

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 1 di 1	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

**EMERGENZA GAS – INCREMENTO DELLA CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE:
 PROGETTO “FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE
 GASDOTTI” – OTTIMIZZAZIONI DI PROGETTO**

RICHIESTA DI INTEGRAZIONI

**Procedimento di Variante all’Autorizzazione Unica - Decreto n. 3 del 7 novembre 2022
 del Commissario straordinario di Governo della Regione Emilia-Romagna**

RELAZIONE

**Valutazione del rischio di esposizione dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
 e delle Distanze di Prima Approssimazione (DPA) generati dalla cabina elettrica e dal
 Cavo di Alimentazione Sottomarino in Media Tensione (MT)**

00	Emissione	B. Gabriele	S. Olcese R. Pennino	S. Sadowski	Dicembre 2023
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 2 di 2	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

INDICE

LISTA DELLE FIGURE	3
DEFINIZIONE ED ACRONIMI.....	4
DEFINIZIONI	4
ACRONIMI.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
1.1 PREMessa	5
1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO	5
1.3 RIFERIMENTI NORMATIVI.....	7
2 CONSIDERAZIONI GENERALI	8
2.1 VALUTAZIONI SU CAMPI ELETTRICI ED ELETTROMAGNETICI.....	8
2.2 DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE	8
3 RELAZIONE CAMPI MAGNETICI E DPA CAVO DI ALIMENTAZIONE	12
3.1 GENERALE	12
3.2 METODOLOGIA DI CALCOLO	13
3.3 CALCOLI DEI CAMPI MAGNETICI	14
3.3.1 DATI DI INGRESSO	14
3.3.2 RISULTATI DI CALCOLO IN CONDIZIONI DI NORMALE ESERCIZIO	16
3.3.3 RISULTATI DI CALCOLO IN CONDIZIONI DI MASSIMA PORTATA.....	25
3.4 CONCLUSIONI.....	35
4 VALUTAZIONE DPA CABINA ENEL	36

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 3	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1:	Percorso cavo di alimentazione (tratto onshore area Ex-Sarom)	6
Figura 1.2:	Percorso cavo di alimentazione (vista d'insieme)	6
Figura 2.1:	Fasce di rispetto e Distanza di Prima Approssimazione per Elettrodotti Aerei	9
Figura 2.2:	Fasce di rispetto e Distanza di Prima Approssimazione per Elettrodotti Interrati	9
Figura 2.3	Caratteristiche cavo MT	10
Figura 2.4	Dettaglio posa cavo in ex Area Sarom	11
Figura 2.5	Dettaglio posa cavo in spiaggia e offshore	11
Figura 3.1:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 1	20
Figura 3.2:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 1	20
Figura 3.3:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 2	21
Figura 3.4:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 2	21
Figura 3.5:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 3	22
Figura 3.6:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 3	22
Figura 3.7:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 4	23
Figura 3.8:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 4	23
Figura 3.9:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 5	24
Figura 3.10:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 5	24
Figura 3.11:	Campo magnetico su superficie orizzontale ad 1 m dal suolo (rappresentazione 2D)	26
Figura 3.12:	Campo magnetico su superficie orizzontale ad 1 m dal suolo (rappresentazione 3D)	27
Figura 3.13:	Rappresentazione posizione superfici verticali di calcolo di Campo magnetico	28
Figura 3.14:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 1	29
Figura 3.15:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 1	29
Figura 3.16:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 2	30
Figura 3.17:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 2	30
Figura 3.18:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 3	31
Figura 3.19:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 3	31
Figura 3.20:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 4	32
Figura 3.21:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 4	32
Figura 3.22:	Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μ T) – Sezione 5	33
Figura 3.23:	Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μ T) – Sezione 52	33

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 4 di 4	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

DEFINIZIONE ED ACRONIMI

DEFINIZIONI

PROPONENTE	Snam FSRU Italia
PROGETTO	FSRU Ravenna e collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti
SITO	Ravenna, Emilia-Romagna
TERMINALE	Include la FSRU, l'ormeggio offshore presso la piattaforma offshore Petra esistente, le opere di adeguamento e protezione della stessa e l'impianto a terra di correzione dell'indice di Wobbe
OPERE CONNESSE	Metanodotti (a mare ed a terra) di collegamento tra FSRU e Rete Nazionale Gasdotti
NAVI METANIERE	Navi metaniere che trasportano/prelevano GNL al/dal Terminale
SHIP-TO-SHIP	Configurazione di ormeggio delle NAVI METANIERE sul fianco della FSRU, per permettere le operazioni di scarico/carico di GNL.

ACRONIMI

BT	Bassa Tensione
FSRU	Floating Storage Regasification Unit
GN	Gas Naturale
GNL	Gas Naturale Liquido
LNG	Liquified Natural Gas
MT	Media Tensione

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 5 di 5	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

1 INTRODUZIONE

1.1 Premessa

La Società Snam FSRU Italia, in qualità di Proponente, ha proposto una serie di ottimizzazioni progettuali relative al Progetto **“FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti”** scaturite durante lo svolgimento della fase di ingegneria di dettaglio elaborata a valle dell’Autorizzazione Unica rilasciata dal Commissario straordinario di Governo della Regione Emilia-Romagna con Decreto n.3 del 7 novembre 2022 ai sensi dell’art. 5 del D.L. 17 maggio 2022 n. 50.

Le ottimizzazioni proposte sono state trasmesse dal Proponente al Commissario con nota prot. Prot. 656 del 25 settembre 2023.

Tra le ottimizzazioni proposte è stata prevista che l’alimentazione elettrica della piattaforma di ormeggio possa avvenire anche attraverso una connessione in media tensione (MT) da terra mediante la posa di un cavo marino dedicato.

Il nuovo cavo elettrico si staccerebbe dalla cabina ENEL situata all’interno dell’area ex-Sarom prospiciente la costa e raggiungerebbe la piattaforma di ormeggio percorrendo gran parte del percorso sotto il fondale marino all’interno di una delle condotte ex-PIR poste fuori esercizio (circa 8,50 km) (Rif. Doc. no. DIS-COR-B-09091 “Corografia Allacciamento FSRU Ravenna – Tratto a mare” in ANNESSO 3 delle ottimizzazioni progettuali presentate dal Proponente in data 25.09.2023 con prot. 656).

1.2 Scopo del Documento

Scopo del presente documento è quello di fornire una valutazione preliminare del rischio del rischio di esposizione dei valori dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati dalla cabina elettrica ENEL e dal cavo MT a 15 kV e una la valutazione circa le Distanze di Prima Approssimazione (DPA).

Il cavo MT verrà installato a partire dalla cabina ENEL, situata al confine con l’area ex-Sarom, proseguendo sotto spiaggia fino all’impianto di rigassificazione come rappresentato nelle seguenti figure.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 6 di 6	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

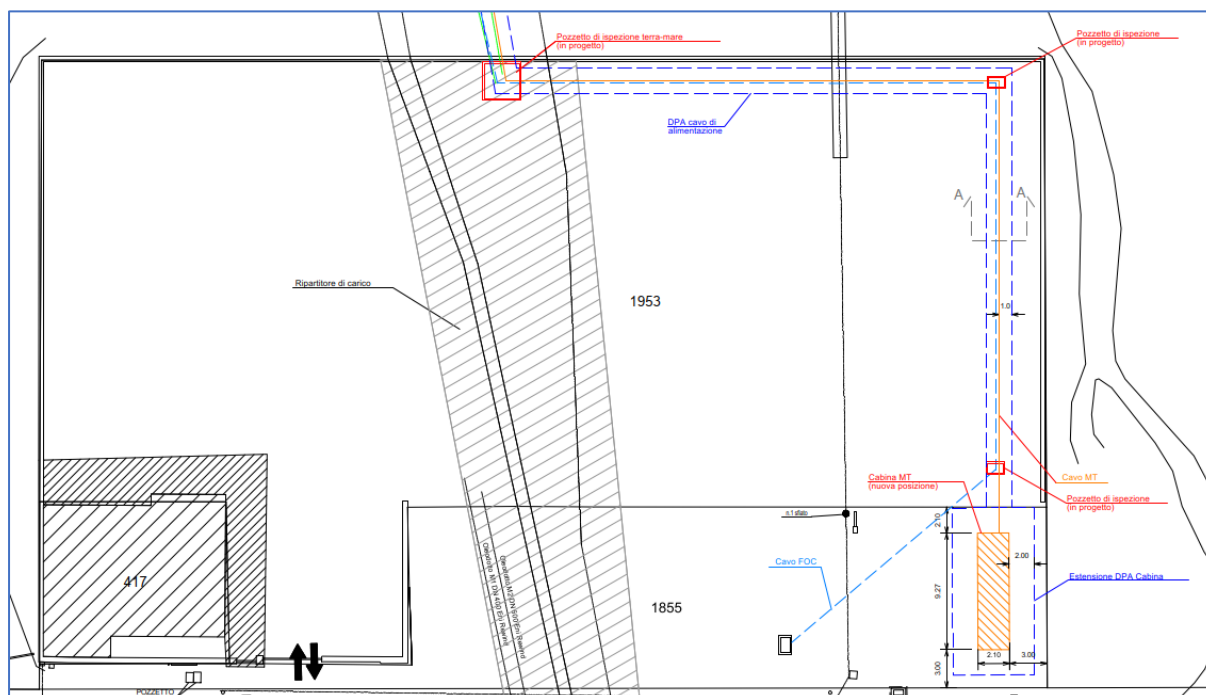


Figura 1.1: Percorso cavo di alimentazione (tratto onshore area Ex-Sarom)

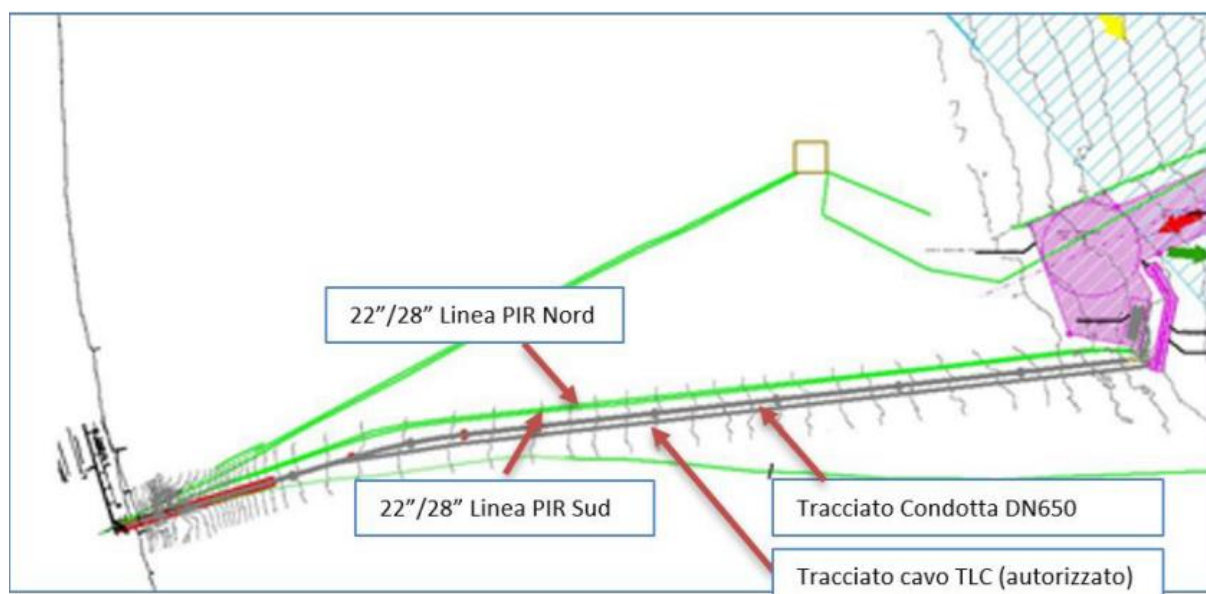


Figura 1.2: Percorso cavo di alimentazione (vista d'insieme)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 7 di 7	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

I calcoli sono stati svolti in ottemperanza al DPCM 8 luglio 2003 (esposizione popolazione) e al D.Lgs. 81/2008 - allegato XXXVI - tabella 2 (esposizione lavoratori).

1.3 RIFERIMENTI NORMATIVI

- 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 50 Hz generati da elettrodotti” (popolazione)
- D.Lgs 81/2008 “Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” (lavoratori)
- Decreto 29 maggio 2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”
- 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” Prima edizione, 2006
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche” Seconda edizione, 2008

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 8 di 8	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

2 CONSIDERAZIONI GENERALI

2.1 Valutazioni su campi elettrici ed elettromagnetici

In questa sezione viene approfondita la tematica del rischio per la popolazione legato all'esposizione di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici prodotti dal cavo.

Il cavo in oggetto è esercito a 50 Hz, pertanto, il campo elettrico e magnetico agiscono indipendentemente l'uno dall'altro e vengono calcolati e misurati separatamente. Pertanto, a questo valore di frequenza il rischio di esposizione da campi elettromagnetici è considerato trascurabile.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche e la loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al cavo e diminuisce con la distanza. Essi vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla (μ T). I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi, al contrario dei campi elettrici, non sono facilmente schermabili.

