

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex D. Lgs 152/2006

PROGETTO DEFINITIVO E STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

HUB ENERGETICO **AGNES ROMAGNA 1&2** UBICATO NEL TRATTO DI MARE ANTISTANTE LA COSTA EMILIANO-ROMAGNOLA E NEL COMUNE DI RAVENNA

Titolo:

RELAZIONE TECNICA SU CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI DELLE OPERE TERRESTRI

Codice identificativo:

AGNROM_EP-R_REL-EMF

Proponente:



Agnes S.r.l.
P. IVA: 02637320397



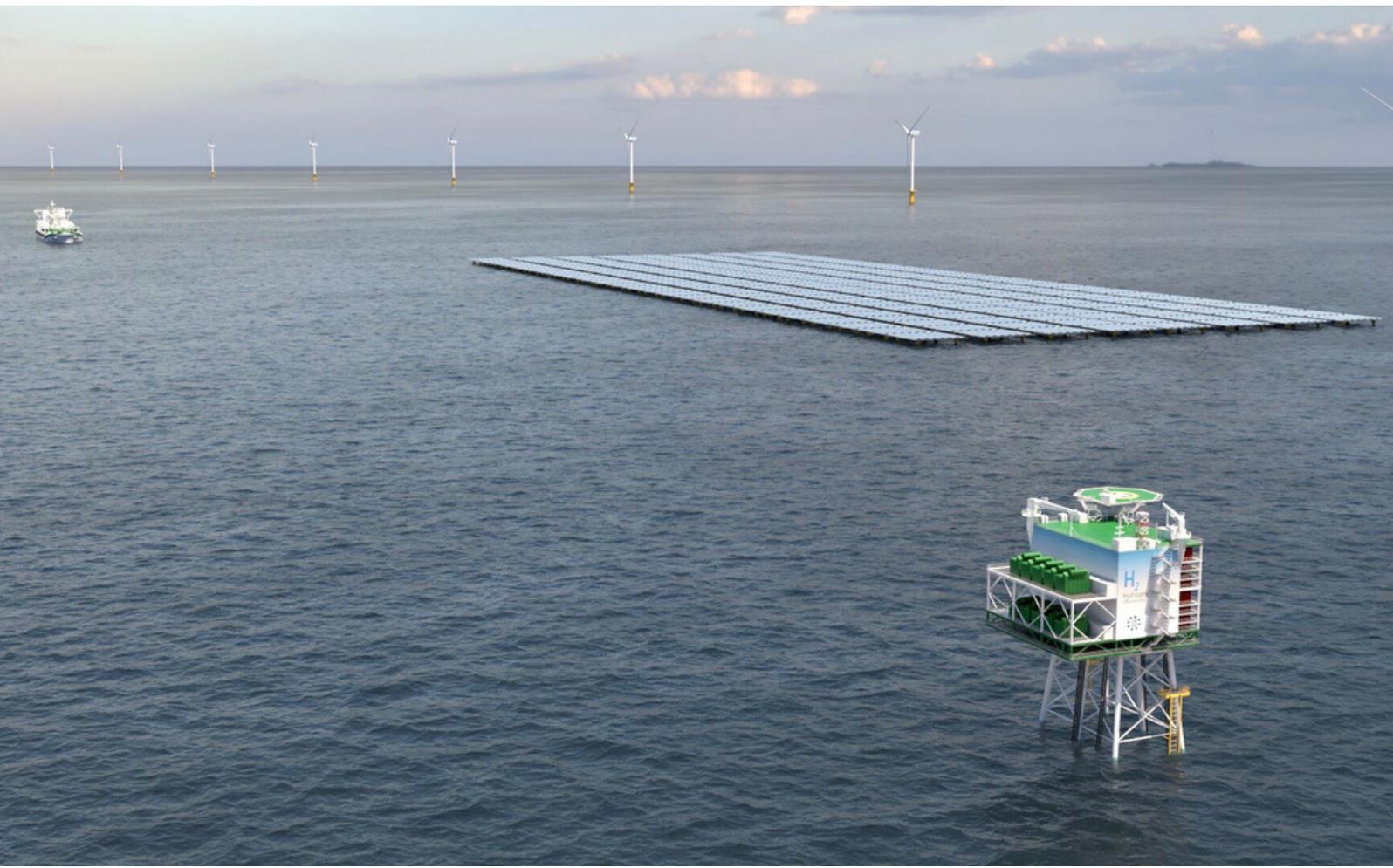
Autore del documento:



CESI S.p.A.
P. IVA: 00793580150



Techfem S.r.l.
P. IVA: 01046640411



DETTAGLI DEL DOCUMENTO

Titolo documento	Relazione tecnica su campi elettrici e magnetici delle opere terrestri
Codice documento	AGNROM_EP-R_REL-EMF
Titolo progetto	Hub energetico Agnes Romagna 1&2
Codice progetto	AGNROM
Data	16/12/2022
Versione	1.0
Autore/i	D. Negri
Tipologia elaborato	Relazione
Cartella	VIA_2
Sezione	Elaborati di progetto
Formato	A4

VERSIONI

1.0	00	D. Negri	A. Rizzi	AGNES	Emissione finale
Ver.	Rev.	Redazione	Controllo	Emissione	Commenti

FIRME DIGITALI



Agnes S.r.l.

Via Del Fringuello 28, 48124 Ravenna (IT)

Questo documento è di proprietà di Agnes S.r.l.
Qualunque riproduzione, anche parziale, è vietata senza la sua preventiva autorizzazione.
Ogni violazione sarà perseguita a termini di legge.



Sommario

1. INTRODUZIONE	3
1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO.....	4
1.2 DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI	4
1.2.1 DEFINIZIONI.....	4
1.2.2 ABBREVIAZIONI.....	5
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1 DOCUMENTI DI PROGETTO.....	6
2.2 ALTRI DOCUMENTI	6
3. CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO	7
4. CALCOLO DELLA DPA	8
4.1 ELETTRDOTTO A 220 KV	8
4.1.1 POSA A TERNE AFFIANCATE.....	8
4.1.2 POSA CON TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.)	9
4.1.3 BUCA GIUNTI.....	10
4.2 ELETTRDOTTO A 380 KV	12
4.2.1 POSA A CONDUTTORI AFFIANCATI	12
4.2.2 POSA CON TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA (T.O.C.)	13
4.2.3 BUCA GIUNTI.....	14
4.3 STAZIONE ELETTRICA "AGNES RAVENNA PORTO"	15
4.3.1 COLLEGAMENTO AI REATTORI A 220 KV.....	18
4.3.2 COLLEGAMENTO AI REATTORI A 220 KV.....	19
5. ANALISI DELLE POTENZIALI CRITICITÀ LUNGO IL PERCORSO.....	20
5.1 ELETTRDOTTO 220 KV.....	20
5.1.1 SCHERMATURA CON LASTRE DI ALLUMINIO.....	21
5.2 ELETTRDOTTO 380 KV.....	22
5.2.1 CASO A	23
5.2.2 CASO B.....	24
5.2.3 CASO C.....	24
5.2.4 CASO D	25
6. CONCLUSIONI.....	27
6.1 RIASSUNTO DPA	27
6.2 CONCLUSIONI GENERALI	27



Indice delle figure

FIGURA 4.1: CONFIGURAZIONE DI POSA DELL'ELETTRODOTTO A 220 kV SU STRADA EXTRAURBANA E IN TERRENO AGRICOLO.....	8
FIGURA 4.2: CURVA ISOLIVELLO DEL CAMPO MAGNETICO A 3 μ T IN UNA SEZIONE LONGITUDINALE ALLA CONFIGURAZIONE DI POSA DESCRITTA IN FIGURA 4.1.....	9
FIGURA 4.3: CONFIGURAZIONE DI POSA DELL'ELETTRODOTTO A 220 kV CON T.O.C.	10
FIGURA 4.4: CURVA ISOLIVELLO DEL CAMPO MAGNETICO A 3 μ T IN UNA SEZIONE LONGITUDINALE ALLA CONFIGURAZIONE DI POSA DESCRITTA IN FIGURA 4.3.....	10
FIGURA 4.5: SEZIONE BUCA GIUNTI E LINEA AFFIANCATA	11
FIGURA 4.6: CURVA ISOLIVELLO DEL CAMPO MAGNETICO A 3 μ T IN UNA SEZIONE LONGITUDINALE ALLA CONFIGURAZIONE DI POSA DESCRITTA IN FIGURA 4.5.....	11
FIGURA 4.7: CONFIGURAZIONE DI POSA DELL'ELETTRODOTTO A 380 kV SU STRADA EXTRAURBANA E IN TERRENO AGRICOLO.....	12
FIGURA 4.8: CURVA ISOLIVELLO DEL CAMPO MAGNETICO A 3 μ T IN UNA SEZIONE LONGITUDINALE ALLA CONFIGURAZIONE DI POSA DESCRITTA IN FIGURA 4.7.....	13
FIGURA 4.9: CONFIGURAZIONE DI POSA DELL'ELETTRODOTTO A 380 kV CON T.O.C.	13
FIGURA 4.10: CURVA ISOLIVELLO DEL CAMPO MAGNETICO A 3 μ T IN UNA SEZIONE LONGITUDINALE ALLA CONFIGURAZIONE DI POSA DESCRITTA IN FIGURA 4.9....	14
FIGURA 4.11: SEZIONE BUCA GIUNTI A 380 kV	14
FIGURA 4.12: CURVA ISOLIVELLO DEL CAMPO MAGNETICO A 3 μ T IN UNA SEZIONE LONGITUDINALE ALLA CONFIGURAZIONE DI POSA DESCRITTA IN FIGURA 4.11..	15
FIGURA 4.13: LAYOUT DELL'AREA DELLA SSE "AGNES RAVENNA PORTO" CON I COLLEGAMENTI IN CORDA NUDA AI REATTORI A 220 kV.....	16
FIGURA 4.14: SEZIONE DELL'AREA DELLA SSE "AGNES RAVENNA PORTO" CON I COLLEGAMENTI IN CORDA NUDA AI REATTORI A 220 kV.....	17
FIGURA 4.15: LAYOUT DELL'AREA DELLA SSE "AGNES RAVENNA PORTO" CON I COLLEGAMENTI IN CORDA NUDA AI REATTORI A 380 kV.....	17
FIGURA 4.16: SEZIONE DELL'AREA DELLA SSE "AGNES RAVENNA PORTO" CON I COLLEGAMENTI IN CORDA NUDA AI REATTORI A 380 kV.....	18
FIGURA 4.17: CURVA ISOLIVELLO DEL CAMPO MAGNETICO A 3 μ T IN UNA SEZIONE LONGITUDINALE AI CONDUTTORI CONNESSI AI REATTORI A 220 kV. IN ROSSO È RIPORTATA L'ESTENSIONE DELLA STAZIONE IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE DI CALCOLO.	18
FIGURA 4.18: CURVA ISOLIVELLO DEL CAMPO MAGNETICO A 3 μ T IN UNA SEZIONE LONGITUDINALE AI CONDUTTORI CONNESSI AI REATTORI A 380 kV. IN ROSSO È RIPORTATA L'ESTENSIONE DELLA STAZIONE IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE DI CALCOLO.	19
FIGURA 5.1: ANALISI DELLE POTENZIALI CRITICITÀ LUNGO L'ELETTRODOTTO 220 kV	20
FIGURA 5.2: CURVA ISOLIVELLO DEL CAMPO MAGNETICO A 3 μ T IN UNA SEZIONE LONGITUDINALE ALLA CONFIGURAZIONE DI POSA DESCRITTA IN FIGURA 4.1 CON DUE SCHERMI A U ROVESCIATA SU CIASCUNA TERNA DI CAVI.....	22
FIGURA 5.3: ANALISI DELLE POTENZIALI CRITICITÀ LUNGO L'ELETTRODOTTO 380 kV.	23
FIGURA 5.4: CASOLARE DISABITATO (POTENZIALE INTERFERENZA CASO A).	23
FIGURA 5.5: CABINA ELETTRICA ED EDIFICIO NON ABITATIVO (POTENZIALE INTERFERENZA CASO B).	24
FIGURA 5.6: EDIFICIO ABITATIVO (POTENZIALE INTERFERENZA CASO C).....	25
FIGURA 5.7: EDIFICIO AD USO AGRICOLO (POTENZIALE INTERFERENZA CASO D).	26

