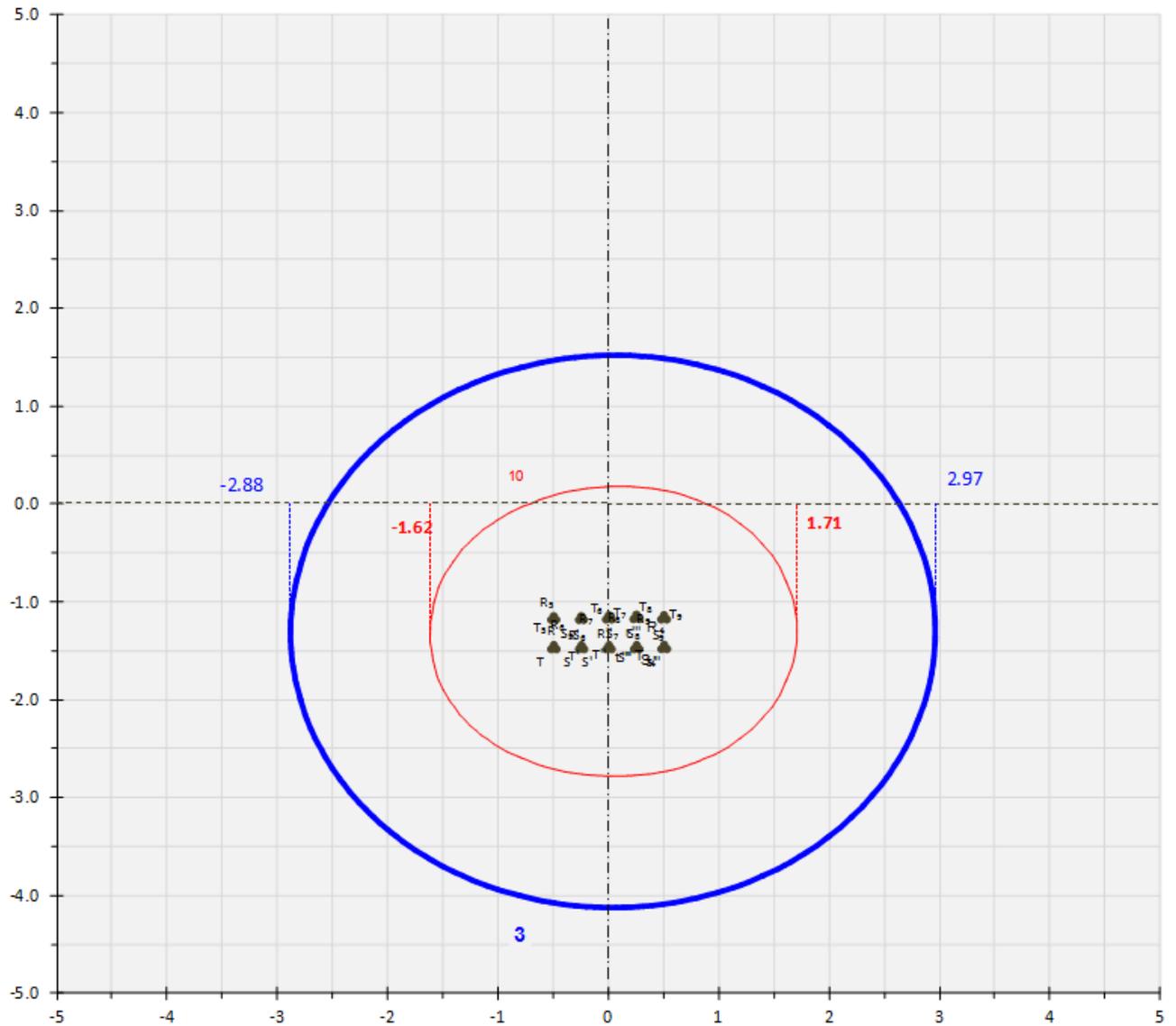


Figura 19: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo per la sezione 14

Tenuto conto del fatto che la DPA deve essere calcolata arrotondando il risultato all'intero superiore si riportano nella seguente tabella i valori di DPA per ciascuna delle sezioni calcolate.