Pertanto, per lo studio in oggetto i campi elettrici sono considerati trascurabili e occorre analizzare esclusivamente il rischio da campi magnetici.

2.2 Distanze di prima approssimazione

Si ritiene inoltre utile chiarire il significato dei seguenti termini utilizzati:

- **Fascia di rispetto:** è lo spazio circostante un elettrodotto (o comunque un conduttore percorso da corrente), che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3μ T). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore (Figura 2-1)
- **Distanza di Prima Approssimazione (DPA):** per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto (Figura 2.2). Per le SSE si può procedere per analogia

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 9 di 9	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

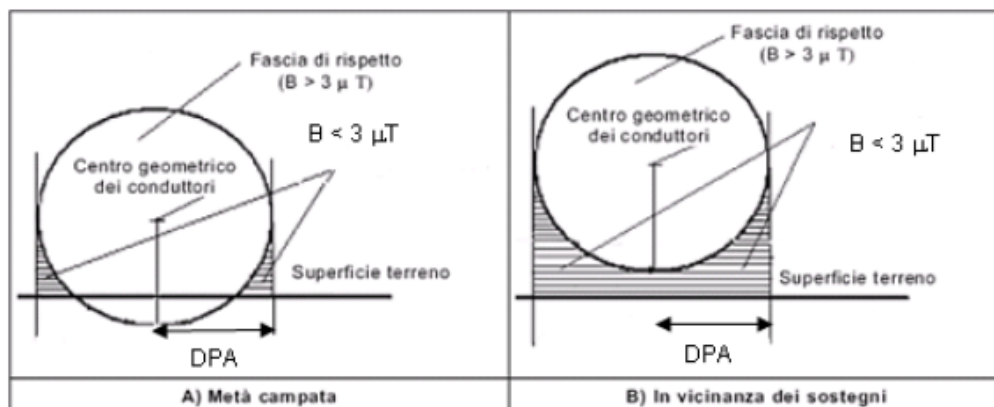


Figura 2 - Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

N.B. La dimensione della DPA delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore (interpretazione prevalente delle ARPA).

Figura 2.1: Fasce di rispetto e Distanza di Prima Approssimazione per Elettrodotti Aerei



Figura 2.2: Fasce di rispetto e Distanza di Prima Approssimazione per Elettrodotti Interrati

Il calcolo per la definizione delle DPA dipende dalle condizioni di posa del cavo MT e dalla corrente che vi scorrerebbe durante le normali condizioni di esercizio. Pertanto, si riportano nel seguito le caratteristiche del cavo e della sua installazione.

I dati di input per l'esercizio del cavo sono i seguenti:

- Tensione nominale della linea pari a 15 kV;
- Potenza nominale dell'impianto alimentato pari a 1 MW.

I dati relativi alle condizioni di posa sono i seguenti:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 10 di 10	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

- Nel tratto interno dell'Area ex-Sarom sarà posato direttamente nella trincea di scavo all'interno di un corrugato flessibile, con copertura 0,55 m (Figura 2.4). Tale distanza è considerata a partire dalla superficie esterna superiore del cavo. Per il calcolo si considera invece il centro del cavo stesso che è posto ad una profondità maggiore del raggio esterno del cavo, pari a circa 0,075 m per un totale di circa 0,625 m.
- Nel tratto sotto spiaggia e poi offshore, il cavo sarà inserito all'interno di una tubazione in acciaio avente sezione a doppio tubo "pipe-in-pipe" con mantello esterno 28" e tubo interno 22", con copertura di circa 2 m (Figura 2.5).

A seguito del dimensionamento elettrico, è stato scelto un cavo a elica di sezione 3x95mm², avente il diametro del conduttore è 11,5 mm, isolamento in XLPE di 5,5 mm, schermatura in nastro di alluminio 0,2 mm (Figura 2.3).

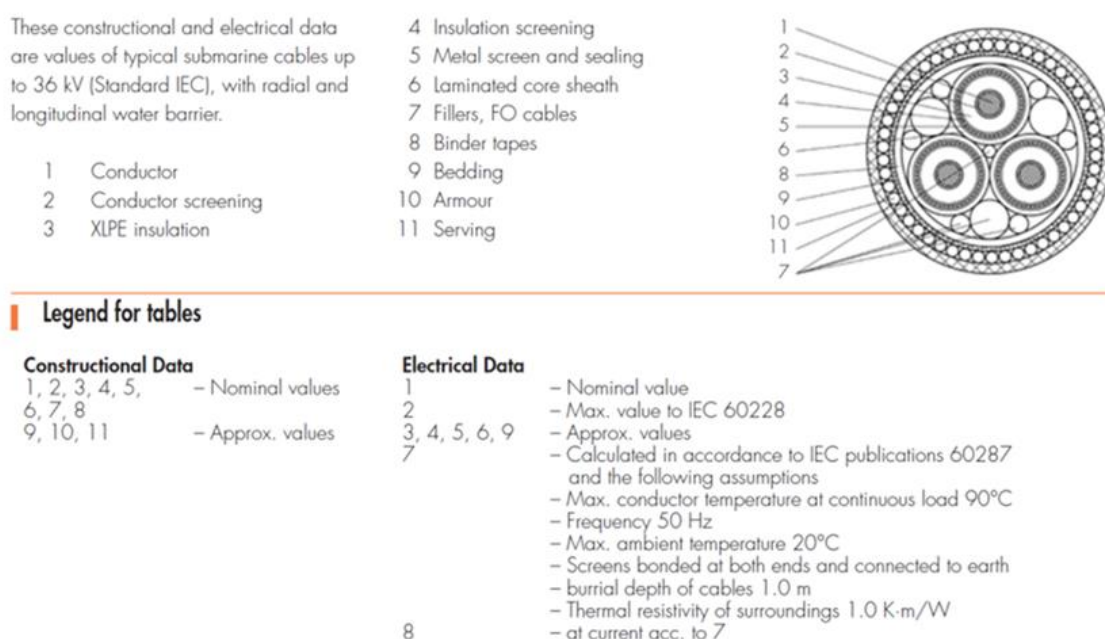


Figura 2.3 Caratteristiche cavo MT

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 11 di 11	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

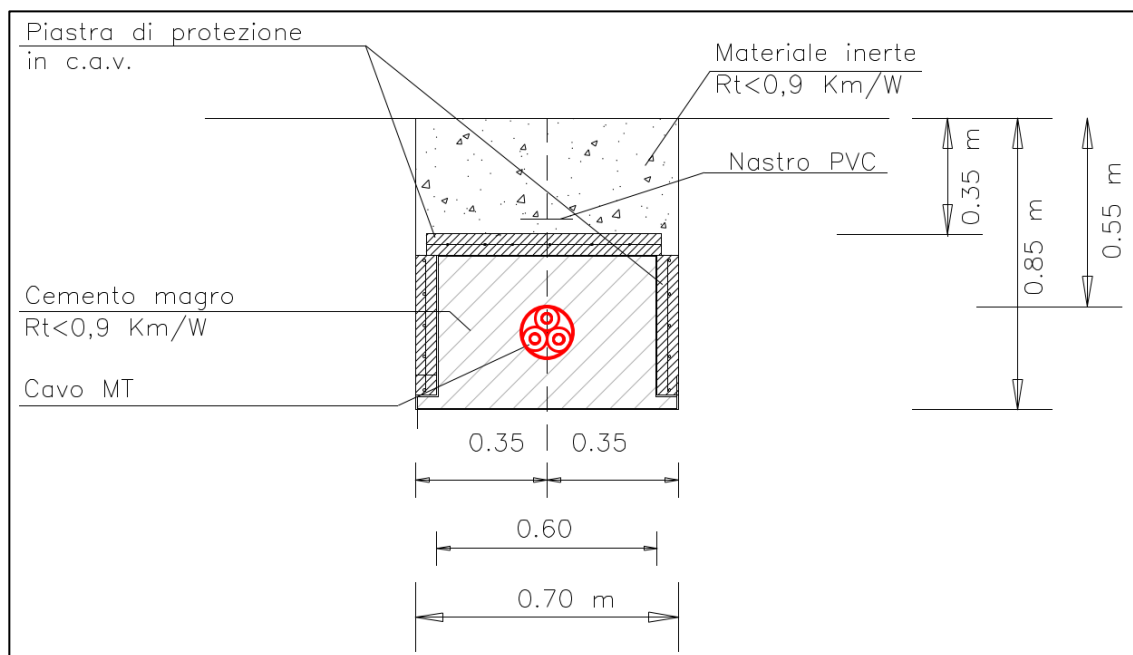


Figura 2.4 Dettaglio posa cavo in ex Area Sarom

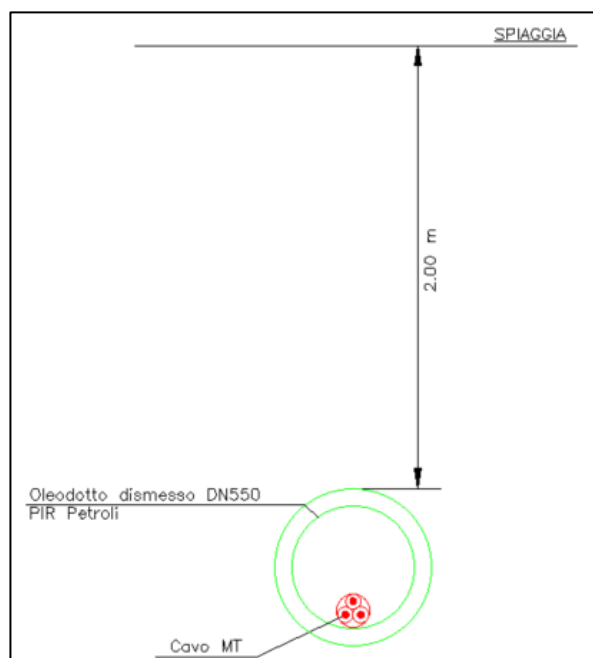


Figura 2.5 Dettaglio posa cavo in spiaggia e offshore

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 12 di 12	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

3 RELAZIONE CAMPI MAGNETICI E DPA CAVO DI ALIMENTAZIONE

3.1 GENERALE

Si precisa che secondo quanto previsto dal D.M. 29 maggio 2008 la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz;
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449;
- Linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449;
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree).

Nonostante il cavo in argomento risulti tra le esclusioni del Decreto, essendo un cavo cordato ad elica a media tensione, in ogni caso si è proceduto al calcolo delle Distanze di Prima Approssimazione richiesto.

I calcoli sono stati svolti in ottemperanza al DPCM 8 luglio 2003 (esposizione popolazione) e al D.Lgs 81/2008 (esposizione lavoratori).

Obiettivo del DPCM 8 luglio 2003, attuativo della Legge 36/01, è la tutela della popolazione dagli effetti a lungo termine dei campi elettrici e magnetici prodotti dagli elettrodotti e dalle Sottostazioni Elettriche (SSE).

Tali provvedimenti prevedono limiti particolarmente restrittivi per l'induzione magnetica nelle *"aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere"*.

In particolare, nei suddetti ambienti di vita, non deve essere superato:

- Il limite di 10 μ T (valore di attenzione) in ogni caso;
- Il limite di 3 μ T (obiettivo di qualità) nella progettazione di nuovi elettrodotti e di nuovi insediamenti vicino a elettrodotti esistenti.

Nel caso specifico, sono state identificate le zone con induzione magnetica comprese tra 3 e 10 μ T e trattandosi di una nuova installazione sarà evidenziato l'andamento dell'induzione magnetica a 3 μ T lungo il tracciato del cavo MT, come prescritto dall'obiettivo di qualità.

Invece, l'obiettivo del D.Lgs 81/2008, è la tutela dei lavoratori dagli effetti dei campi elettrici e magnetici.

Il D.Lgs 81/2008 richiede che nelle aree accessibili ai lavoratori, il livello di induzione magnetica non sia superiore a 500 μ T.

Nel caso specifico, lungo il tracciato del cavo MT i lavoratori saranno ampiamente tutelati dall'obiettivo di qualità richiesto dal DPCM 8 luglio 2003 descritto sopra.

Pertanto, di seguito sarà considerato il solo obiettivo di qualità previsto per la popolazione.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 13 di 13	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

3.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

La tipologia delle sorgenti del campo magnetico richiede un metodo di calcolo di tipo tridimensionale che si basa sull'applicazione delle leggi della fisica ed in sostanza generalizza alle 3 dimensioni dello spazio il campo di applicazione del metodo definito dalla norma CEI 211-4.

L'induzione magnetica è ottenuta come sovrapposizione degli effetti del contributo degli elementi secondo i quali viene frazionata la sorgente (ovvero i conduttori attivi).

Il calcolo è effettuato con un algoritmo generale che tiene conto della reazione del terreno e degli effetti induttivi.

A bassa frequenza il calcolo corrisponde sostanzialmente a quanto si potrebbe ottenere in condizioni stazionarie trascurando gli effetti della reazione del terreno per cui si possono senz'altro ritenere valide formule di seguito descritte.