Indice delle tabelle

TABELLA 1: RIASSUNTO DELLE DPA CALCOLATE PER LE DIVERSE CONFIGURAZIONI	27
--	----



1. INTRODUZIONE

Il Progetto Romagna 1&2 è relativo alla installazione e messa in esercizio di un hub energetico localizzato in parte nel tratto di mare antistante la costa emiliano-romagnola e in parte nell'area del Comune di Ravenna. Agnes S.r.l. è la società ideatrice e proponente del progetto, con sede a Ravenna (RA).

L'hub presenta caratteristiche altamente innovative, in primis l'integrazione di impianti a mare di produzione di energia da fonte solare ed eolica, la cui elettricità viene trasmessa a terra per tre diverse finalità tra loro non mutualmente esclusive:

1. immissione nella Rete di Trasmissione Nazionale;
2. stoccaggio in sistemi di immagazzinamento con batterie agli ioni di litio;
3. produzione di idrogeno verde per mezzo del processo di elettrolisi.

Agnes S.r.l., nell'espletamento dei servizi sopra indicati, intende perseguire i seguenti obiettivi generali:

- assicurare che il servizio sia erogato con carattere di sicurezza, affidabilità e continuità nel breve, medio e lungo periodo, nel rispetto degli atti di indirizzo emanati dal Ministero e delle direttive impartite dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas;
- concorrere a promuovere, nell'ambito delle sue competenze e responsabilità, la tutela dell'ambiente e la sicurezza degli impianti.

Le opere del Progetto sono nello specifico:

- un impianto eolico off-shore composto da 25 aerogeneratori da 8 MWp cadauno, per una capacità complessiva di 200 MWp ("Romagna 1");
- un impianto eolico off-shore composto da 50 aerogeneratori da 8 MWp cadauno, per una capacità complessiva di 400 MWp ("Romagna 2");
- un impianto fotovoltaico da 100 MWp di tipologia galleggiante;

ed opere di connessione costituite da:

- due stazioni elettriche di trasformazione 66/220 kV off-shore;
- una stazione elettrica di trasformazione 380/220/30/0,4 kV on-shore (SSE Agnes Ravenna Porto) con opere connesse tra cui un impianto di accumulo di energia di potenza pari a 50 MW e capacità fino a 200 MWh ed un impianto di produzione idrogeno per mezzo di elettrolizzatori;
- elettrodotti marini di inter-array da 66 kV ed export da 220kV, una buca giunti terra-mare per cavi export da 220 kV, cavi export terrestri a 220 kV per la trasmissione dell'energia generata dagli impianti eolici e fotovoltaico alla SSE Agnes Ravenna Porto e da questa, mediante cavi export terrestri a 380 kV alla Stazione Elettrica Terna "La Canala", individuata come punto di connessione alla RTN.

La società proponente ha iniziato a svolgere analisi di fattibilità tecnico-economiche dal 2017 e da allora sono stati compiuti notevoli sforzi di progettazione per gestire le complessità dettate dalle innovazioni



tecnologiche proprie degli impianti e maturare le scelte tecniche in base alle esigenze e gli input degli stakeholder.

Nel gennaio del 2021 Agnes ha avviato ufficialmente l'iter di autorizzazione del Progetto, ai sensi dell'art. 12 del D.lgs 387/2003 e secondo quanto disposto dalla circolare n. 40/2012 del MIT (ora MIMS). È stata superata con esito positivo la prima fase del complesso iter, ovvero l'istruttoria di Concessione Demaniale Marittima ai sensi dell'art. 36 del Codice Della Navigazione, in cui hanno espresso parere circa 30 enti, nessuno dei quali è risultato negativo o ostativo.

La società ha quindi proceduto con l'avanzamento dell'istanza di Valutazione di Impatto Ambientale (D. Lgs 152/2006), basata sullo Studio d'Impatto Ambientale e del Progetto con livello di approfondimento Definitivo, dei quali questo documento risulta parte.

1.1 Scopo del documento

Il presente documento ha lo scopo di descrivere le attività svolte per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti a 220 kV in doppia terna e a 380 kV in singola terna e per la SSE "Agnes Ravenna Porto" che fanno parte del progetto Agnes Romagna 1&2 descritto sommariamente nella sezione precedente di questo documento.

Le attività sono state svolte in accordo con il DM 29/05/2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti". In particolare, sono state calcolate le distanze di prima approssimazione (DPA) per ciascuna tipologia di elettrodotto nelle configurazioni di posa in trincea, in trivellazione orizzontale controllata (TOC) e in buca giunti. Per la SSE "Agnes Ravenna Porto" sono state calcolate le DPA relative ai collegamenti tra i reattori a 380 kV e 220 kV e i passanti SF6/Aria. Infatti, il resto della stazione è costituito da elementi blindati isolati in SF6 che generano un campo magnetico trascurabile.

Il calcolo del campo elettrico generato dai cavi interrati e dagli elementi blindati nella stazione non è stato effettuato perché la presenza della guaina metallica e della blindatura garantiscono la schermatura del campo prodotto.

Per quanto riguarda il campo elettrico generato dai collegamenti tra i reattori a 380 kV e 220 kV e i passanti SF6/Aria nella SSE "Agnes Ravenna Porto", la distanza dei conduttori dal confine della stazione garantisce il rispetto del limite di esposizione pari a 5 kV/m nelle aree esterne alla stazione.

1.2 Definizioni e abbreviazioni

L'hub energetico proposto è generalmente localizzato nell'Italia del Nord Est, in area sia marina che terrestre. Nei paragrafi successivi si propone una descrizione delle due aree con una sintesi delle opere destinate all'installazione.

1.2.1 Definizioni

In questo documento verranno applicati i seguenti termini:



COMMITTENTE	Agnes S.r.l.
PROGETTISTA / CONTRATTORE	Associazione temporanea di imprese Techfem S.p.A. / CESI S.p.A., responsabile del progetto definitivo.
PROGETTO	Hub Agnes Romagna 1&2 localizzato nel tratto di mare antistante la costa emiliano-romagnola e nel Comune di Ravenna

1.2.2 *Abbreviazioni*

CEI	Comitato Elettrotecnico Italiano
DPA	Distanza di Prima Approssimazione
EMF	ElectroMagnetic Field
SSE	Sottostazione Elettrica
TOC	Trivellazione Orizzontale Controllata



2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Di seguito la documentazione di riferimento considerata per lo sviluppo della presente relazione.

2.1 Documenti di progetto

[1]	AGNROM_EP-D_INQ-CTR-TERRA	Inquadramento delle opere terrestri su CTR
[2]	AGNROM_EP-R_REL-LTEC-TERRA	Relazione tecnica dei cavidotti terrestri 220 kV
[3]	AGNROM_EP-R_REL-HTEC-TERRA	Relazione tecnica dei cavidotti terrestri 380 kV
[4]	AGNROM_EP-R_REL-SSRP terrestre	Relazione tecnica della sottostazione elettrica terrestre
[5]	AGNROM_EP-D_PLA-SSRP-ELEMEC	SSE 220/380kV - Planimetria elettromeccanica
[6]	AGNROM_EP-D_UNIF-OPERE-TERRA degli impianti BESS e di idrogeno	Schema elettrico unifilare della SSE 220/380 kV e degli impianti BESS e di idrogeno
[7]	AGNROM_EP-D_INQ-LTEC-DPA	Cavidotto 220kV - Planimetria catastale con DPA
[8]	AGNROM_EP-D_INQ-HTEC-DPA	Cavidotto 380kV - Planimetria catastale con DPA

2.2 Altri documenti

- [9] Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- [10] 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"



3. CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Il calcolo della DPA è stato eseguito in accordo con il Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008) che introduce una procedura semplificata (§ 5.1.3), per il calcolo della DPA ai sensi della guida CEI 106-11 che fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli, secondo il quale il proprietario/gestore deve:

1. calcolare la fascia di rispetto per l'elettrodotto;
2. proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
3. comunicare l'estensione rispetto alla proiezione al centro linea: tale distanza (DPA) sarà adottata in modo costante lungo tutto l'elettrodotto.

Allo scopo di predire i valori di campo magnetico associabili all'impianto in progetto, è stato realizzato il modello elettrico bidimensionale degli elettrodotti e dei circuiti elettrici di stazione utilizzando il codice di calcolo "EMF-Tools", sviluppato dal CESI, per il calcolo dei campi magnetici a frequenza industriale generati da elementi circuitali in configurazione bidimensionale.

Il codice di calcolo sopra citato rappresenta ogni conduttore del circuito elettrico simulato come un insieme di segmenti di lunghezza finita disposti in modo tale da approssimare anche eventuali andamenti non rettilinei. L'applicazione della legge di "Biot-Savart" ai conduttori di lunghezza finita, congiuntamente all'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti, consente la determinazione del campo magnetico in ogni punto dello spazio.