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	36	45



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

Sezione	DPA
Sezione 1	1 m
Sezione 2	1 m
Sezione 3	1 m
Sezione 4	2 m
Sezione 5	1 m
Sezione 6	2 m
Sezione 7	2 m
Sezione 8	2 m
Sezione 9	3 m
Sezione 10	2 m
Sezione 11	2 m
Sezione 12	3 m
Sezione 13	3 m
Sezione 14	3 m

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

Come si può vedere dall'elaborato 064.20.01.W.26 "Inquadrimento su mappa catastale con DPA", il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a 3 μ T in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto **è esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata.**

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	37	45



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 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.

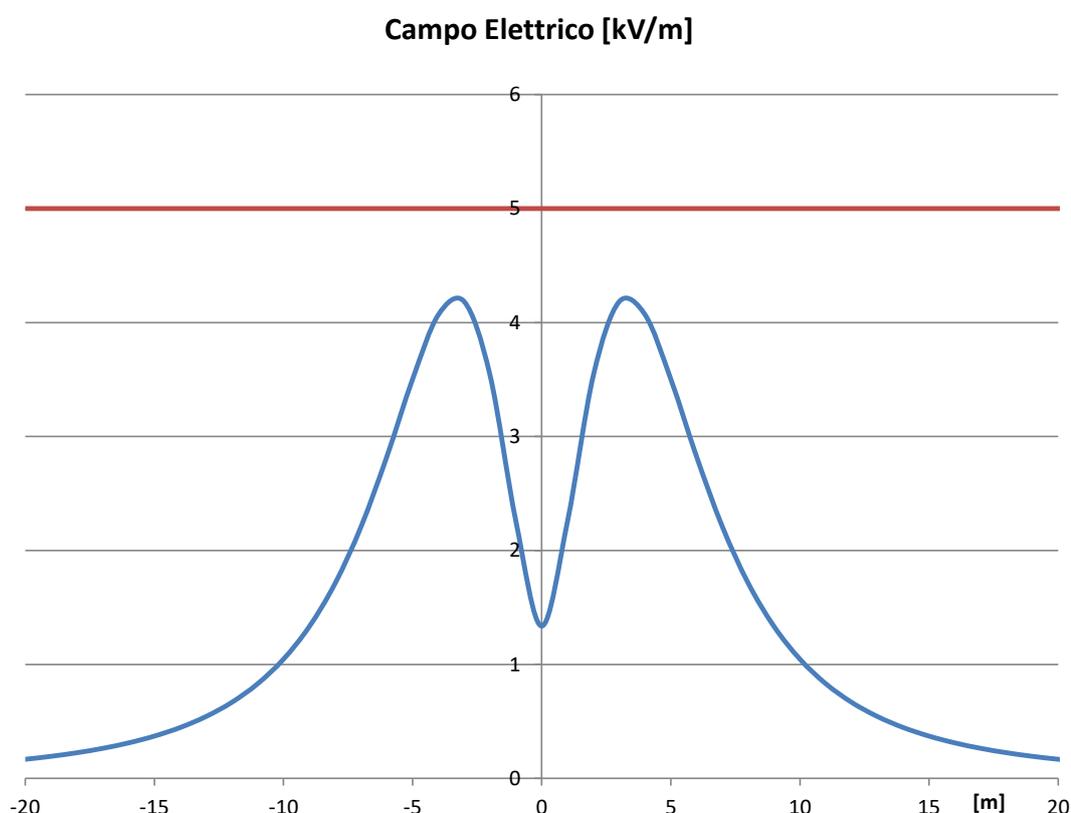


Figura 20: Campo elettrico al suolo generato dallo stallo a 150 kV della stazione di utenza

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle via 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 dello stallo AT della stazione d'utenza.