Il contributo di ciascun elemento di lunghezza "l" percorso dalla corrente uniforme " \dot{I} " si ottiene con la nota formula di Biot Savart:

$$\dot{\mathbf{B}} = \mu \dot{\mathbf{H}} = \mu \frac{\dot{I} \cdot l}{4\pi r^2} \mathbf{l} \times \mathbf{r}$$

ovvero secondo gli assi del sistema cartesiano di riferimento con le:

$$\dot{B}_x = \mu \frac{\dot{I} l}{4\pi r^2} (l_y r_z - l_z r_y)$$

$$\dot{B}_y = \mu \frac{\dot{I} l}{4\pi r^2} (l_z r_x - l_x r_z)$$

$$\dot{B}_z = \mu \frac{\dot{I} l}{4\pi r^2} (l_x r_y - l_y r_x)$$

in cui:

$\dot{\mathbf{B}}$ è il vettore fasoriale dell'induzione magnetica [T]; \dot{B}_x , \dot{B}_y , \dot{B}_z sono le sue componenti spaziali;

$\dot{\mathbf{H}}$ è il vettore fasoriale del campo magnetico [A/m];

μ è il coefficiente di permeabilità magnetica del mezzo [H/m];

\dot{I} è il fasore della corrente [A];

l è la lunghezza del cavo;

r è la distanza dal cavo.

Sovrapponendo gli effetti di elementi interessati da correnti tra loro comunque sfasate, il vettore induzione magnetica risultante è caratterizzato in generale da polarizzazione ellittica. Si considera il solo valore efficace, ovvero la radice quadrata della somma dei quadrati dei valori efficaci delle sue componenti:

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 14 di 14	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Il campo magnetico si considera imperturbato (ovvero non distorto e non attenuato) dalla presenza di edifici, strutture, alberi, persone etc.

L'algoritmo di calcolo è stato implementato nel software di calcolo XGSLab sviluppato da SINT Srl.

3.3 CALCOLI DEI CAMPI MAGNETICI

3.3.1 DATI DI INGRESSO

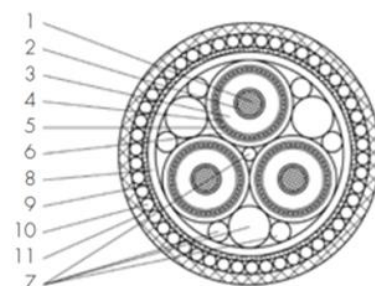
I dati di ingresso riguardano sostanzialmente la geometria delle sorgenti del campo magnetico (conduttori percorsi da corrente) ed i valori delle correnti longitudinali (in modulo e fase).

Il cavo MT è tripolare con le principali caratteristiche indicate in figura 3.5.

These constructional and electrical data are values of typical submarine cables up to 36 kV (Standard IEC), with radial and longitudinal water barrier.

- 1 Conductor
- 2 Conductor screening
- 3 XLPE insulation

- 4 Insulation screening
- 5 Metal screen and sealing
- 6 Laminated core sheath
- 7 Fillers, FO cables
- 8 Binder tapes
- 9 Bedding
- 10 Armour
- 11 Serving



Legend for tables

Constructional Data

- 1, 2, 3, 4, 5, - Nominal values
- 6, 7, 8
- 9, 10, 11 - Approx. values

Electrical Data

- 1 - Nominal value
- 2 - Max. value to IEC 60228
- 3, 4, 5, 6, 9 - Approx. values
- 7 - Calculated in accordance to IEC publications 60287 and the following assumptions
 - Max. conductor temperature at continuous load 90°C
 - Frequency 50 Hz
 - Max. ambient temperature 20°C
 - Screens bonded at both ends and connected to earth
 - burial depth of cables 1.0 m
 - Thermal resistivity of surroundings 1.0 K·m/W
 - at current acc. to 7
- 8

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 15 di 15	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

2XS(FL)2YRAA 12/20(24) kV

Constructional Data

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nominal cross sectional area of conductor (mm ²)	Conductor copper round stranded diameter over conductor (mm)	Insulation XLPE wall thickness (mm)	Screen copper wires and counter helix cross sectional area (mm ²)	Metallic tape aluminium wall thickness (mm)	Core sheath PE black wall thickness diameter (mm) (mm)	Bedding wall thickness (mm)	Armour steel wires round galvanized diameter (mm)	Serving bitumen fib. material and lime wash wall thickness (mm)	Outer diameter of cable (mm)	Cable weight (t/km)
95	11.5	5.5	16	0.2	2.5 33	2	4.0	3.5	89	12.7

Figure 3-1: Dati cavo 15 kV

Le profondità di posa ed il percorso sono indicati nello specifico elaborato grafico.

Il cavo dovrà alimentare un carico complessivo di 1 MW a 15 kV, per cui è stata assunta una corrente di normale esercizio simmetrica ed equilibrata pari a 50 A. Al fine di ottenere un risultato cautelativo, è stata inoltre considerata una componente omopolare di 1 A su una delle fasi (pari al 2% della corrente di impiego).

Inoltre, come richiesto dal D.Lgs 81/2008, il calcolo è stato eseguito anche considerando la corrente in condizioni di massima portata simmetrica ed equilibrata pari a 275 A. In questo caso non è stata considerata alcuna componente omopolare.

Cautelativamente è stato trascurato l'effetto dell'avvolgimento dei cavi ad elica, e l'effetto schermante della tubazione in acciaio dove il cavo sarà inserito per il tratto di attraversamento della spiaggia e nel successivo tratto sottomarino.

Per il tratto sottomarino, il cavo è stato considerato fino ad una distanza di 100 m dalla battigia.

La seguente figura illustra il layout generale dello scenario di calcolo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 16 di 16	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

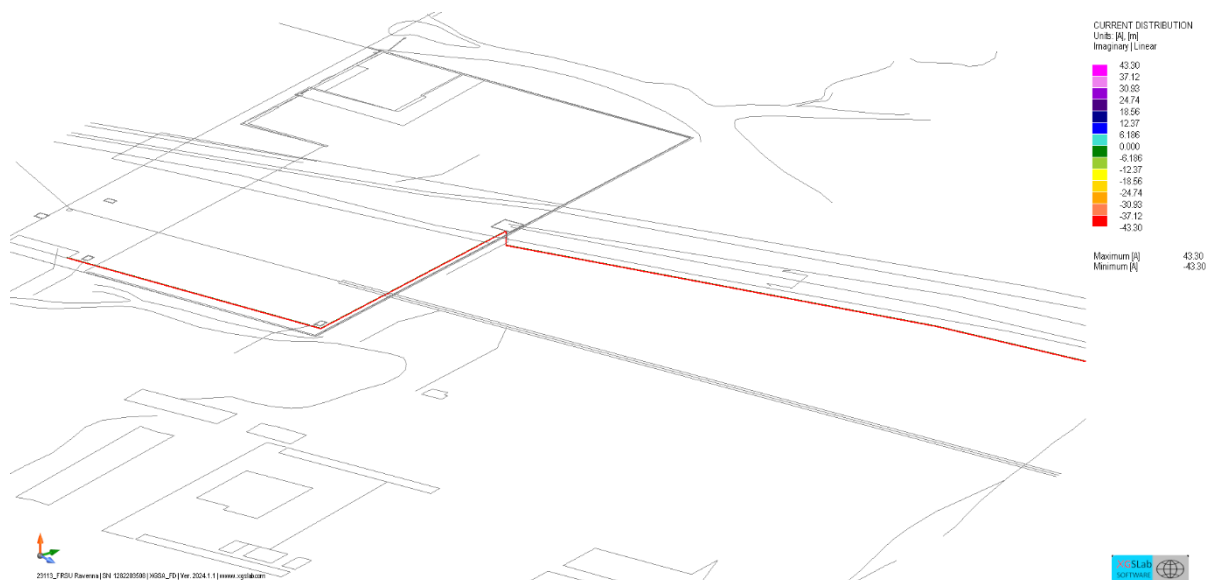


Figura 3-2: Layout 3D e correnti longitudinali nelle condizioni di normale esercizio delle sorgenti del campo magnetico

3.3.2 RISULTATI DI CALCOLO IN CONDIZIONI DI NORMALE ESERCIZIO

Di seguito sono riportati i principali risultati dei calcoli effettuati.

Le distribuzioni di induzione magnetica sono state calcolate secondo superfici orizzontali e verticali:

- Le superfici di calcolo orizzontali sono riferite ad una quota + 1 m rispetto al piano di riferimento per il recettore.
- Le superfici di calcolo verticali sono riferite alle sezioni più significative e, al fine di individuare correttamente le DPA, si estendono al di sotto della superficie del suolo.

Le seguenti figure forniscono una panoramica dei risultati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 18 di 18	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

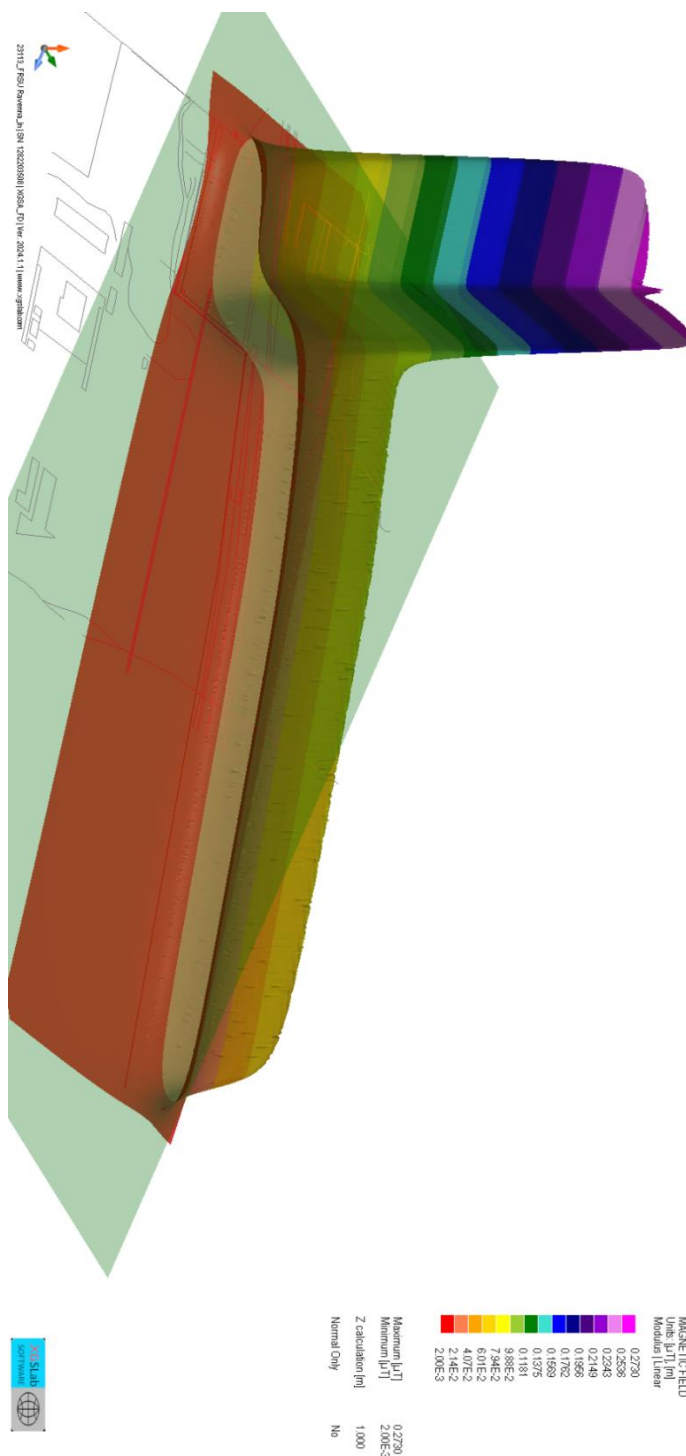


Figure 3-4: Campo magnetico su superficie orizzontale ad 1 m dal suolo (rappresentazione 3D)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 19 di 19	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

Le precedenti figure indicano che in nessun punto della superficie di calcolo orizzontale ad 1 m dal suolo viene raggiunto il limite dei 3 μ T.

Le seguenti figure forniscono dettagli relativamente ai calcoli su superfici verticali lungo il tracciato dalla cabina MT fino a 100 m oltre la battigia.