Il modello è stato validato per confronto sia con i risultati sperimentali disponibili in letteratura sia con quelli ottenuti mediante formule analitiche approssimate (valevoli cioè solo per assegnate distribuzioni bidimensionali dei conduttori) evidenziando una buona corrispondenza fra misure e simulazioni ed un buon accordo fra i valori del campo calcolati con i due metodi.



4. CALCOLO DELLA DPA

Nei paragrafi seguenti vengono presentati i risultati dei calcoli della DPA per ciascuna tipologia di posa per ciascun elettrodotto.

Per ciascuna configurazione di posa viene calcolata la proiezione a terra della curva isolivello del campo magnetico a $3 \mu\text{T}$. La distanza dall'asse dell'elettrodotto (o dall'asse della buca giunti) è assunta come DPA.

4.1 Elettrodotto a 220 kV

4.1.1 Posa a terne affiancate

In Figura 4.1 è riportato lo schema di posa per l'elettrodotto a 220 kV su strada extraurbana e in terreno agricolo. Il cavo utilizzato ha diametro 131 mm e la portata in corrente utilizzata per il calcolo della DPA è pari a 1445 A per ciascuna delle due linee costituenti l'elettrodotto.

In Figura 4.2 è riportato il calcolo del campo magnetico generato in una sezione verticale perpendicolare all'elettrodotto da cui si deduce che la DPA è pari a **5.6 m** rispetto all'asse dell'elettrodotto

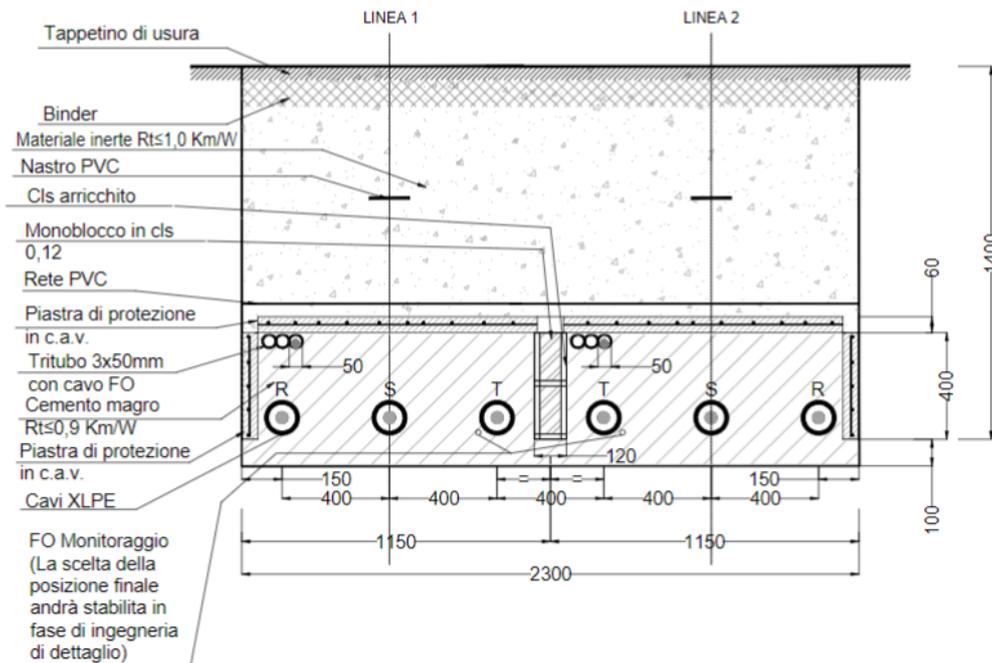


Figura 4.1: Configurazione di posa dell'elettrodotto a 220 kV su strada extraurbana e in terreno agricolo.

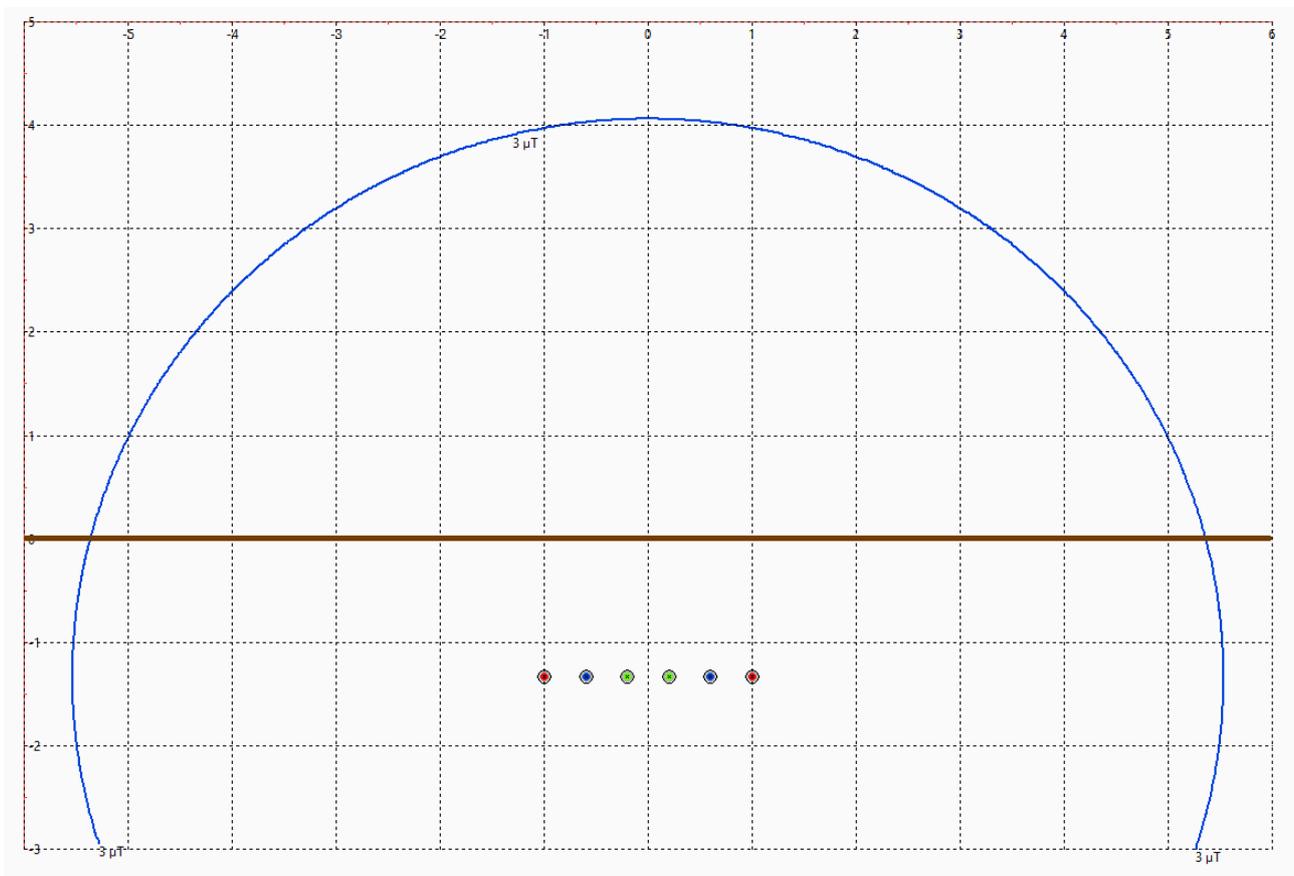


Figura 4.2: Curva isolivello del campo magnetico a $3 \mu\text{T}$ in una sezione longitudinale alla configurazione di posa descritta in Figura 4.1

4.1.2 Posa con trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)

In Figura 4.3 è riportato lo schema di posa per l'elettrodotto a 220 kV con T.O.C. Anche in questo caso il cavo utilizzato ha diametro 131 mm e la portata in corrente utilizzata per il calcolo della DPA è pari a 1445 A per ciascuna delle due linee costituenti l'elettrodotto.

In Figura 4.4 è riportato il calcolo del campo magnetico generato in una sezione verticale perpendicolare all'elettrodotto da cui si deduce che la DPA è pari a **24.4 m** rispetto al centro dei cavi.

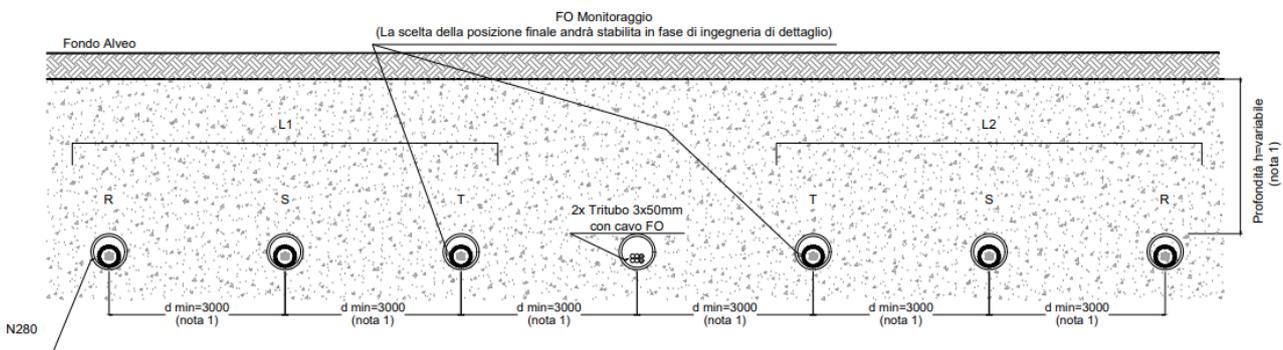


Figura 4.3: Configurazione di posa dell'elettrodotto a 220 kV con T.O.C.