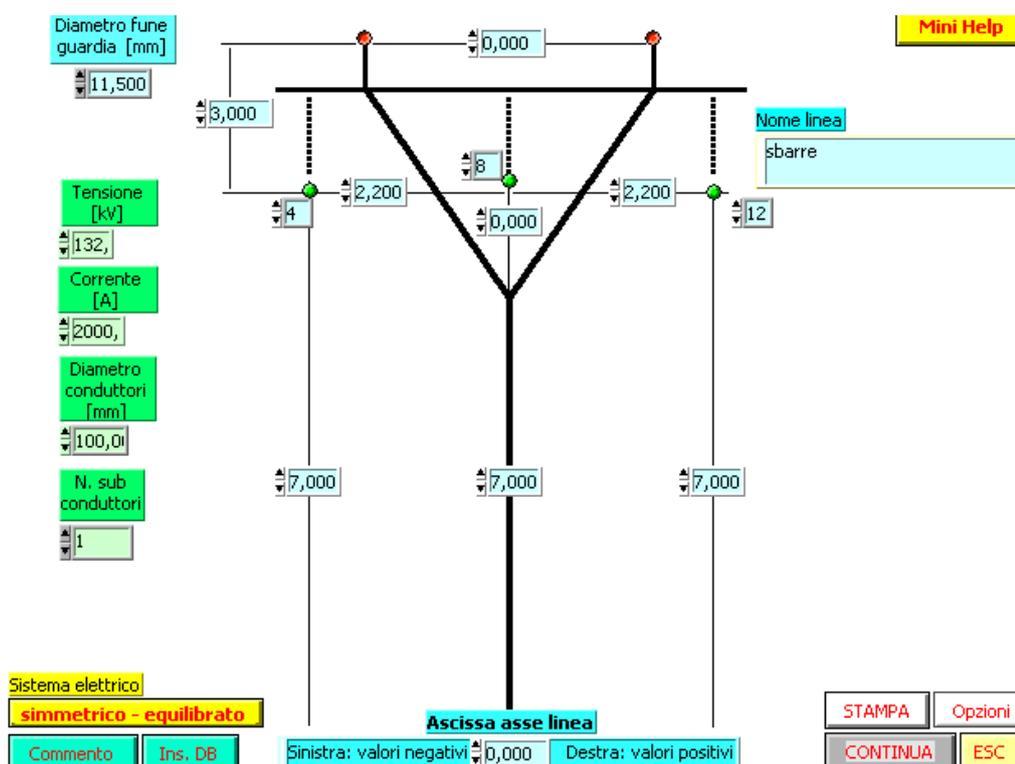


Figura 21: Linea AT con disposizione conduttori in piano assimilabile ad uno stallo a 132/150 kV

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.