Figura 3-5: Rappresentazione posizione superfici verticali di calcolo di Campo magnetico

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 20 di 20	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

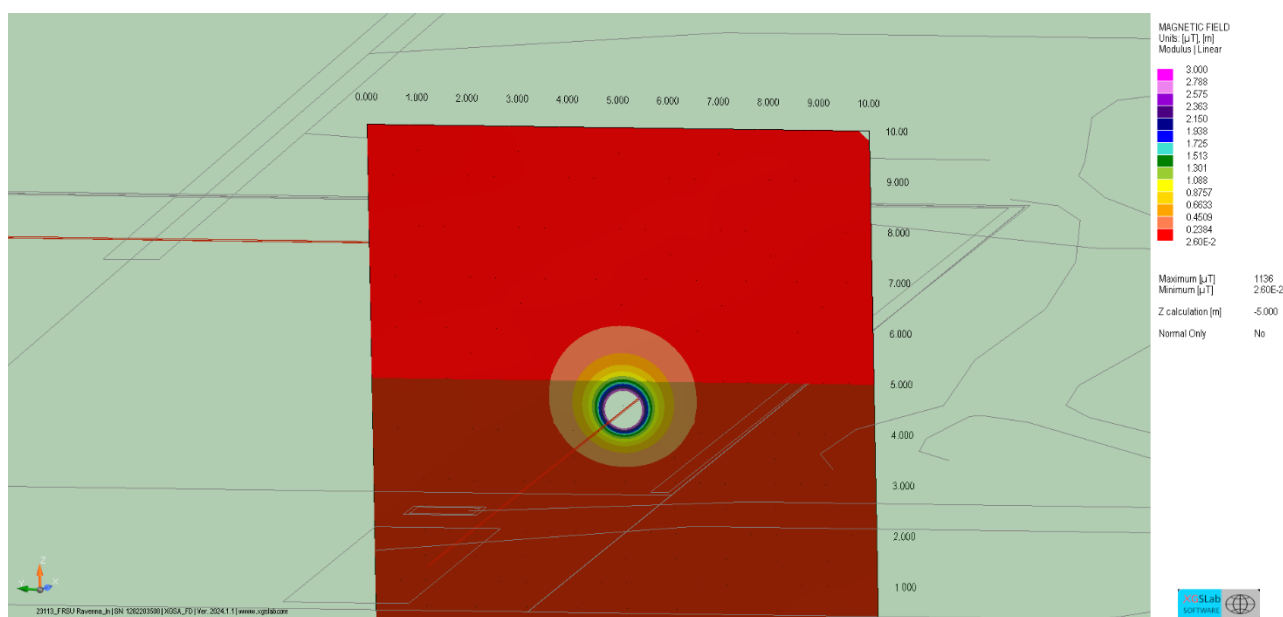


Figura 3.1: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 1

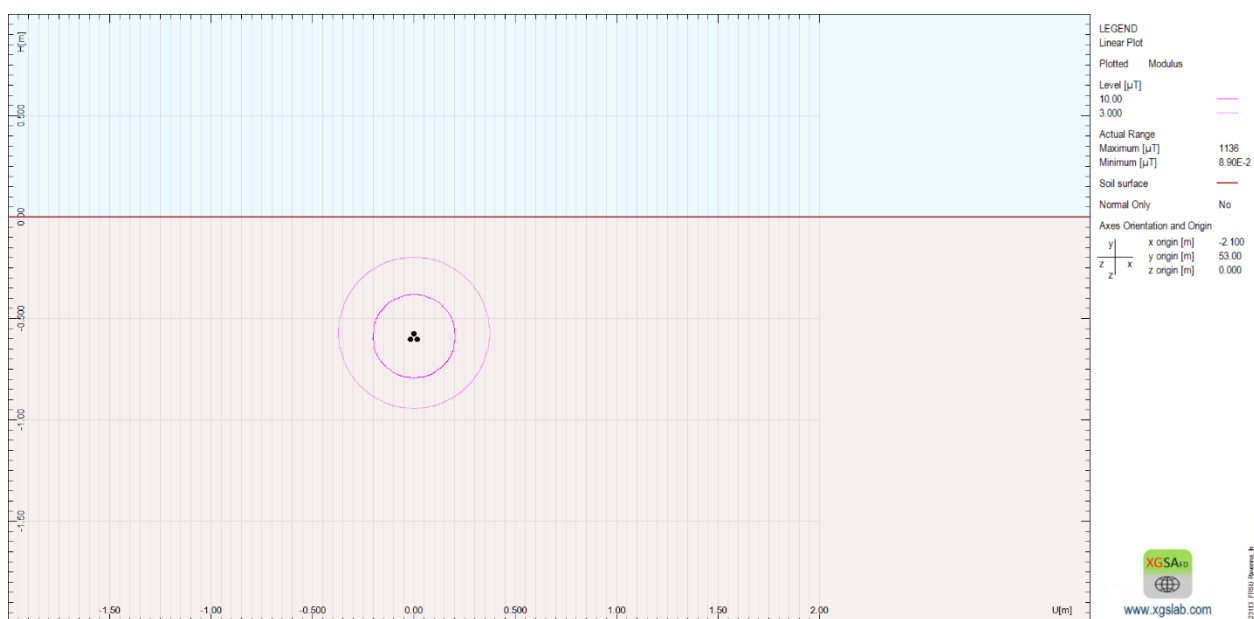


Figura 3.2: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 1

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 21 di 21	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

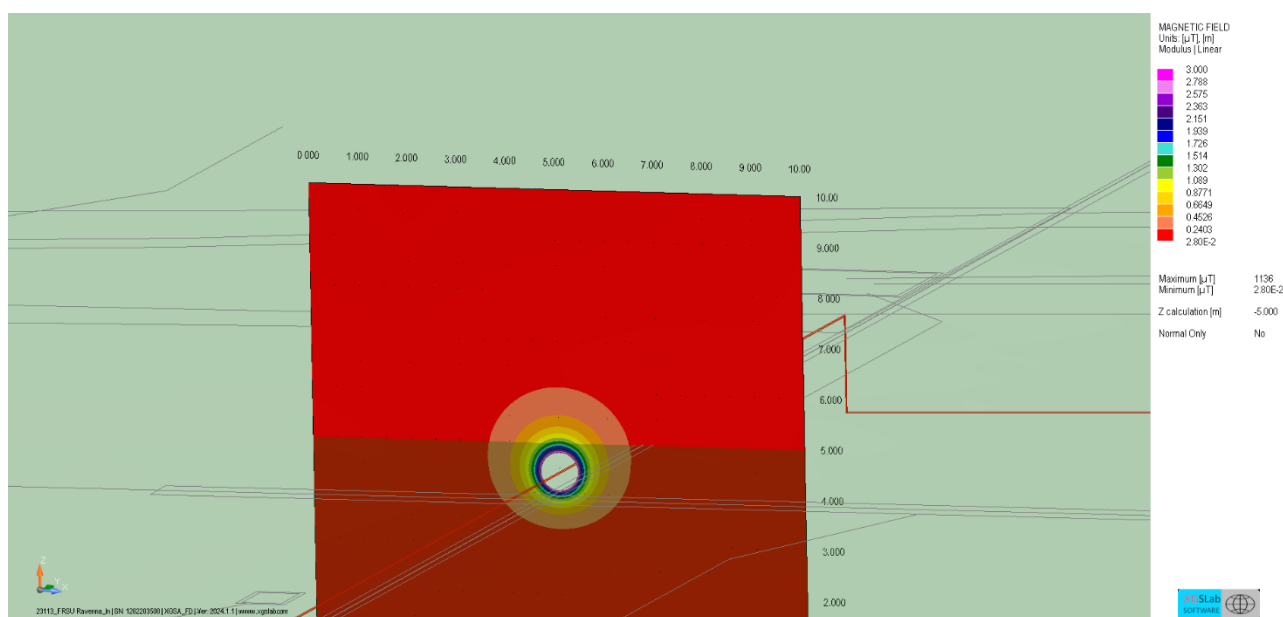


Figura 3.3: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 2

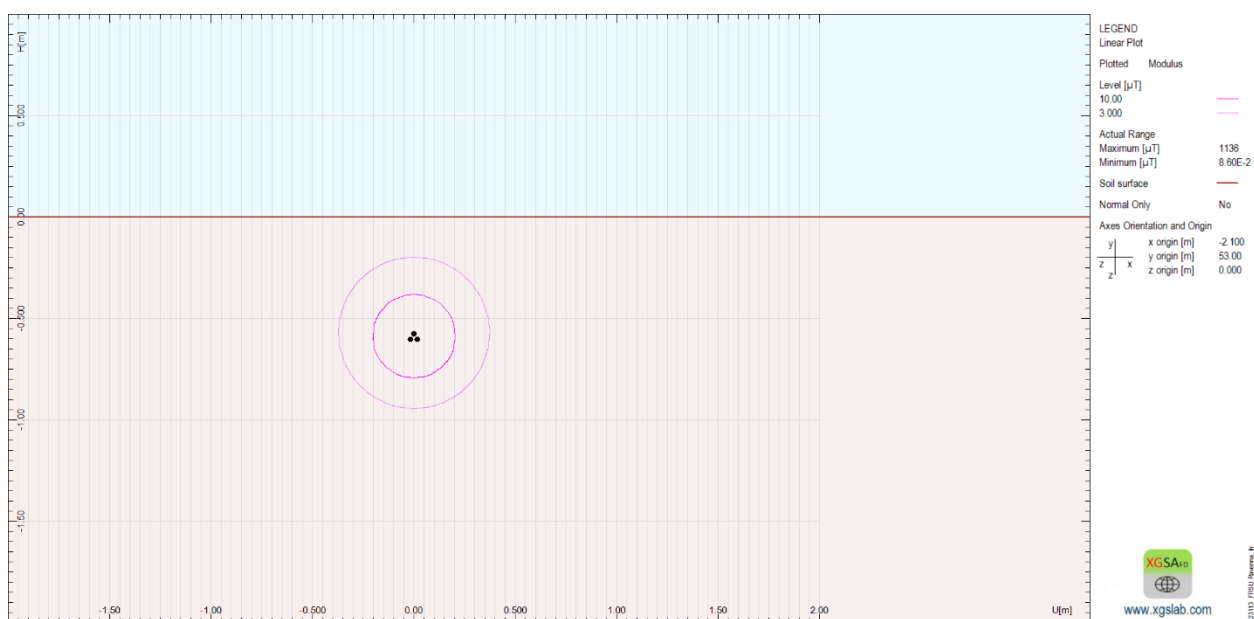


Figura 3.4: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 2

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 22 di 22	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

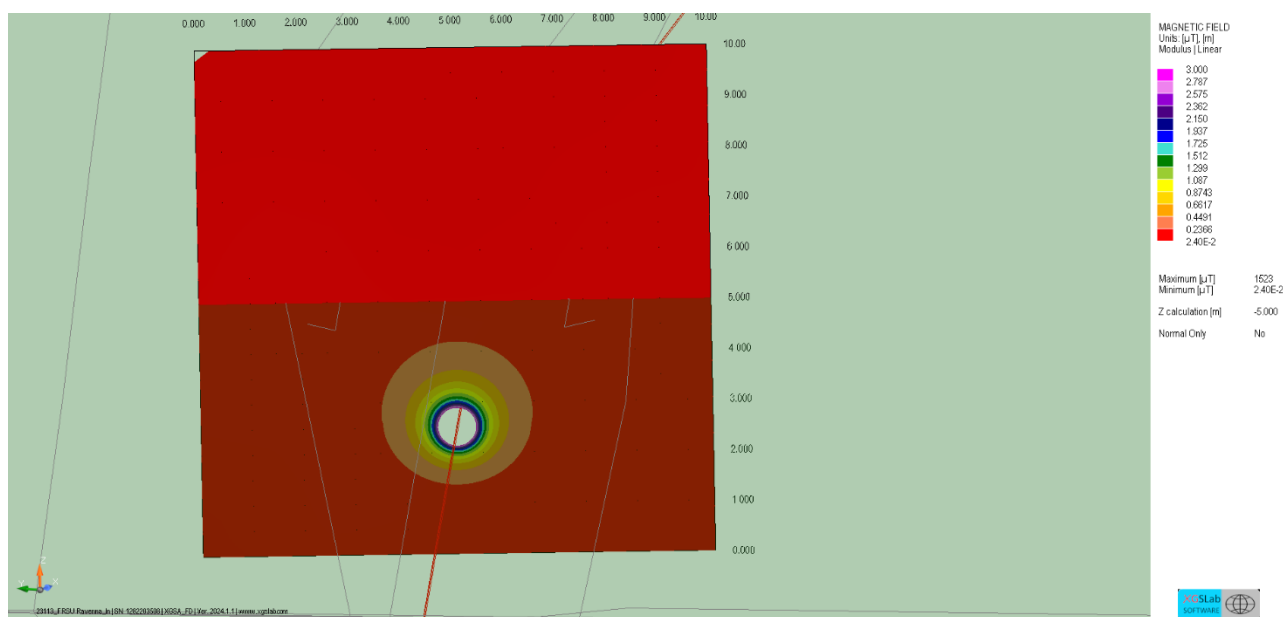


Figura 3.5: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 3

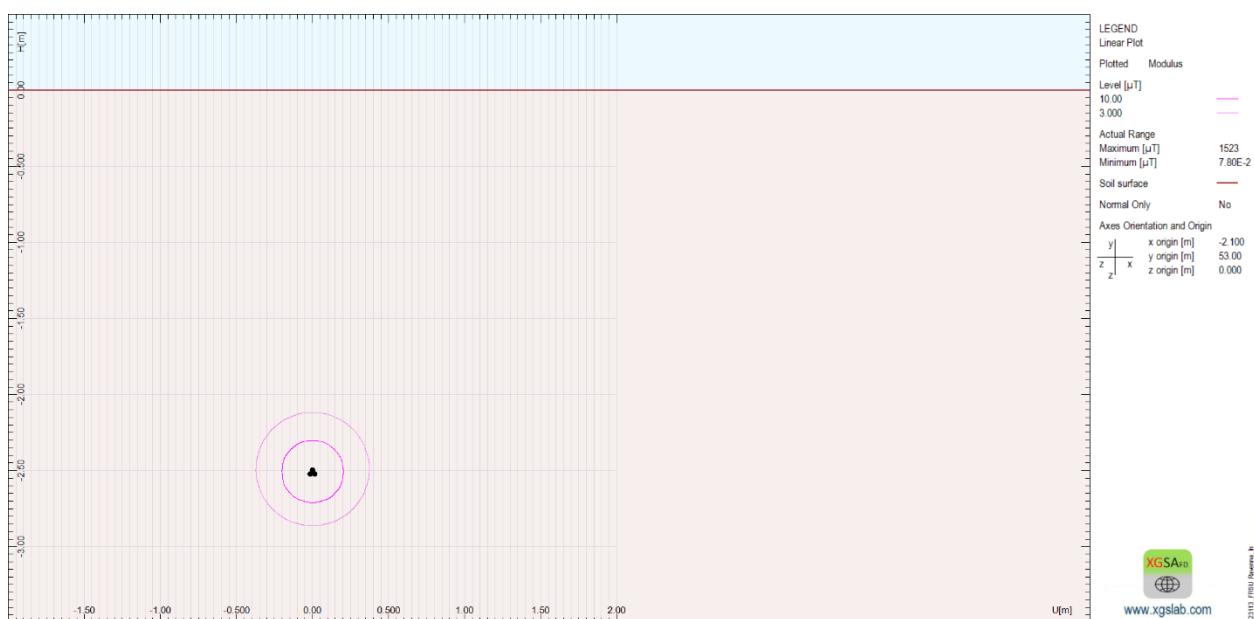


Figura 3.6: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 3

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 23 di 23	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