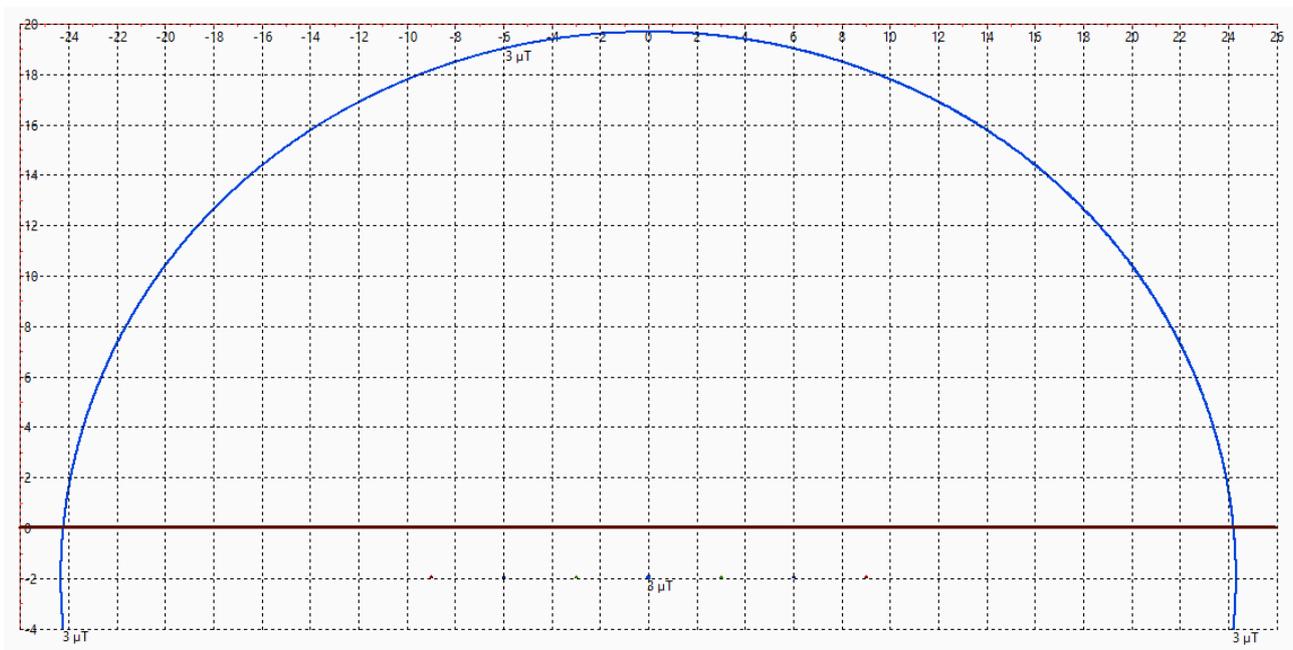


Figura 4.4: Curva isolivello del campo magnetico a 3 μT in una sezione longitudinale alla configurazione di posa descritta in Figura 4.3.

4.1.3 Buca giunti

In Figura 4.5 è riportato lo schema di posa per l'elettrodotto a 220 kV nella buca giunti con la linea in cavo affiancata. Anche in questo caso il cavo utilizzato ha diametro 131 mm e la portata in corrente utilizzata per il calcolo della DPA è pari a 1445 A per ciascuna delle due linee costituente l'elettrodotto.

In Figura 4.6 è riportato il risultato del calcolo del campo magnetico generato in una sezione verticale perpendicolare all'elettrodotto da cui si deduce che la DPA è pari a **12.1 m** sul lato della buca giunti e **13.7 m** sul lato del cavo rispetto al centro della buca giunti.

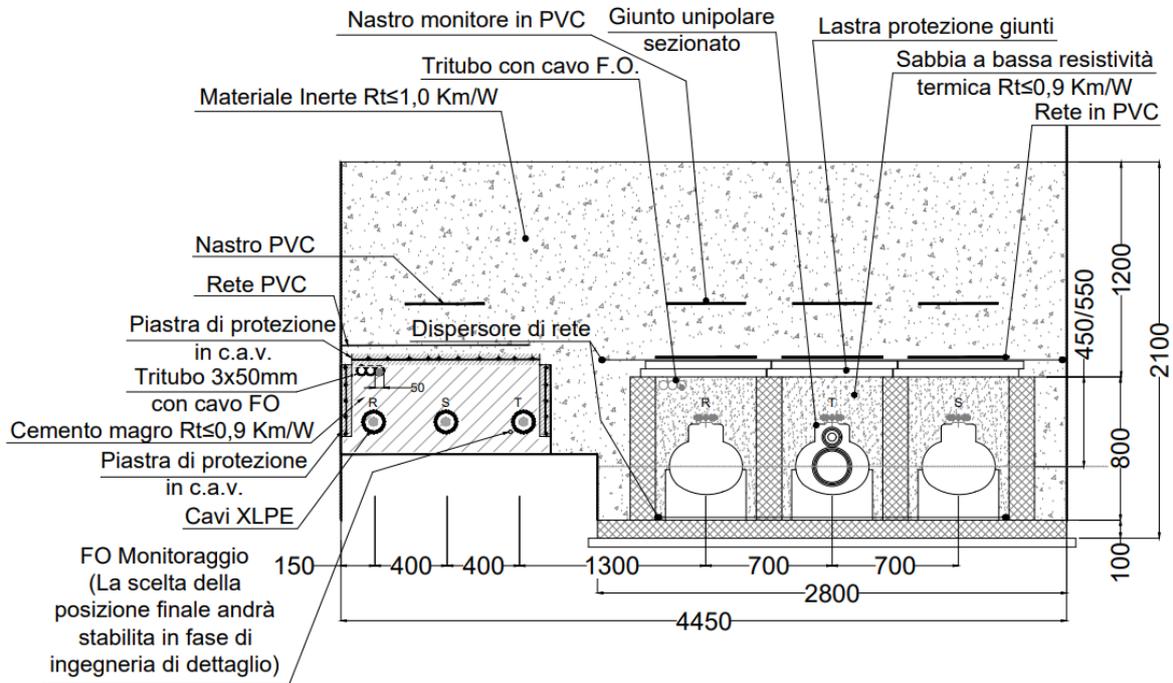


Figura 4.5: Sezione buca giunti e linea affiancata

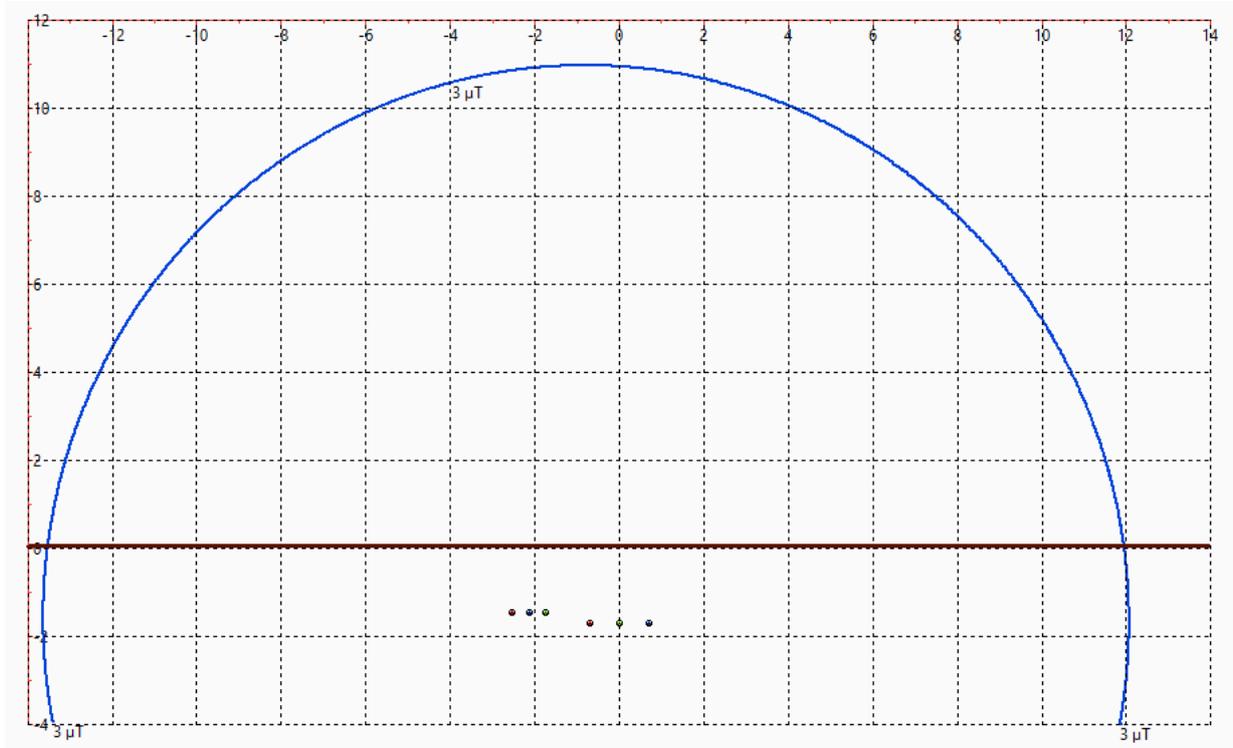


Figura 4.6: Curva isolivello del campo magnetico a 3 μ T in una sezione longitudinale alla configurazione di posa descritta in Figura 4.5.



4.2 Elettrodotto a 380 kV

4.2.1 Posa a conduttori affiancati

In Figura 4.7 è riportato lo schema di posa per l'elettrodotto a 380 kV su strada extraurbana e in terreno agricolo. Il cavo utilizzato ha diametro 139 mm e la portata in corrente utilizzata per il calcolo della DPA è pari a 1673 A.

In Figura 4.8 è riportato il calcolo del campo magnetico generato in una sezione verticale perpendicolare all'elettrodotto da cui si deduce che la DPA è pari a **9.9 m** rispetto all'asse dell'elettrodotto.

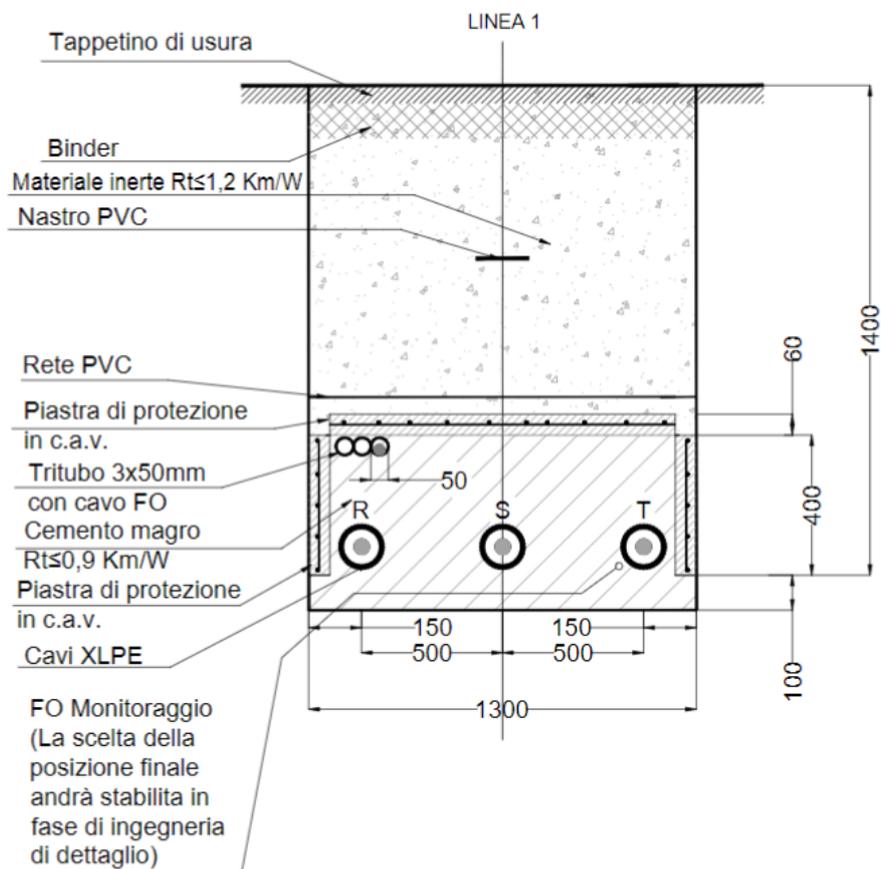


Figura 4.7: Configurazione di posa dell'elettrodotto a 380 kV su strada extraurbana e in terreno agricolo.