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	39	45

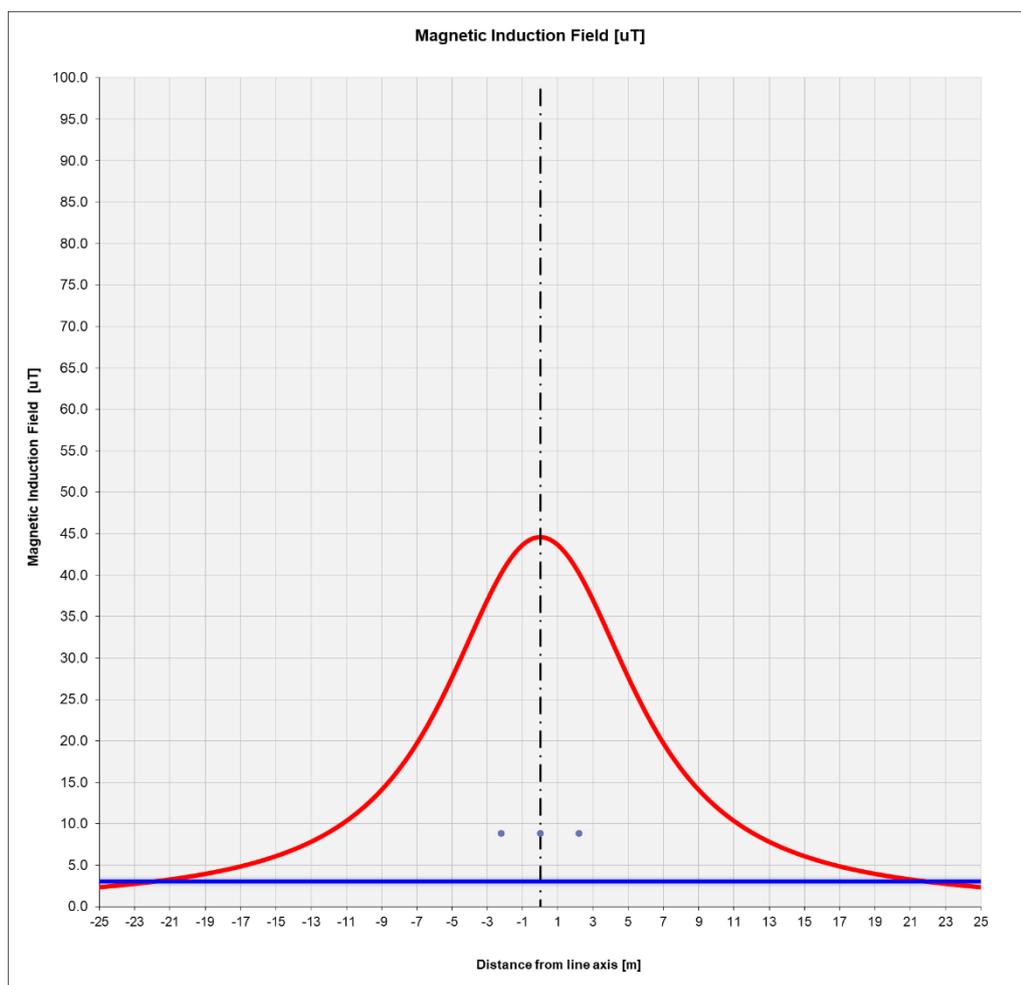


Figura 22: Andamento del campo di induzione magnetica per $I = 2000$ A

Si può notare che ad una distanza di circa 22 m dall'asse dello stallo AT l'induzione magnetica è inferiore al valore di 3 microTesla.

Data la localizzazione della stazione non si rilevano recettori sensibili a distanze inferiori a quella sopra calcolata.



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

OGGETTO / SUBJECT



Ibvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

5.2.3 Linee elettriche in corrente alternata in alta tensione

L'impianto fotovoltaico in oggetto sarà collegato alla Rete di Trasmissione Nazionale tramite elettrodotto aereo a 150 kV dalla stazione di utenza fino alla stazione di rete "Rotello 380". La linea sarà equipaggiata con conduttore alluminio-acciaio D=31,5 mm (S=585 mm²). I dati tecnici del conduttore sono i seguenti:

DATI TECNICI DEL CONDUTTORE DELLA LINEA AEREA 150 kV

Tipo di conduttore	Corda nuda unipolare
Materiale del conduttore	Corda di alluminio con anima in acciaio
Sezione	585 mm ²
Diametro esterno	31,5 mm

Di seguito viene esposto il grafico delle curve isocampo dell'induzione magnetica prodotta dalla linea aerea suddetta su un piano ortogonale all'asse dell'elettrodotto.

Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la portata in servizio normale, pari a 870 A (Norma CEI 11-60).