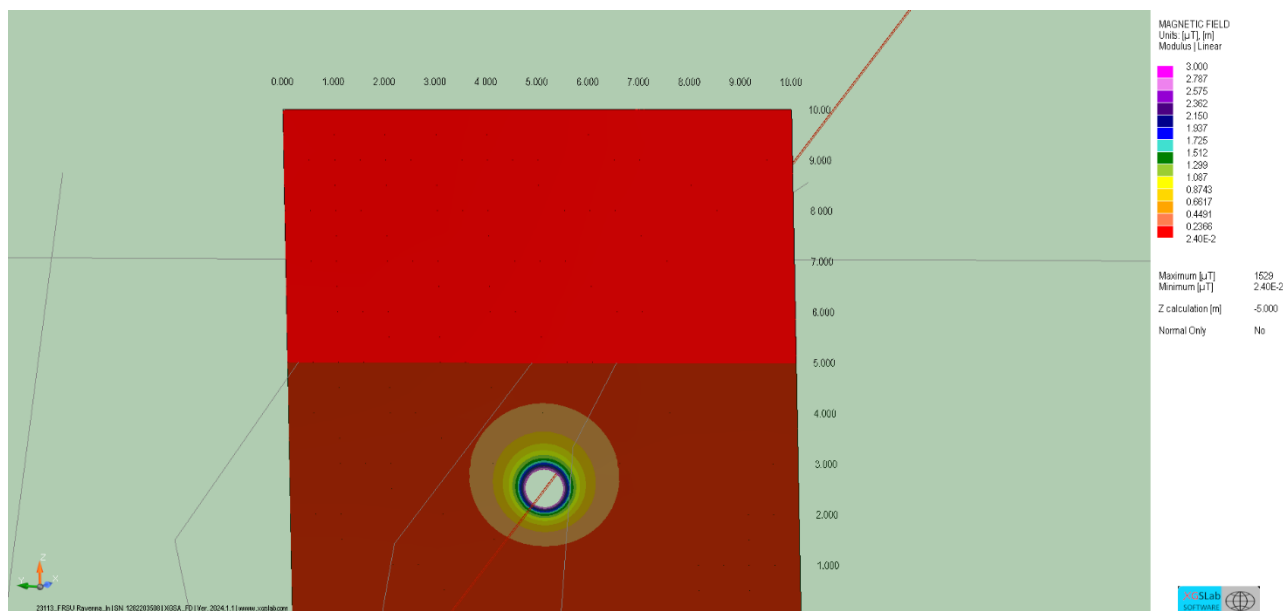


Figura 3.7: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 4

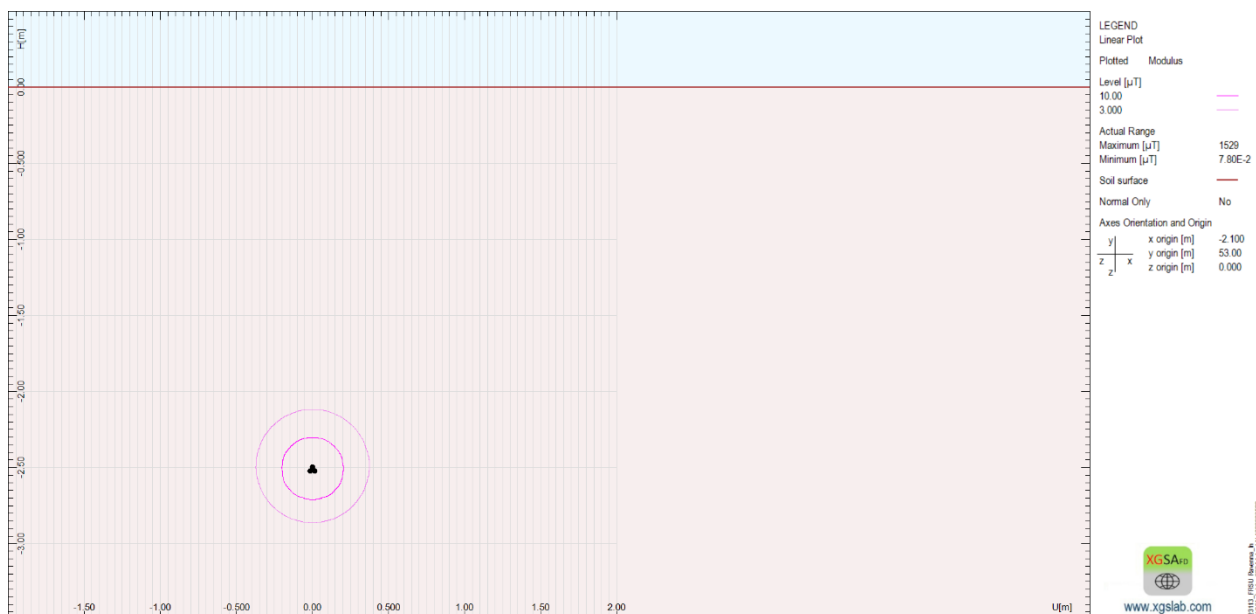


Figura 3.8: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 4

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 24 di 24	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

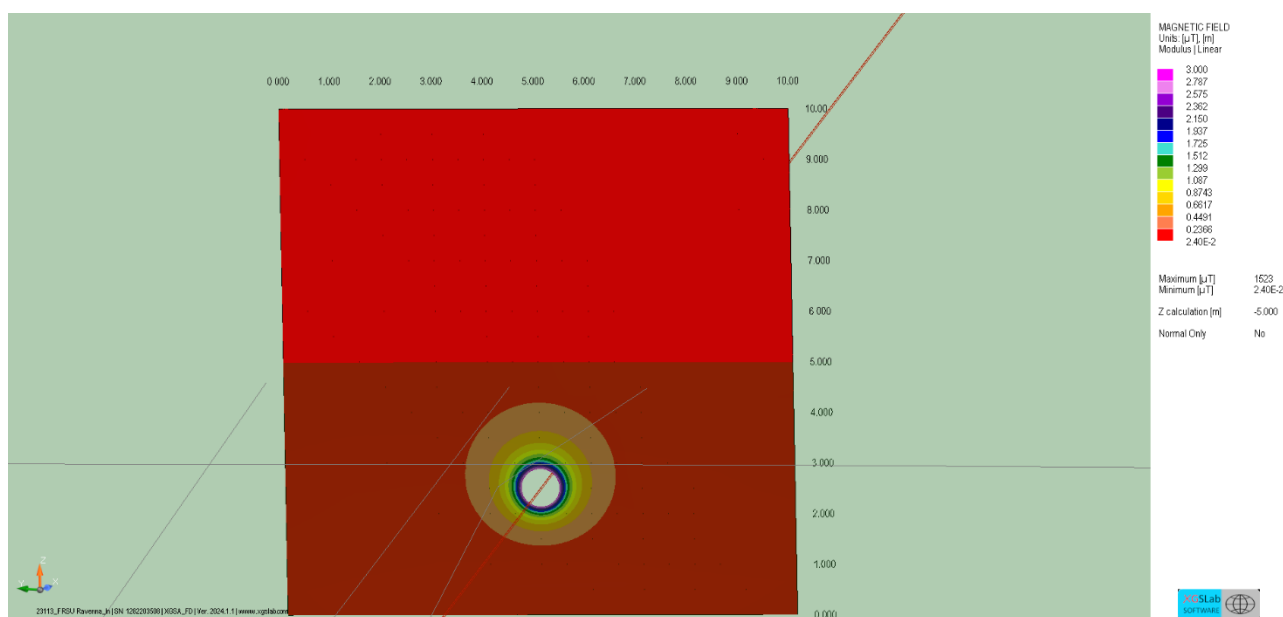


Figura 3.9: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 5

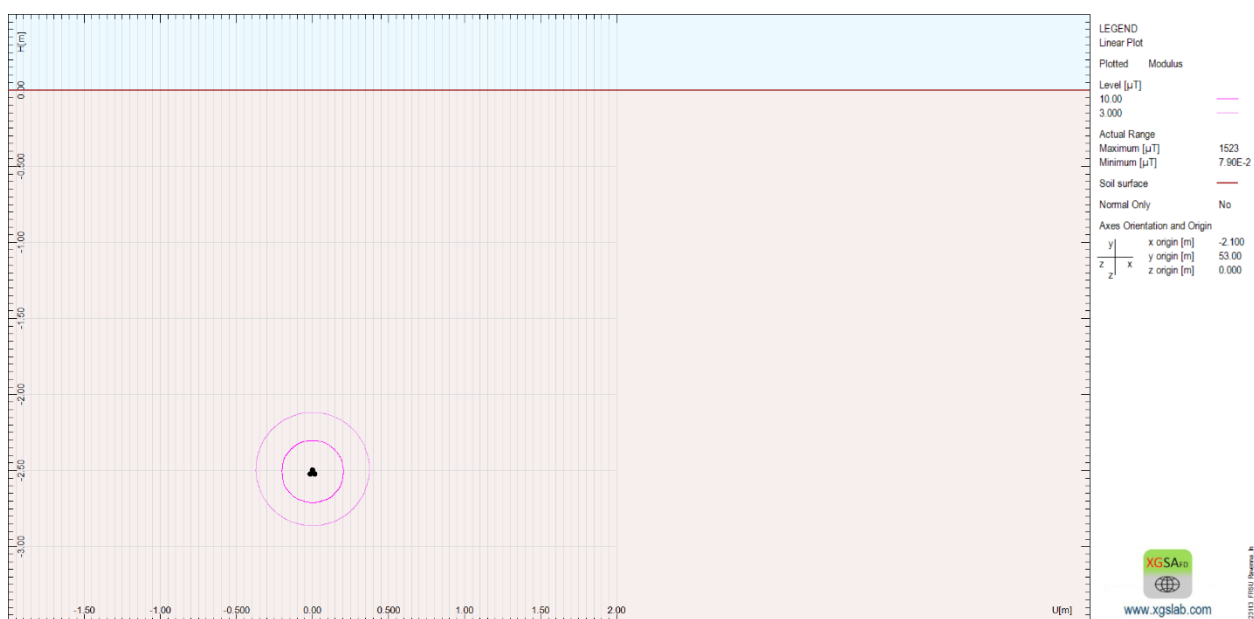


Figura 3.10: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 5

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 25 di 25	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

3.3.3 RISULTATI DI CALCOLO IN CONDIZIONI DI MASSIMA PORTATA

Di seguito sono riportati i principali risultati dei calcoli effettuati.

- Le distribuzioni di induzione magnetica sono state calcolate secondo superfici orizzontali e verticali.
- Le superfici di calcolo orizzontali sono riferite ad una quota + 1 m rispetto al piano di riferimento per il recettore.
- Le superfici di calcolo verticali sono riferite alle sezioni più significative e, al fine di individuare correttamente le DPA, si estendono al di sotto della superficie del suolo.