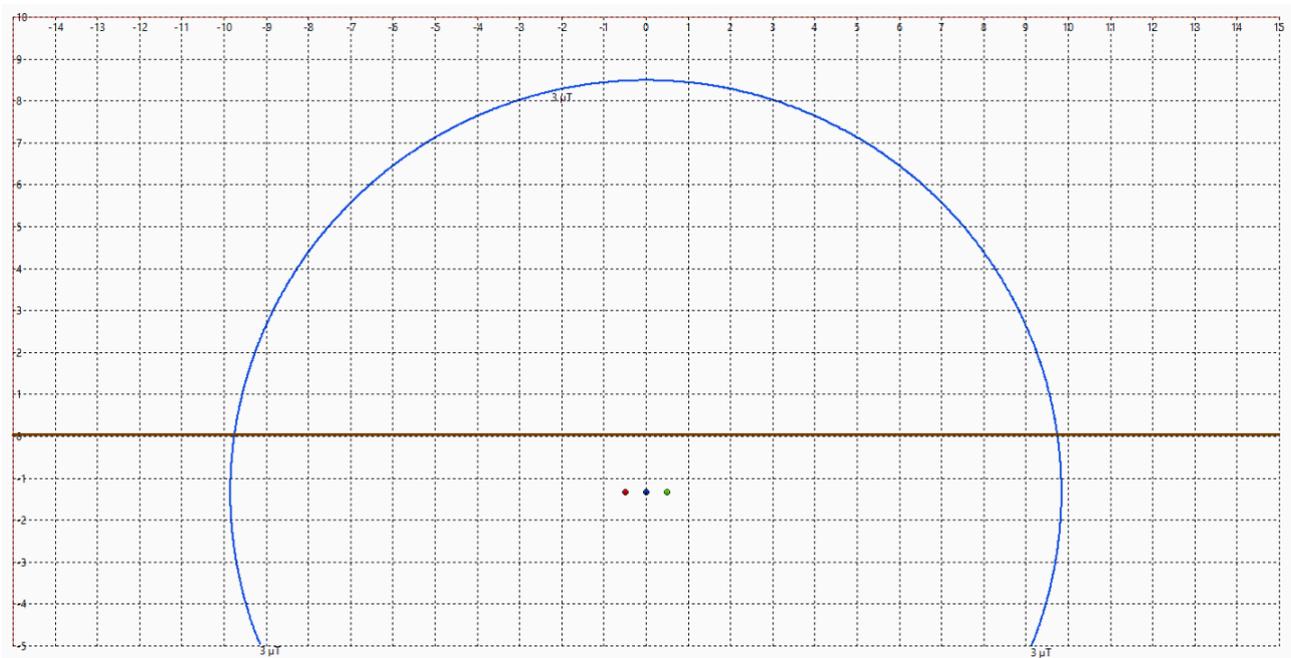


Figura 4.8: Curva isolivello del campo magnetico a $3 \mu\text{T}$ in una sezione longitudinale alla configurazione di posa descritta in Figura 4.7.

4.2.2 Posa con trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.)

In Figura 4.9 è riportato lo schema di posa per l'elettrodotto a 380 kV con T.O.C. Anche in questo caso il cavo utilizzato ha diametro 139 mm e la portata in corrente utilizzata per il calcolo della DPA è pari a 1673 A per ciascuna delle due linee costituente l'elettrodotto.

In Figura 4.10 è riportato il risultato del calcolo del campo magnetico generato in una sezione verticale perpendicolare all'elettrodotto da cui si deduce che la DPA è pari a **24.4 m** rispetto al centro dei cavi.

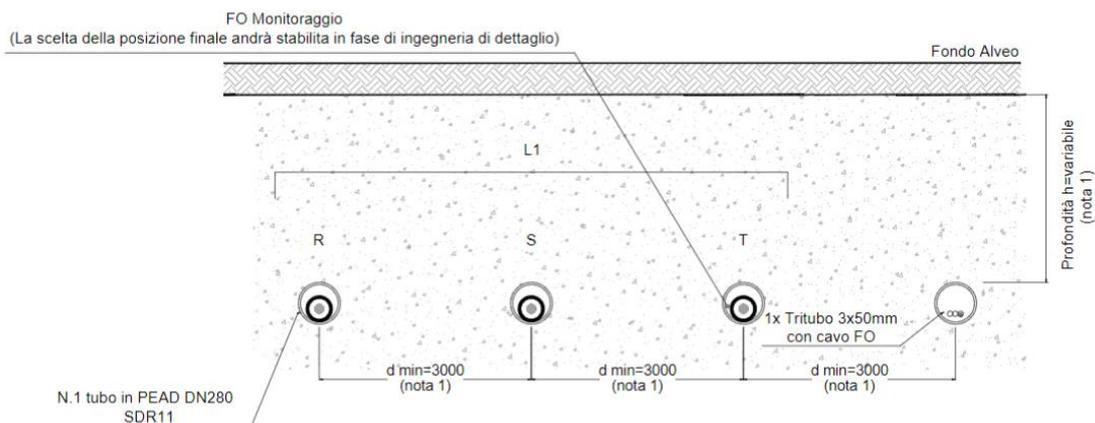


Figura 4.9: Configurazione di posa dell'elettrodotto a 380 kV con T.O.C.



Figura 4.10: Curva isolivello del campo magnetico a $3 \mu\text{T}$ in una sezione longitudinale alla configurazione di posa descritta in Figura 4.9.

4.2.3 Buca giunti

In Figura 4.11 è riportato lo schema di posa per l'elettrodotto a 380 kV nella buca giunti. Anche in questo caso il cavo utilizzato ha diametro 139 mm e la portata in corrente utilizzata per il calcolo della DPA è pari a 1673 A per ciascuna delle due linee costituenti l'elettrodotto.

In Figura 4.12 è riportato il risultato del calcolo del campo magnetico generato in una sezione verticale perpendicolare all'elettrodotto da cui si deduce che la DPA è pari a **11.7 m** rispetto al centro della buca giunti.

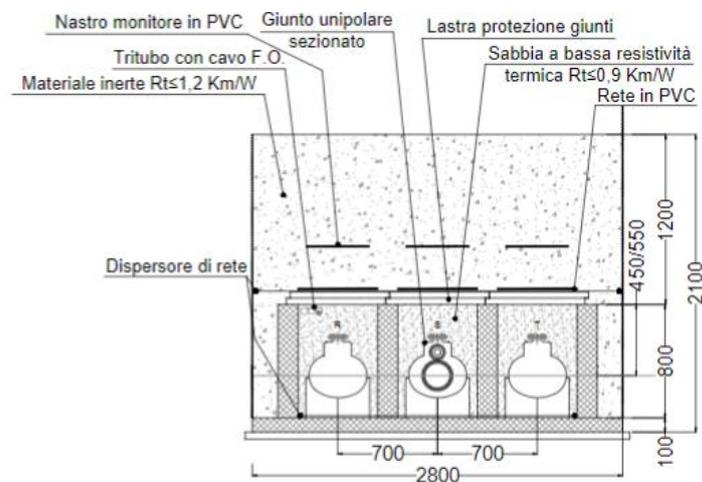


Figura 4.11: Sezione buca giunti a 380 kV

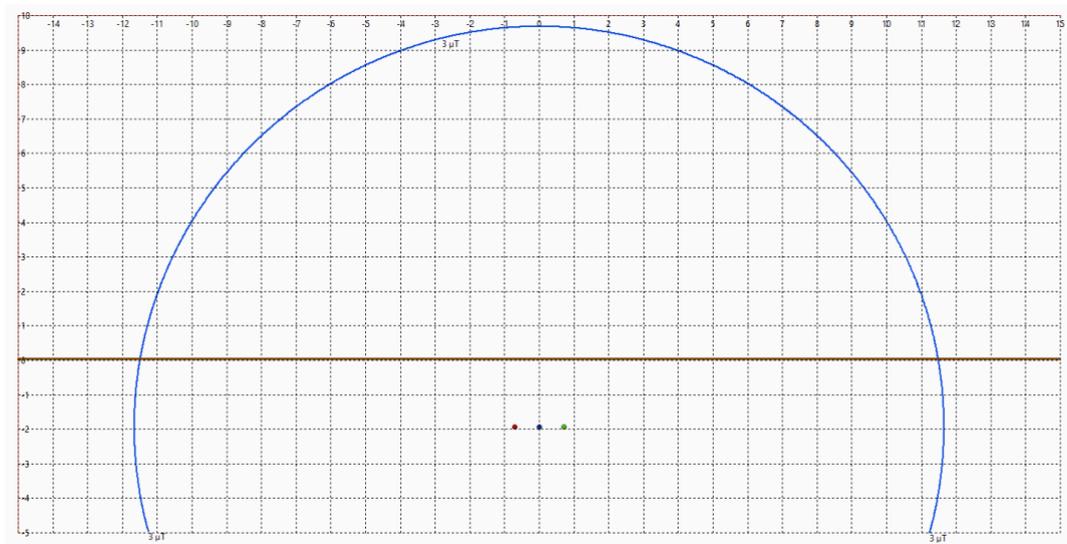


Figura 4.12: Curva isolivello del campo magnetico a $3 \mu\text{T}$ in una sezione longitudinale alla configurazione di posa descritta in Figura 4.11.