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	41	45

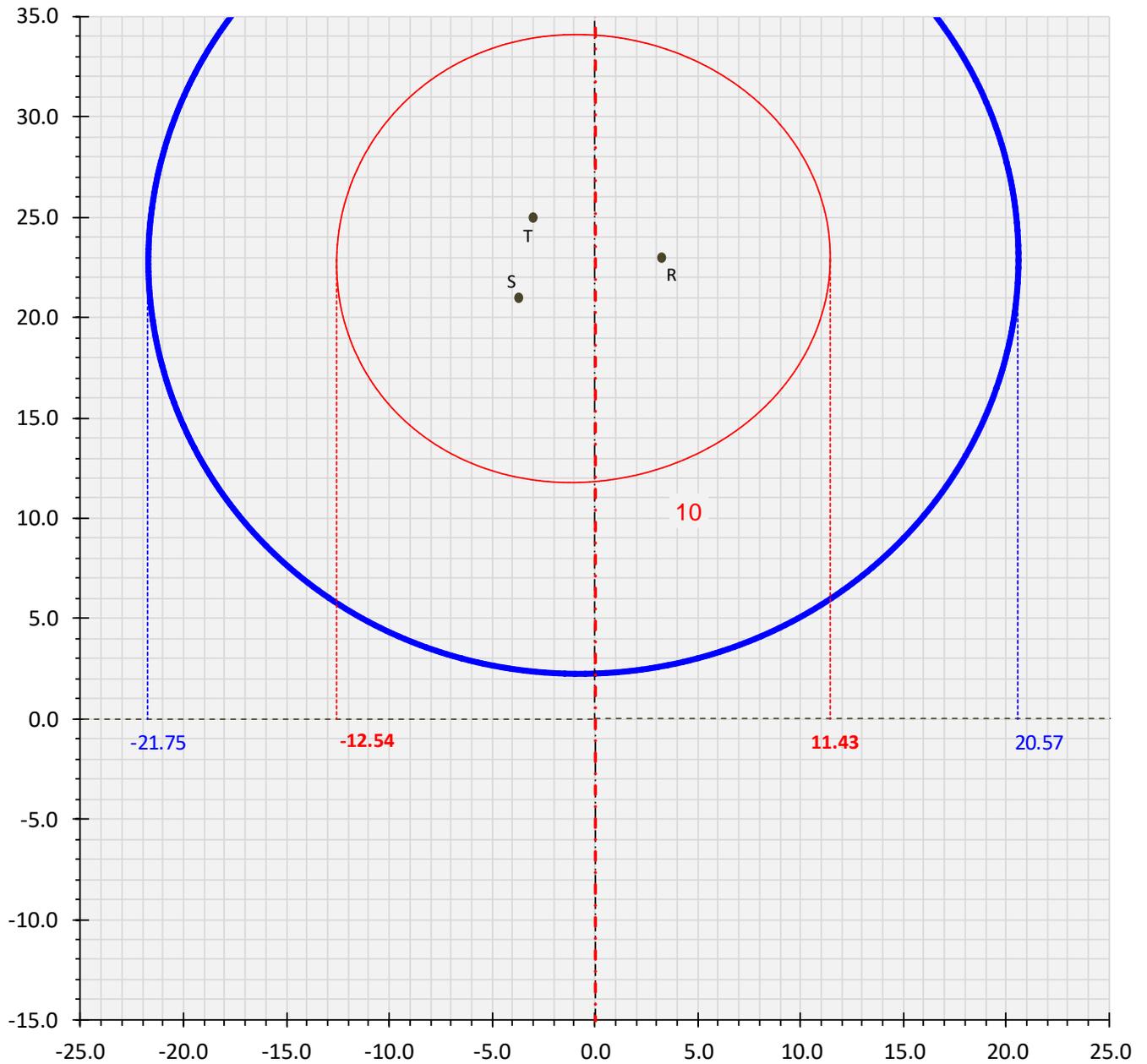


Figura 23: Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea aerea a 150 kV

Dal grafico si ricava il seguente valore della Distanza di Prima Approssimazione:

DPA=22 m.

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	42	45



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

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 $3 \mu\text{T}$, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti MT esterni e del cavidotto AT.

Per quanto riguarda i cavidotti MT; è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva massima di 3 m dalla mezzeria del cavidotto, con un minimo di 1 m.

Trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente o 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 valida per le DPA associate alle cabine di trasformazione, alla stazione di utenza AT/MT e al cavidotto AT, peraltro di lunghezza modesta (circa 2 km).

L'assenza di ricettori sensibili all'interno delle DPA sopra calcolate sono confermate dall'elaborato n°064.20.01.W.26 "Inquadramento su mappa catastale con DPA".

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	43	45



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 dalle parti in tensione.

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; il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o comunque trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche m dalle parti in tensione.

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 quanto concerne i tratti esterni, realizzati mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, è stata calcolata un'ampiezza della DPA pari al massimo a 3 m e con un minimo di 1 m, mentre per il cavidotto AT la DPA calcolata è pari a 22 m: sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione significativa è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	44	45



3E Ingegneria S.r.l.

PISA

Impianto Fotovoltaico "Rotello"
Relazione impatto elettromagnetico

OGGETTO / SUBJECT



lbvi 3 s.r.l.

CLIENTE / CUSTOMER

del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge, nel caso peggiore (trasformatore da 6000 kVA), già a 5 m (DPA) dalla cabina stessa. Analogo ragionamento può essere fatto per la stazione di trasformazione, per cui i valori di campo magnetico al di fuori della recinzione sono sicuramente inferiori ai valori limite di legge. Considerando inoltre 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.

064.20.01.R.03	0	EMISSIONE	Data-Date.	Pag.	TOT.
SIGLA-TAG	REV	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	Dic. 2020	45	45