Le seguenti figure forniscono una panoramica dei risultati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 26 di 26	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

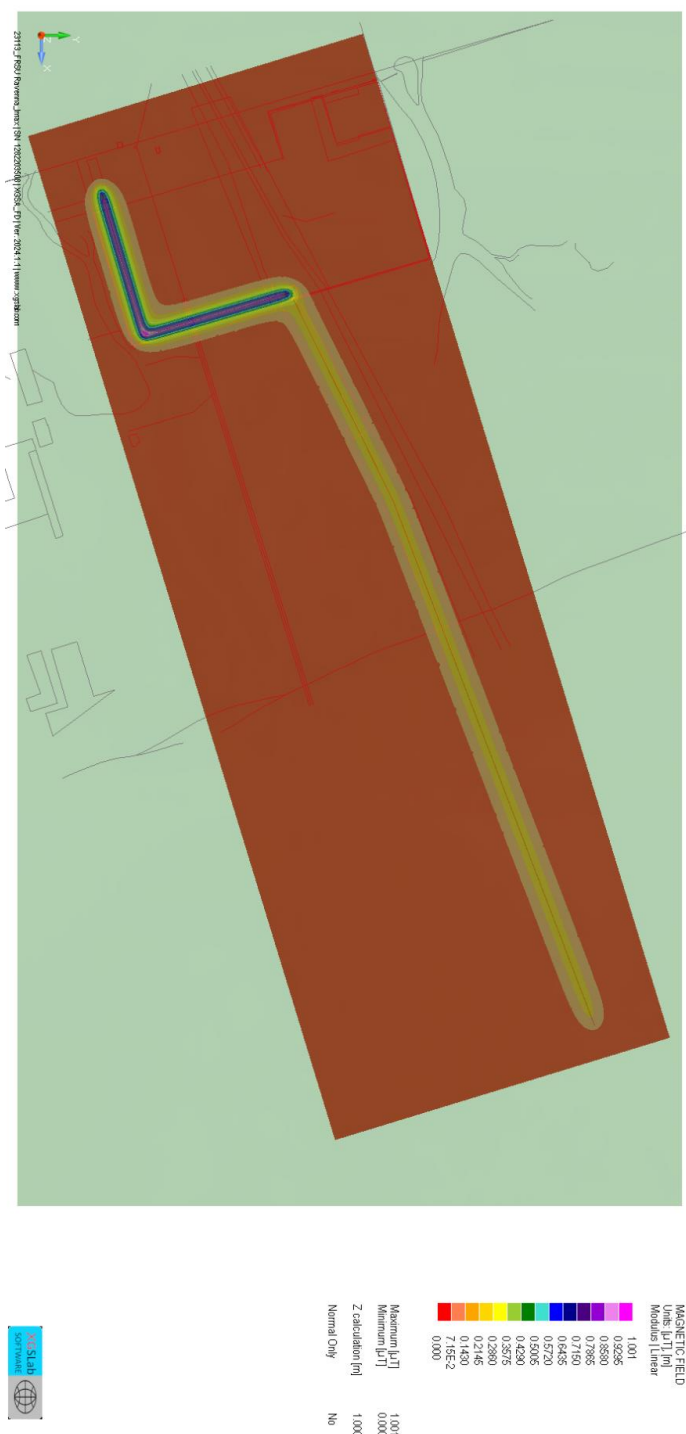


Figura 3.11: Campo magnetico su superficie orizzontale ad 1 m dal suolo (rappresentazione 2D)

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 28 di 28	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

Le precedenti figure indicano che in nessun punto della superficie di calcolo orizzontale ad 1 m dal suolo viene raggiunto il limite dei 3 μ T.

Le seguenti figure forniscono dettagli relativamente ai calcoli su superfici verticali lungo il tracciato dalla cabina MT fino a 100 m oltre la battigia.



Figura 3.13: Rappresentazione posizione superfici verticali di calcolo di Campo magnetico

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 29 di 29	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

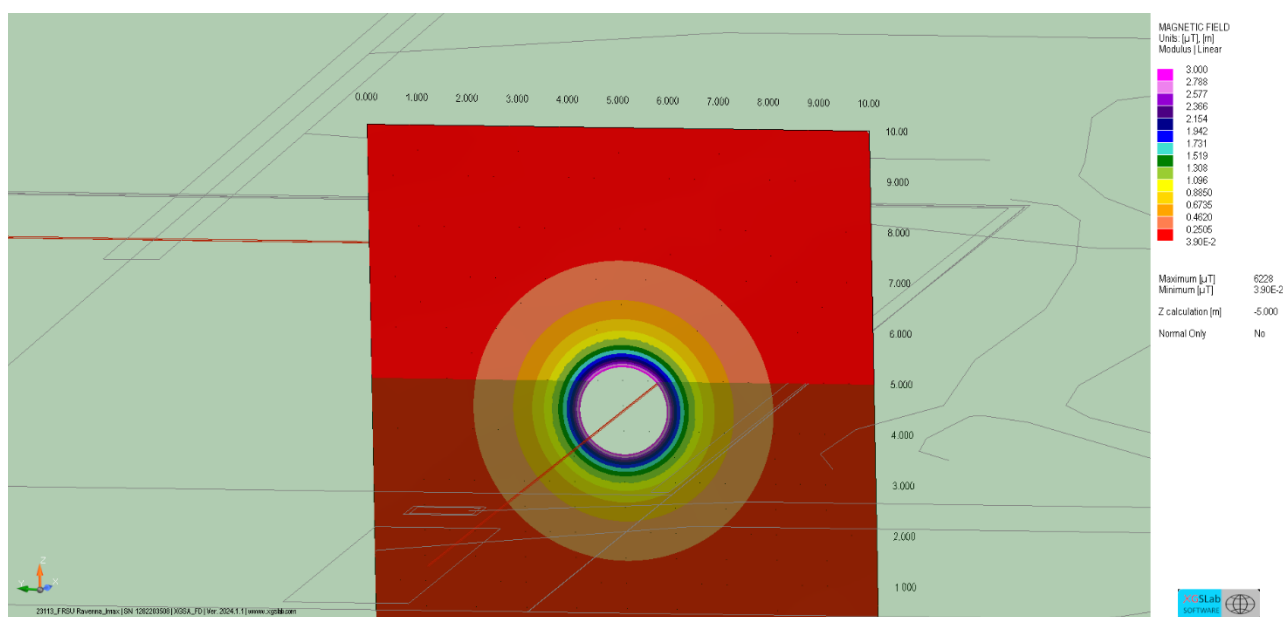


Figura 3.14: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 1

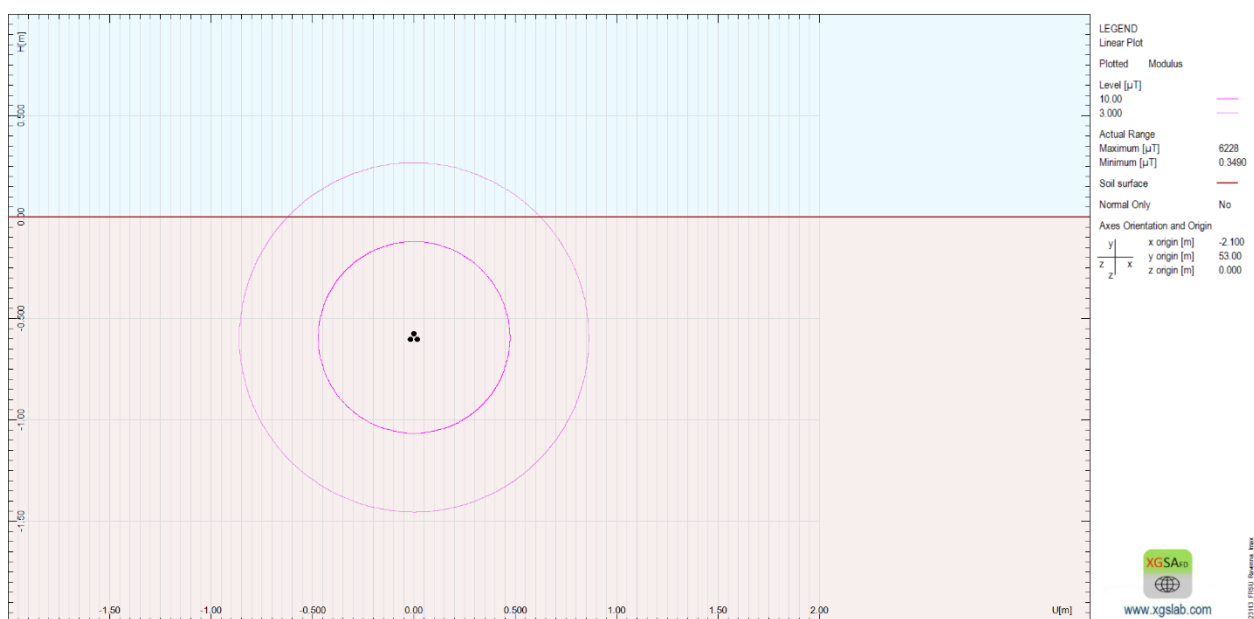


Figura 3.15: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 1

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 30 di 30	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

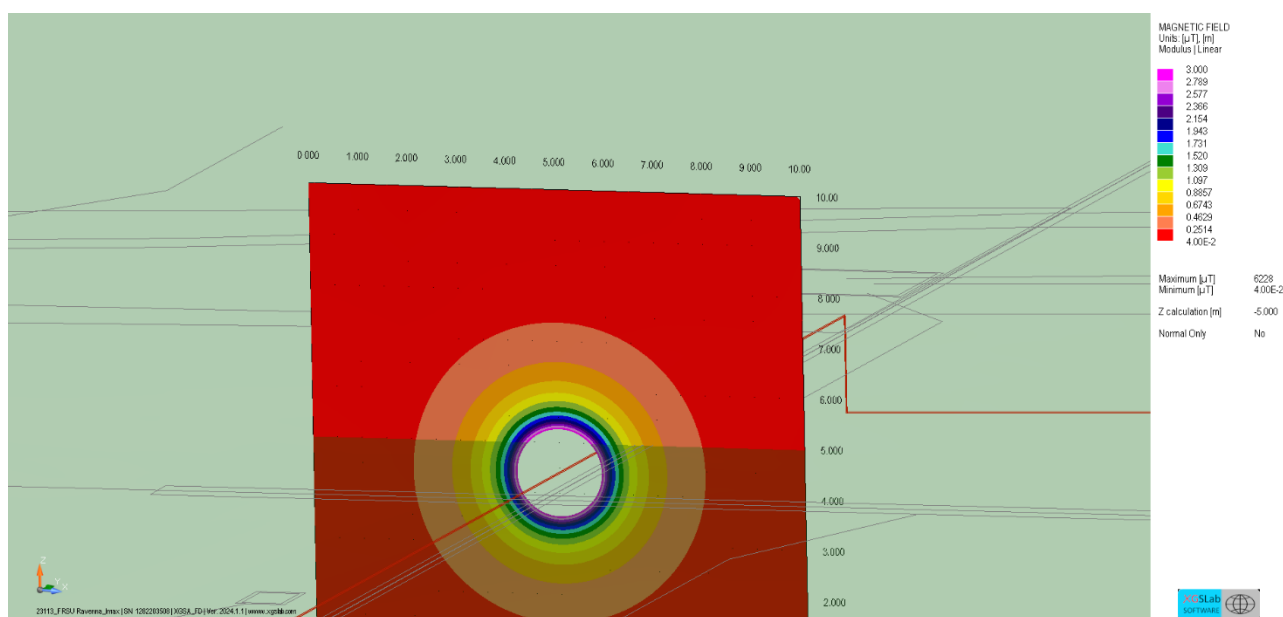


Figura 3.16: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 2

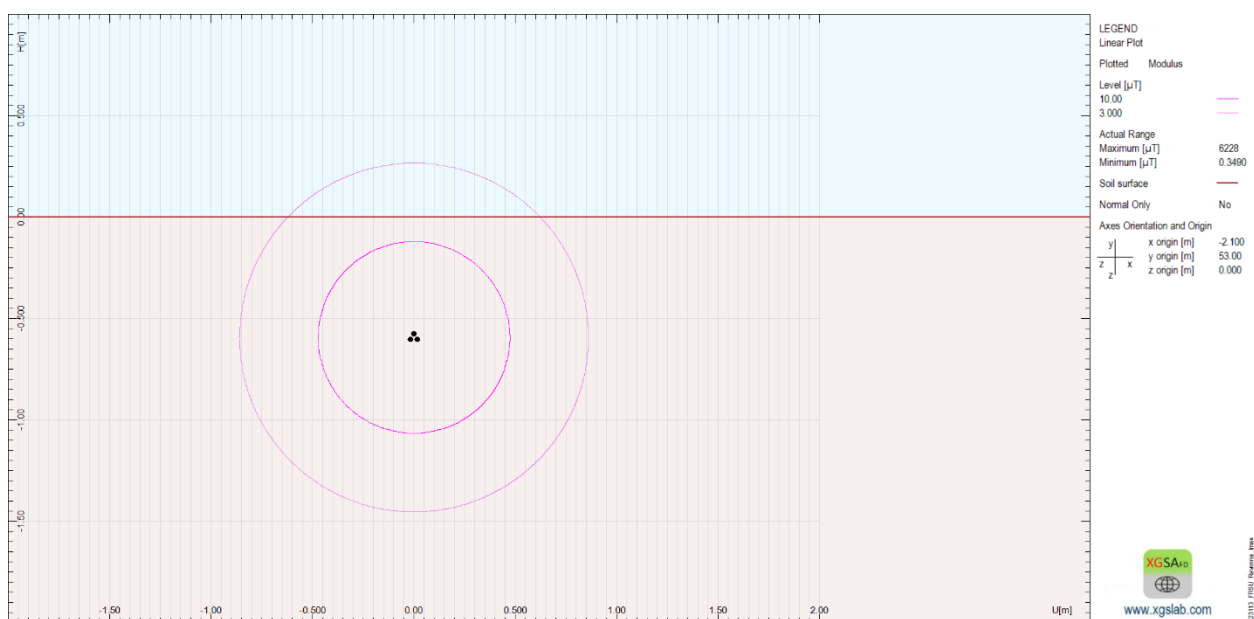


Figura 3.17: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 2

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 31 di 31	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