4.3 Stazione elettrica “Agnes Ravenna Porto”

La nuova Stazione Elettrica di Trasformazione 220/380 kV, denominata “Agnes Ravenna Porto”, è costituita da sezioni in GIS a 220 kV e a 380 kV con sbarre e terminali isolati in SF6 che generano livelli trascurabili di campo elettrico e magnetico e non verranno considerati nel seguito.

Gli stalli blindati “linea in cavo” si collegheranno mediante il passante SF6/aria, posto nella parte terminale del condotto sbarre isolato in SF6, ai sei reattori a 220 kV (vedi Figura 4.13 e Figura 4.14) e ai tre reattori a 380 kV (vedi Figura 4.15 e Figura 4.16) mediante conduttori in corda nuda.

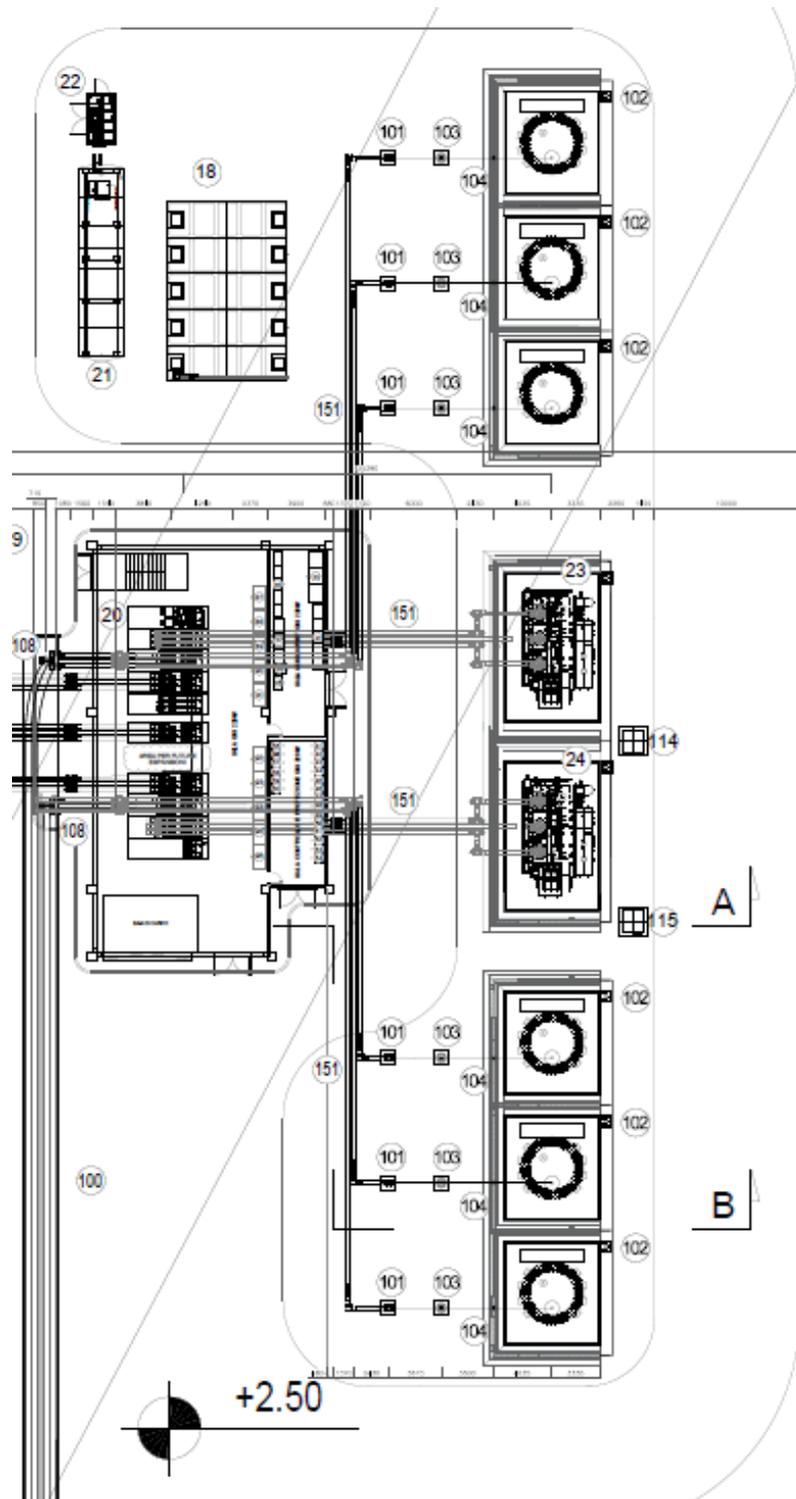


Figura 4.13: Layout dell'area della SSE "Agnes Ravenna Porto" con i collegamenti in corda nuda ai reattori a 220 kV.

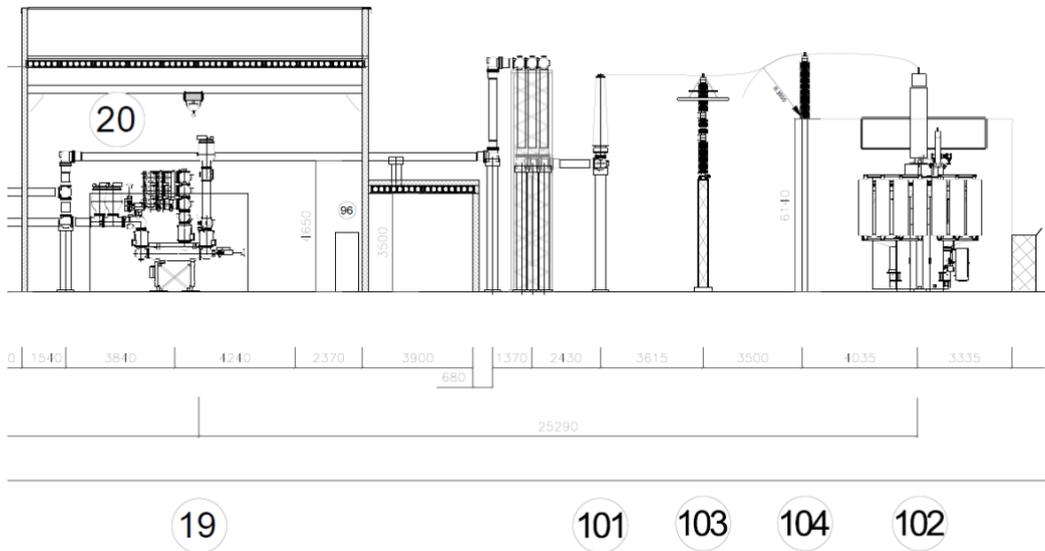


Figura 4.14: Sezione dell'area della SSE "Agnes Ravenna Porto" con i collegamenti in corda nuda ai reattori a 220 kV.

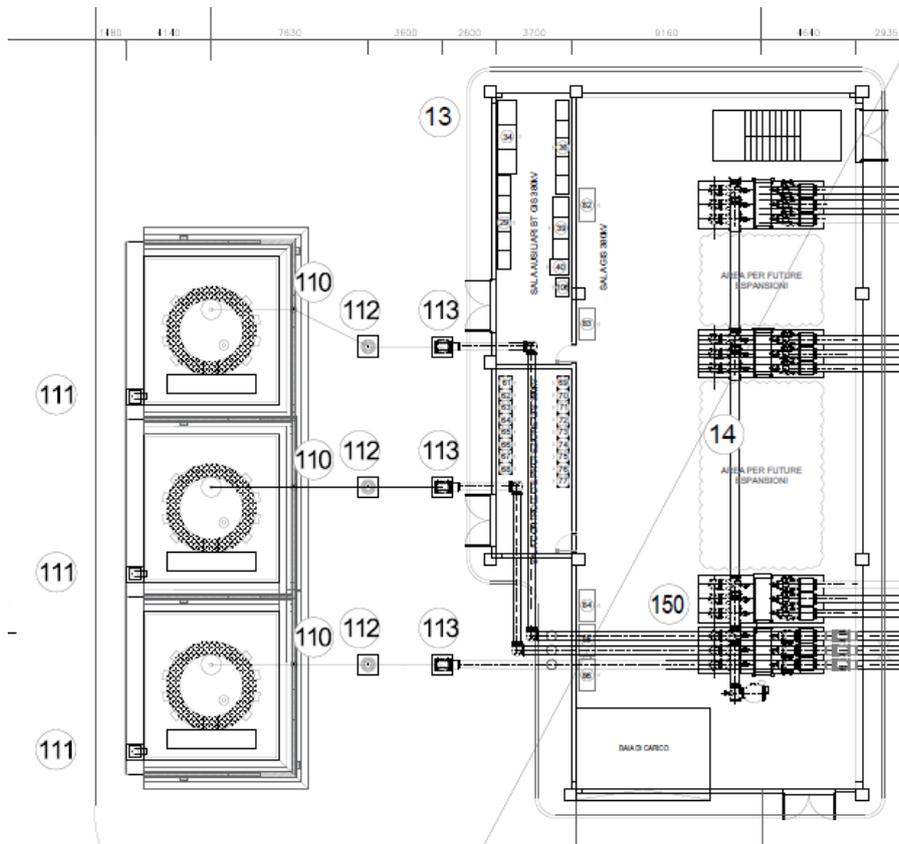


Figura 4.15: Layout dell'area della SSE "Agnes Ravenna Porto" con i collegamenti in corda nuda ai reattori a 380 kV.

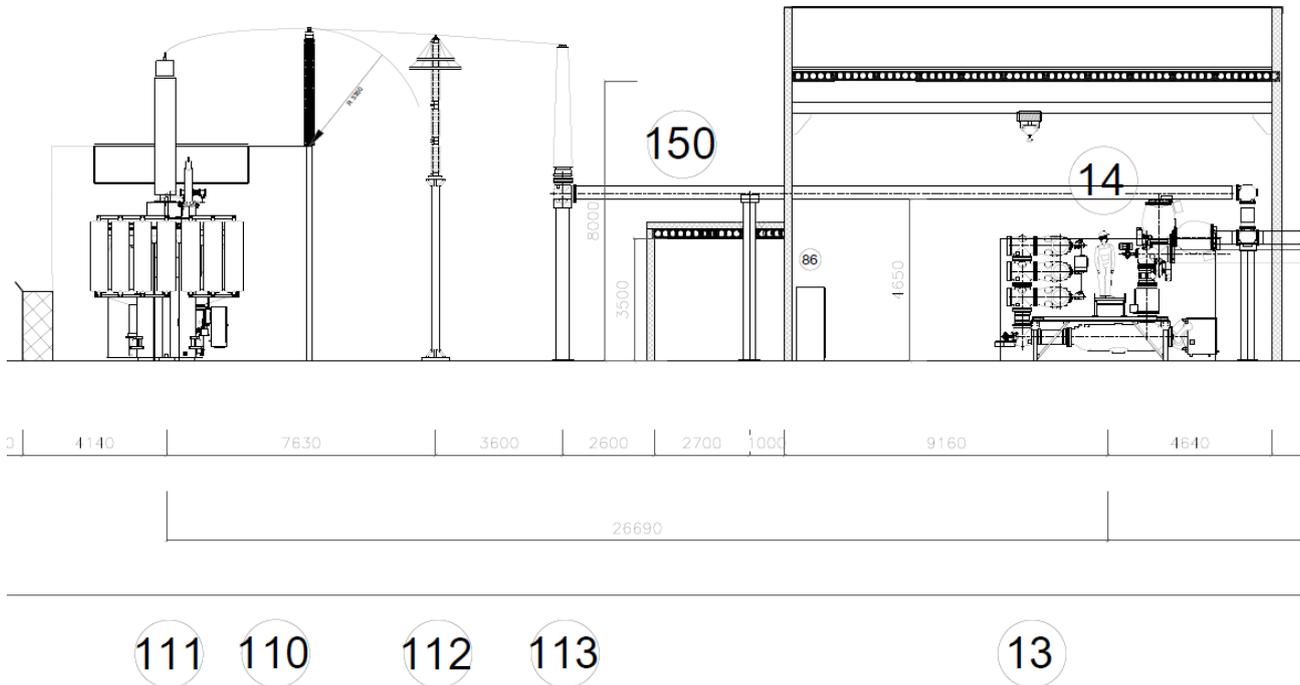


Figura 4.16: Sezione dell'area della SSE "Agnes Ravenna Porto" con i collegamenti in corda nuda ai reattori a 380 kV.

4.3.1 Collegamento ai reattori a 220 kV

Il collegamento ai reattori a 220 kV è effettuato con conduttori nudi posti a un'altezza da terra pari a 7.7 m. La corrente massima è pari a 472 A.

Nella Figura 4.17 sono riportate le curve isolivello del campo magnetico generato dai conduttori collegati ai reattori. Nella figura è riportata in rosso l'estensione del confine della stazione in corrispondenza della sezione di calcolo che evidenzia come la fascia di rispetto per i conduttori nudi è contenuta all'interno dell'area di stazione.

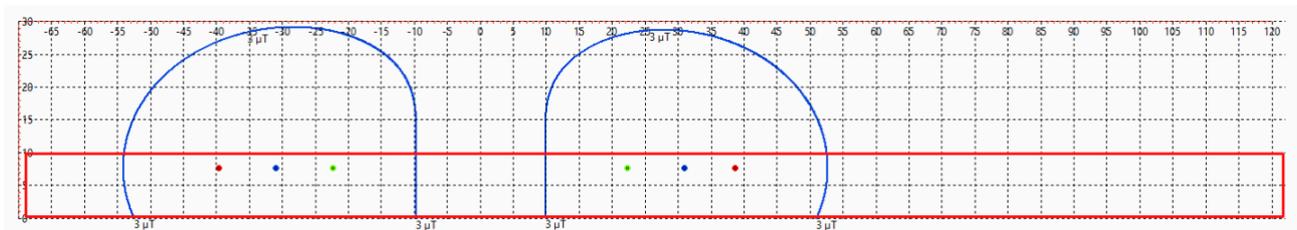


Figura 4.17: curva isolivello del campo magnetico a $3 \mu\text{T}$ in una sezione longitudinale ai conduttori connessi ai reattori a 220 kV. In rosso è riportata l'estensione della stazione in corrispondenza della sezione di calcolo.



4.3.2 Collegamento ai reattori a 220 kV

Il collegamento ai reattori a 380 kV è effettuato con conduttori nudi posti a un'altezza da terra pari a 8.8 m. La corrente massima è pari a 246 A.

Nella Figura 4.18 sono riportate le curve isolivello del campo magnetico generato dai conduttori collegati ai reattori. Nella figura è riportata in rosso l'estensione del confine della stazione in corrispondenza della sezione di calcolo che evidenzia come la fascia di rispetto per i conduttori nudi è contenuta all'interno dell'area di stazione.

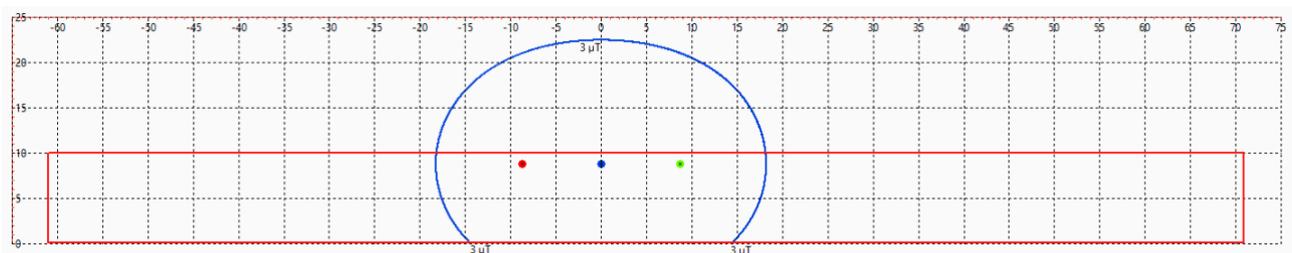


Figura 4.18: Curva isolivello del campo magnetico a $3 \mu\text{T}$ in una sezione longitudinale ai conduttori connessi ai reattori a 380 kV. In rosso è riportata l'estensione della stazione in corrispondenza della sezione di calcolo.



5. ANALISI DELLE POTENZIALI CRITICITÀ LUNGO IL PERCORSO

Con riferimento ai documenti AGNROM_EP-D_INQ-LTEC-DPA “Cavidotto 220kV - Planimetria catastale con DPA” [7] e AGNROM_EP-D_INQ-HTEC-DPA “Cavidotto 380kV - Planimetria catastale con DPA”[8], lo scopo del presente paragrafo è quello di individuare potenziali criticità lungo i tracciati dei due elettrodotti. In particolare, si andrà ad analizzare il punto in cui la DPA dei due elettrodotti va ad interferire con potenziali recettori sensibili, e sia andranno quindi ad individuare delle possibili azioni correttive.

5.1 Elettrodotto 220 kV

Con riferimento ai documenti di AGNROM_EP-D_INQ-LTEC-DPA “Cavidotto 220kV - Planimetria catastale con DPA” [7], si evince che l’unica tratta potenzialmente più critica è quella inerente a Via Del Marinaio, da V6 a V14 (si veda Figura 5.1).



Figura 5.1: analisi delle potenziali criticità lungo l’elettrodotto 220 kV



La figura mette in evidenza possibili interferenza fra la DPA e recettori sensibili (abitazioni private e relative pertinenze in corrispondenza di tutta la tratta fra V6 e V13).

Osservato che:

- i. il percorso dell'elettrodotto è stato ottimizzato in funzione dei sottoservizi già presenti lungo via Del Marinaio
- ii. la sezione di posa dei cavi è stata ottimizzata al fine di tralasciare la potenza di dimensionamento richiesta dal progetto (2 x 550 MVA)

Una possibile soluzione per ovviare alle problematiche di esposizione al campo magnetico consiste nell'introduzione di opportune schermature, così come descritto al par. 5.1.1.

5.1.1 Schermatura con lastre di alluminio

Come osservato, allo scopo di ridurre l'estensione della DPA è possibile installare una schermatura realizzata con lastre di alluminio di spessore 5 mm. Tali lastre dovranno essere montate garantendo la continuità con saldature continue tra i componenti elementari. Ai fini del calcolo, sono state ipotizzate due schermature a U rovesciata di larghezza 1 m e profondità 0.3 m posizionate su ciascuna terna di cavi.

In Figura 5.2 è riportata la curva isolivello a 3 μ T in una sezione verticale perpendicolare all'elettrodotto da cui si deduce che la DPA è pari a **3.6 m** rispetto all'asse delle due terne di cavi.

Comunque, con questa schermatura il campo magnetico a 1 m da terra è sempre inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μ T. Questo significa che una schermatura siffatta è atta a garantire il rispetto dei limiti di legge anche nelle tratte in cui si sono evidenziati potenziali recettori sensibili entro la fascia di DPA valutata nelle condizioni di posa standard (si veda Figura 4.1).