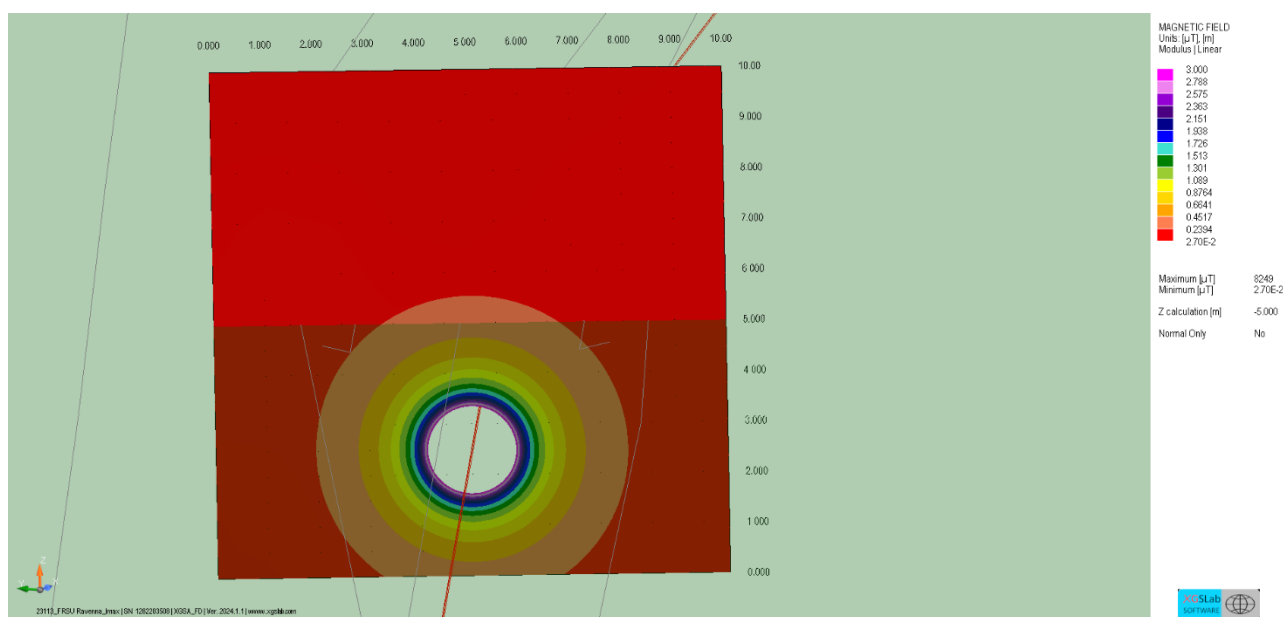


Figura 3.18: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 3

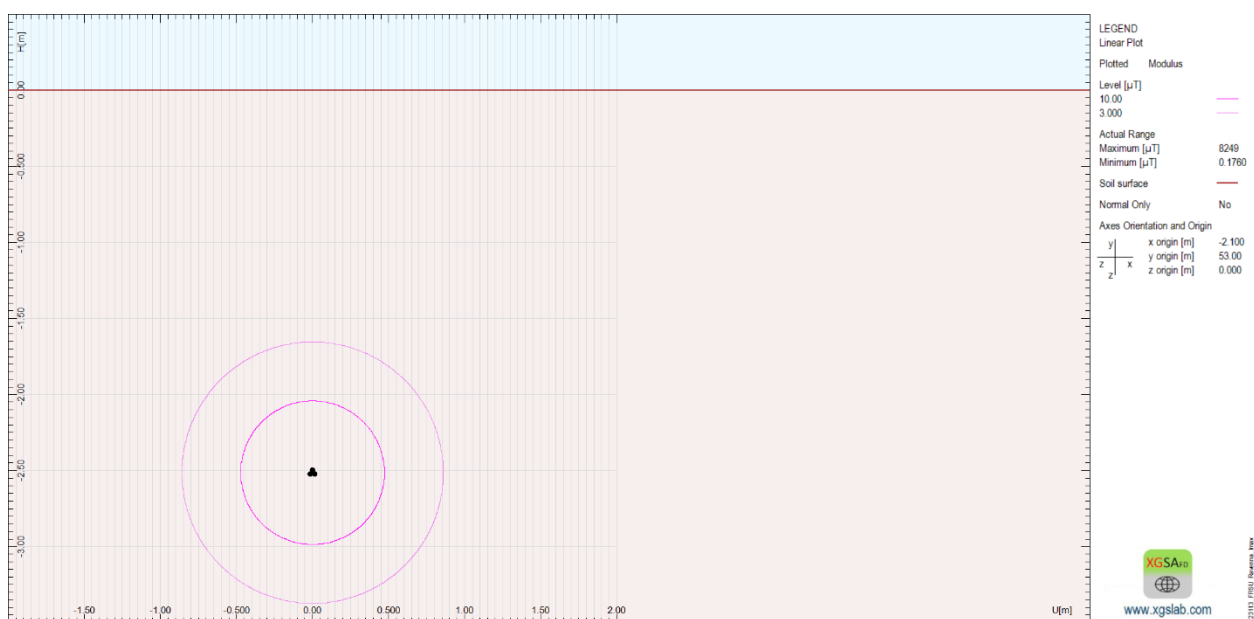


Figura 3.19: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 3

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 32 di 32	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

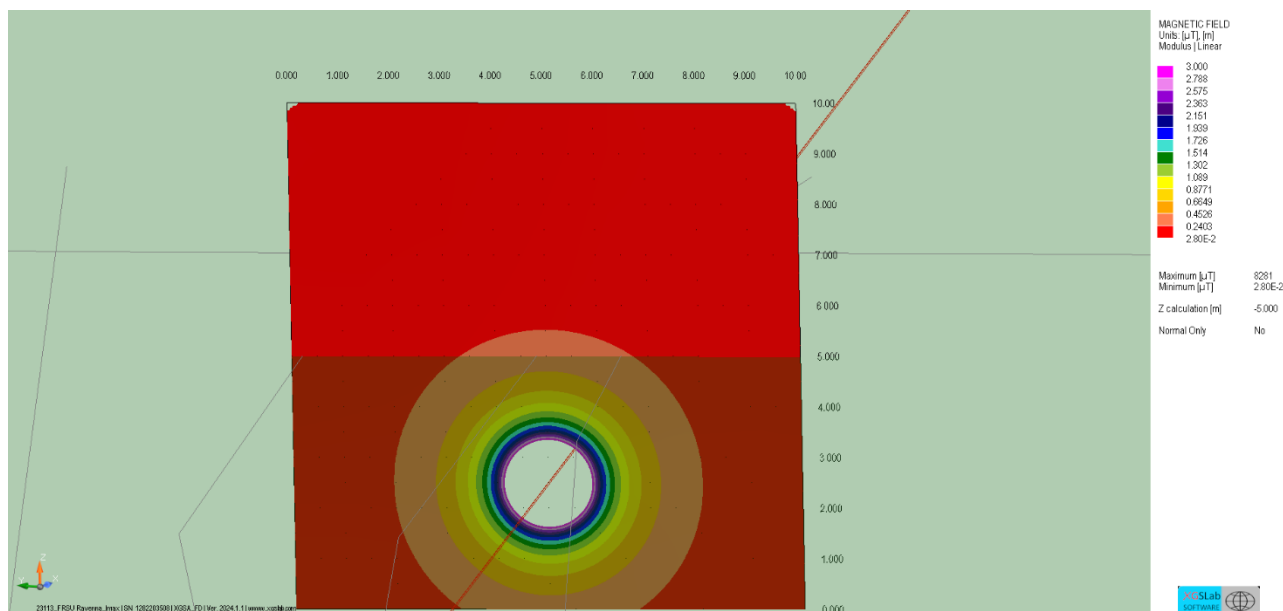


Figura 3.20: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 4

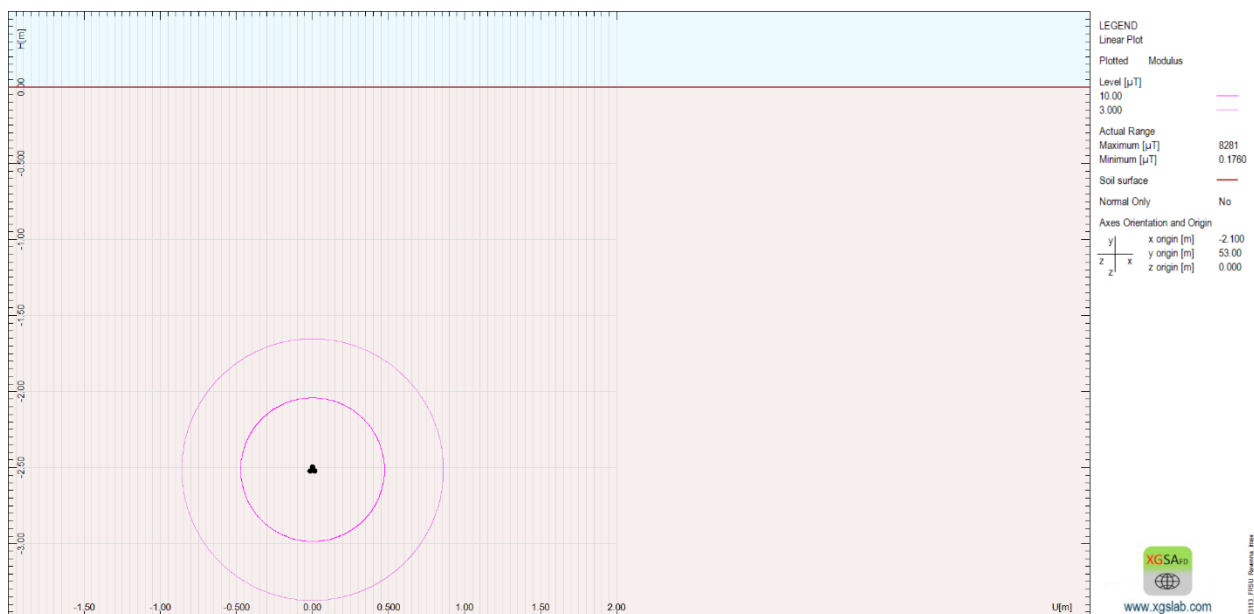


Figura 3.21: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 4

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 33 di 33	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

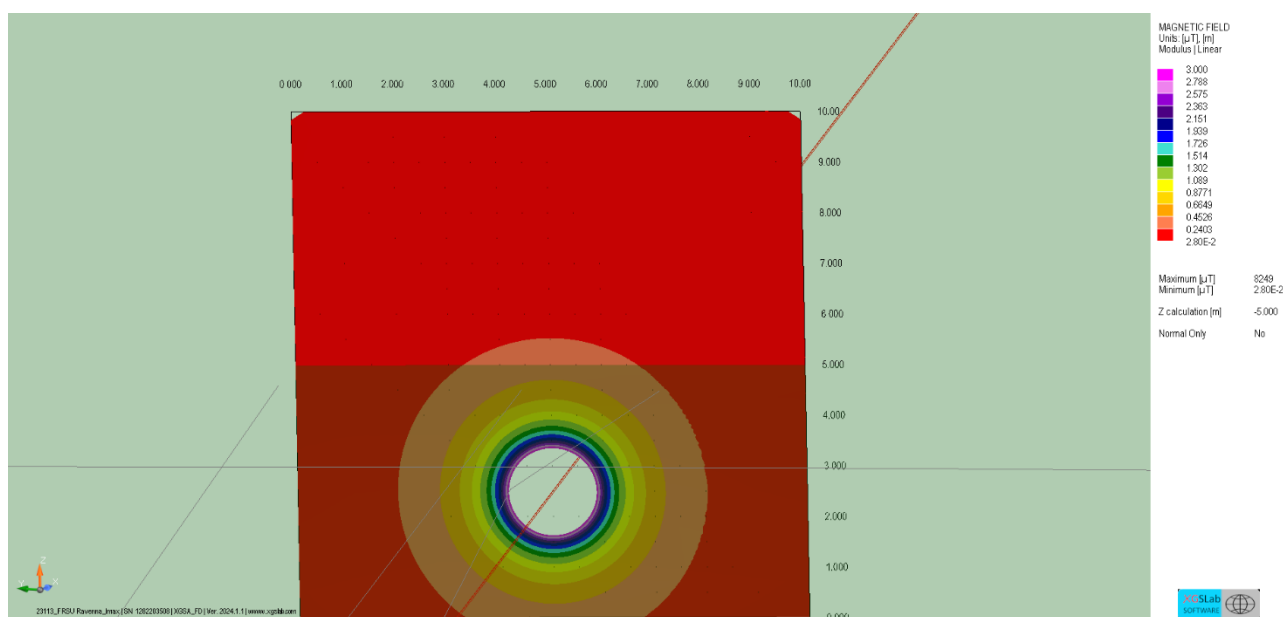


Figura 3.22: Campo magnetico su superficie verticale (range 0 – 3 μT) – Sezione 5