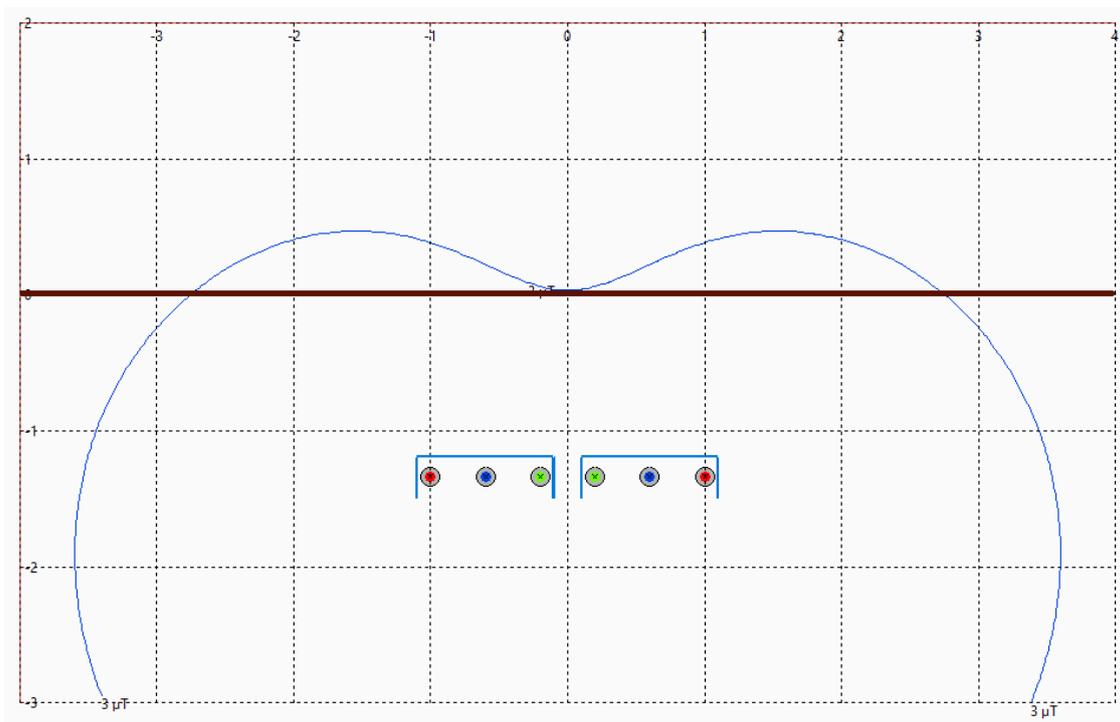
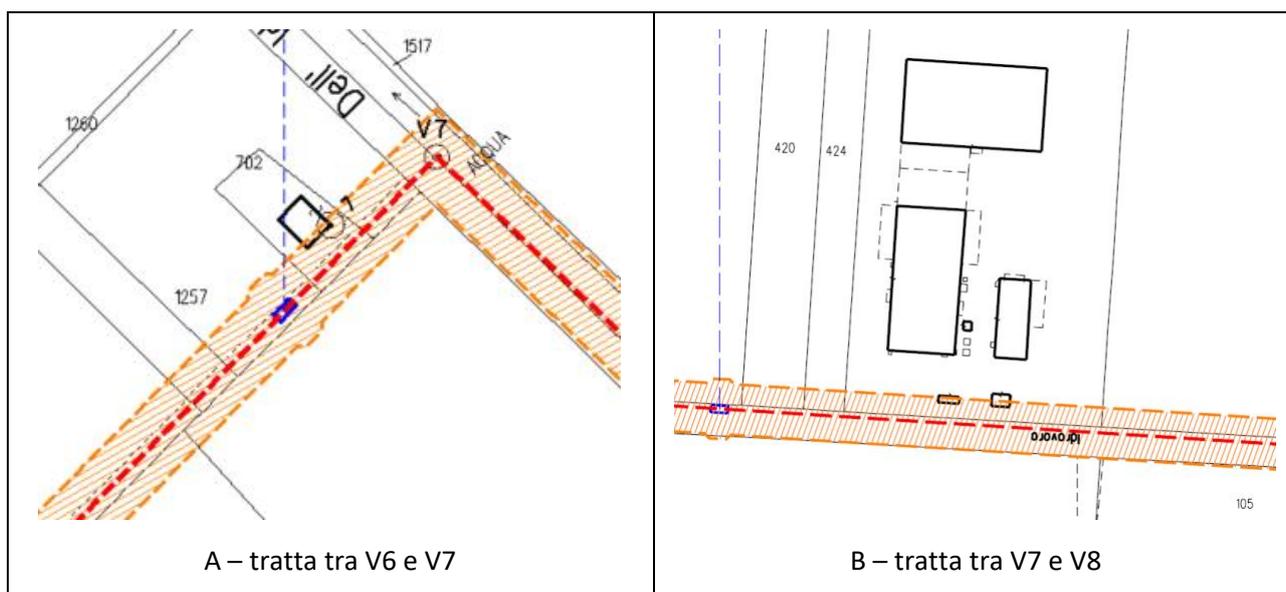


Figura 5.2: Curva isolivello del campo magnetico a $3 \mu\text{T}$ in una sezione longitudinale alla configurazione di posa descritta in Figura 4.1 con due schermi a U rovesciata su ciascuna terna di cavi.

5.2 Elettrodotto 380 kV

Con riferimento al documento AGNROM_EP-D_INQ-HTEC-DPA “Cavidotto 380kV - Planimetria catastale con DPA”[8], non si evincono situazioni particolarmente critiche. Le potenziali problematiche sono comunque da intendersi di tipo puntuale e riguardano le sezioni descritte in Figura 5.3.



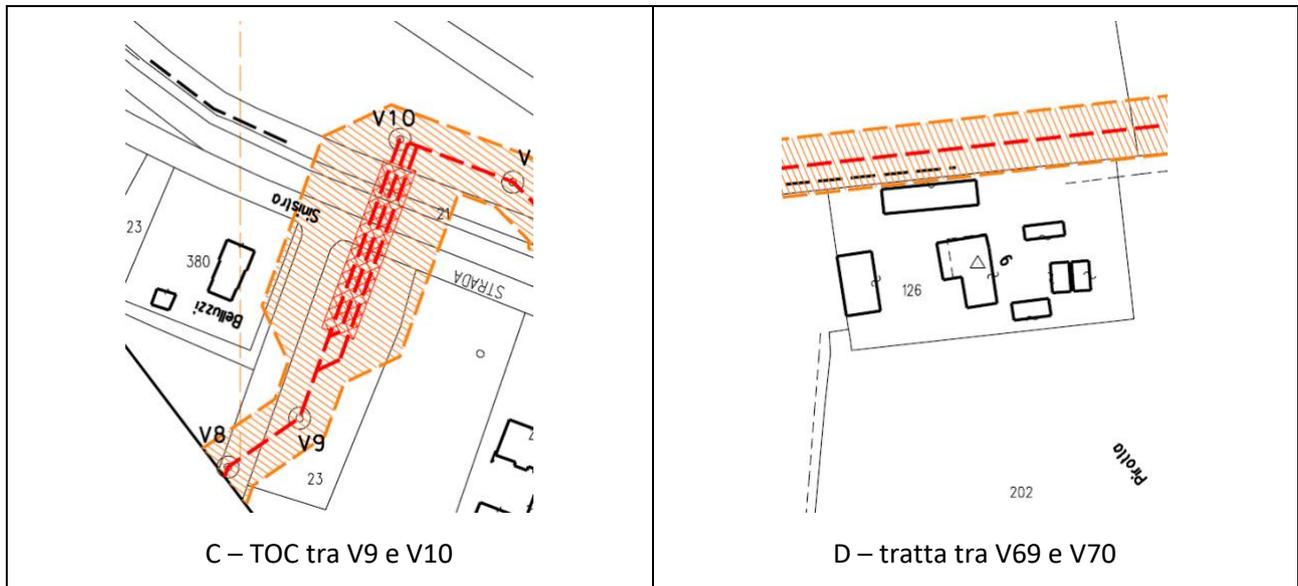


Figura 5.3: analisi delle potenziali criticità lungo l'elettrodotto 380 kV.

5.2.1 Caso A

Con riferimento alla Figura 5.3, il caso A riguarda una potenziale interferenza con un casolare disabitato (si veda Figura 5.4).



Figura 5.4: casolare disabitato (potenziale interferenza caso A).

Essendo il casolare disabitato, non si pongono particolari problematiche derivanti dall'interferenza della DPA con le relative pertinenze.



In fase di progetto esecutivo si potrà comunque valutare l'opportunità di schermare l'elettrodotto nella sezione specifica, sulla falsa riga di quanto proposto per l'elettrodotto 220 kV di cui al par. 5.1.1 (fatte salve le ovvie differenze dovute al fatto che la linea 380 kV è in singola terna).

5.2.2 Caso B

Il caso B evidenzia una possibile interferenza con una cabina MT/BT e un edificio presumibilmente non adibito a funzione abitativa (si veda Figura 5.5).



Figura 5.5: cabina elettrica ed edificio non abitativo (potenziale interferenza caso B).

Data la tipologia di edificio non si pongono particolari problematiche derivanti dall'interferenza della DPA con le relative pertinenze.

In fase di progetto esecutivo si potrà comunque valutare l'opportunità di schermare l'elettrodotto nella sezione specifica, sulla falsa riga di quanto proposto per l'elettrodotto 220 kV di cui al par. 5.1.1.

5.2.3 Caso C

Il caso C evidenzia una possibile interferenza con le pertinenze di un edificio adibito ad abitazione.



Figura 5.6: edificio abitativo (potenziale interferenza caso C).

Il caso specifico differisce da quelli precedentemente esposti, poiché la potenziale interferenza è generata da un attraversamento in TOC. In fase di progetto esecutivo si renderà pertanto necessario ripetere i calcoli a fronte dei dati consolidati (data sheet finale dei cavi, portata dell'elettrodotto e potenza massima trasmessa dalla linea, ecc.), utilizzando un modello di calcolo 3D. Allorché l'interferenza venisse confermata, si potrà optare per un'opportuna strategia di schermatura o per l'adozione di una differente strategia di posa.

5.2.4 Caso D

Il caso D evidenzia una possibile interferenza con le pertinenze di un edificio ad uso agricolo (si veda Figura 5.7)



Figura 5.7: edificio ad uso agricolo (potenziale interferenza caso D).

Il suddetto recettore è presumibilmente di tipo non sensibile.

In fase di progetto esecutivo si potrà comunque valutare l'opportunità di schermare l'elettrodotto nella sezione specifica, sulla falsa riga di quanto proposto per l'elettrodotto 220 kV di cui al par. 5.1.1



6. CONCLUSIONI

6.1 Riassunto DPA

I calcoli effettuati per la stesura del presente rapporto hanno consentito di determinare la Distanza di Prima Approssimazione per i collegamenti elettrici previsti per il progetto AGNES ROMAGNA. I risultati dei calcoli sono riassunti nella tabella.

Tabella 1: riassunto delle DPA calcolate per le diverse configurazioni

Configurazione	Tensione (kV)	DPA (m)
Posa a terne affiancate	220	5.6
Posa con trivellazione orizzontale controllata	220	24.4
Buca giunti	220	12.1/13.7*
Posa con conduttori affiancati	380	9.9
Posa con trivellazione orizzontale controllata	380	24.4
Buca giunti	380	11.7

* Le DPA sono riferite all'asse dell'elettrodotto/asse buca giunti.

6.2 Conclusioni generali

È possibile trarre le seguenti conclusioni di carattere generale:

- 1) I calcoli svolti sono da intendersi preliminari poiché affetti dal margine di incertezza dovuto alla mancanza di dati consolidati, quali ad esempio i data sheet dei cavi forniti dal costruttore.
- 2) L'approccio proposto, basato sulle analisi di interferenza fra la DPA e i potenziali recettori sensibili, è da intendersi conservativo. In fase di progetto esecutivo si potrà valutare l'opportunità di affinare i calcoli con l'utilizzo di modelli 3D. Questo potrà confermare le potenziali interferenze evidenziate al paragrafo 5.
- 3) Allorché le interferenze venissero confermate si potrà valutare, caso per caso, il tipo di schermatura più idoneo o, più in generale, la soluzione di mitigazione più appropriata. Al paragrafo 5.1.1 si è comunque dimostrato che una schermatura con lastre di alluminio di spessore 5 mm è idonea a far rientrare il livello di esposizione al campo magnetico entro l'obiettivo di qualità pari a 3 μ T.
- 4) In fase di progetto esecutivo, le tecniche di schermatura andranno confermate con il supporto del fornitore dei cavi.