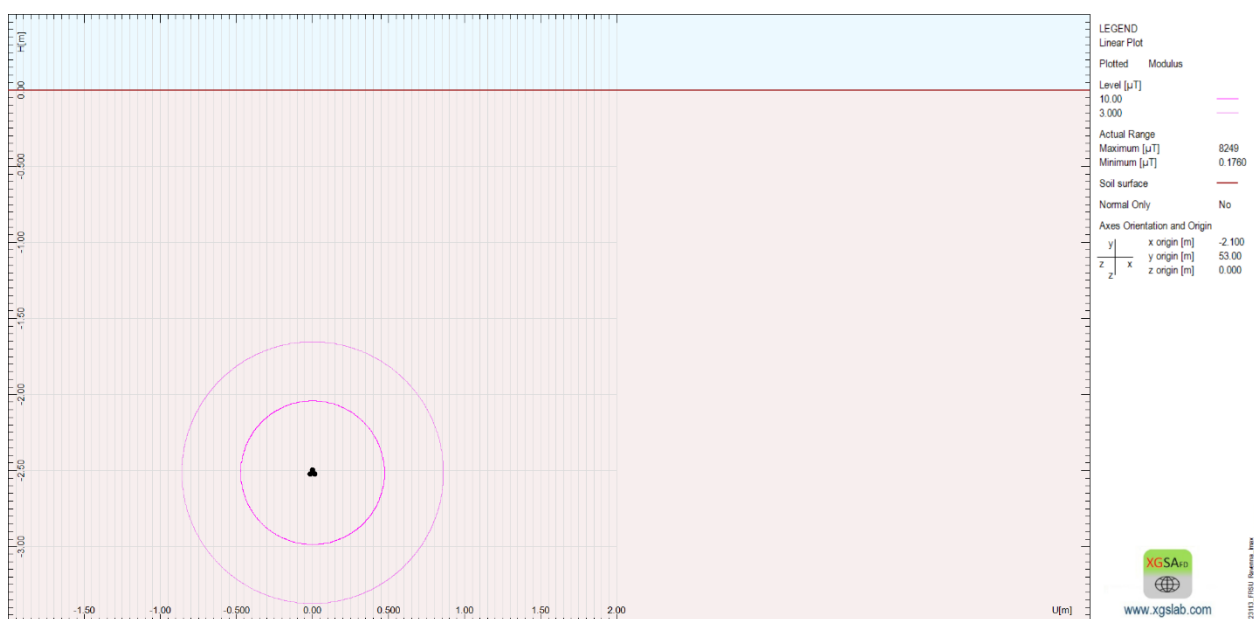


Figura 3.23: Campo magnetico su superficie verticale (isolinee 3 e 10 μT) – Sezione 52

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 34 di 34	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

Dalle precedenti figure relative a calcoli su superfici verticali si traggono le seguenti conclusioni:

- Si conferma che il campo magnetico ad 1 m dal suolo non raggiunge il limite dei 3 μ T.
- Il limite dei 3 μ T viene raggiunto e superato solamente in prossimità del cavo.
- La corrispondente DPA, ottenuta approssimando per eccesso al metro superiore la distanza alla quale il campo magnetico raggiunge il limite dei 3 μ T, vale ovunque 1 m.

Sono stati effettuati i calcoli dei valori efficaci dell'induzione magnetica e delle distanze di prima approssimazione (DPA) del cavo di alimentazione a 15 kV dell'impianto di rigassificazione di Ravenna (FRSU Ravenna).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 35 di 35	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

3.4 CONCLUSIONI

Il presente documento ha presentato la valutazione del rischio di esposizione dai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici del cavo MT e della cabina ENEL onshore.

In merito al campo elettrico, questo viene schermato e pertanto il rischio è ritenuto trascurabile. Per quanto riguarda il campo elettromagnetico, lo stesso viene considerato rilevante solo a frequenze maggiori di 50 Hz, pertanto anch'esso è considerato trascurabile.

Per quanto attiene il campo magnetico generato dal cavo MT e le Distanze di Prima Approssimazione, il calcolo è stato effettuato considerando le condizioni di posa del cavo stesso. Nel primo tratto, situato in corrispondenza dell'area ex-Sarom, il cavo è posto ad una profondità di 0,55 m, mentre nel tratto successivo è situato ad una profondità di 2 m.

Dalla valutazione del campo magnetico è emerso che lo stesso risulta inferiore al limite dei 3 μT all'altezza di un metro dal suolo, indicata come altezza standard dalla CEI 106-11, confermando l'assenza di rischio di esposizione.

Successivamente, si è proceduto a calcolare le Distanze di Prima Approssimazione (DPA), approssimando per eccesso al metro superiore la proiezione dei punti in cui si è registrato un campo magnetico maggiore di 3 μT , indipendentemente dalla profondità di posa del cavo, come indicato dalla normativa.

Si evidenzia quanto segue:

- Le Distanze di Prima Approssimazione (DPA), del cavo elettrico MT in corrispondenza dell'area ex-Sarom, della spiaggia e delle acque di balneazione, risultano di 1.00 m.
- La Distanza di Prima Approssimazione (DPA) della cabina elettrica risultano di 2.00 m e pertanto, le DPA risultano all'interno dei confini di concessione.

Per quanto riguarda le DPA del cavo elettrico, si specifica che il valore di 1.0 m è stato ottenuto approssimando per eccesso il valore della proiezione dei punti aventi campo magnetico superiore a 3 μT , come indicato dalle specifiche ENEL. Considerando che il campo magnetico risulta inferiore al limite di 3 μT all'altezza di 1m, si conferma l'assenza di rischio da esposizione al campo magnetico.

In conclusione, le valutazioni condotte indicano l'assenza di rischio di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati sia dal cavo MT che dalla cabina Onshore.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 36 di 36	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

4 VALUTAZIONE DPA CABINA ENEL

In merito al rischio di esposizione da campi magnetici nell'area intorno alla cabina ENEL presente nell'Area ex-Sarom, si adottano le Linee Guida di ENEL per la definizione e la rappresentazione della fascia di rispetto e delle DPA (Figura 4-1).

In assenza di dati certi circa gli apparecchi interni della cabina, si assegna, come soluzione conservativa, un valore di DPA pari a 2 metri dalle pareti della cabina che rappresenta il massimo valore delle DPA come da tabella.

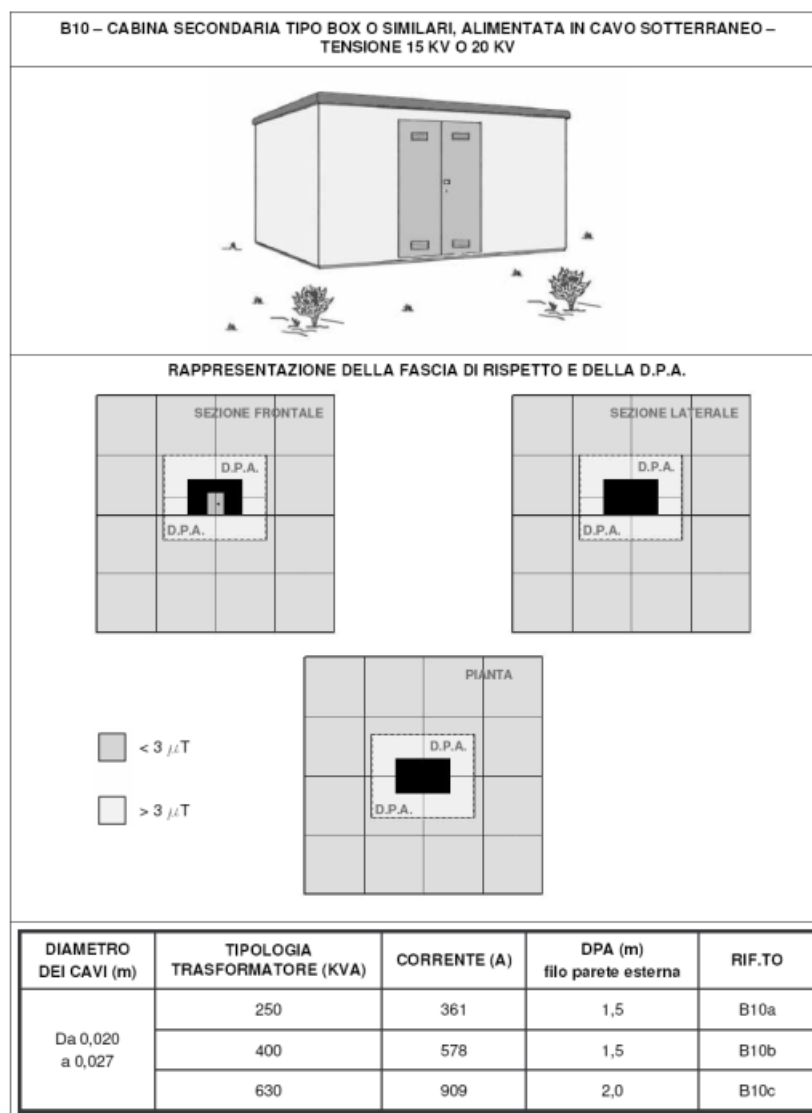


Figura 4-1: Rappresentazione della fascia di rispetto e delle DPA

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 37 di 37	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

Pertanto, essendo la cabina posizionata ad almeno 3 m dai confini catastali e dai confini di concessione (vedi Figura 4-2 e Figura 4-3), le DPA ricadono comunque all'interno di aree nelle disponibilità di Snam e sempre all'interno dell'area ex-Sarom in quanto inferiori a 3 m.

In particolare, è stata prevista come area aggiuntiva da richiedere in concessione demaniale un'area buffer di 3 metri attorno alla cabina elettrica (vedi Figura 4-3) in modo tale da comprendere nelle disponibilità di Snam la fascia DPA di 2 metri, la distanza di 3 metri dalle particelle ad Est e a Sud rispetto alla cabina e di collegarsi con l'area di concessione demaniale esistente presente sul confine di particella a Nord della cabina stessa.

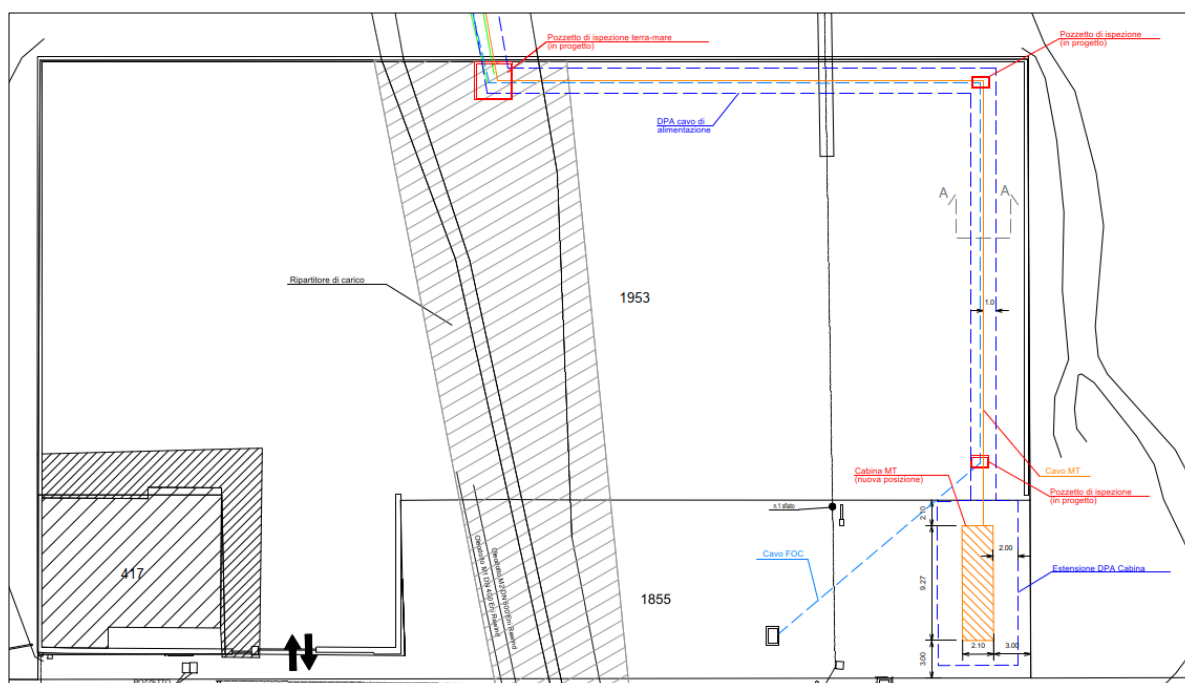


Figura 4-2: Distanze di Prima Approssimazione

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	REL-ELE-E-09098	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 38 di 38	Rev. 0

Rif. RINA: P0037820-4-H1

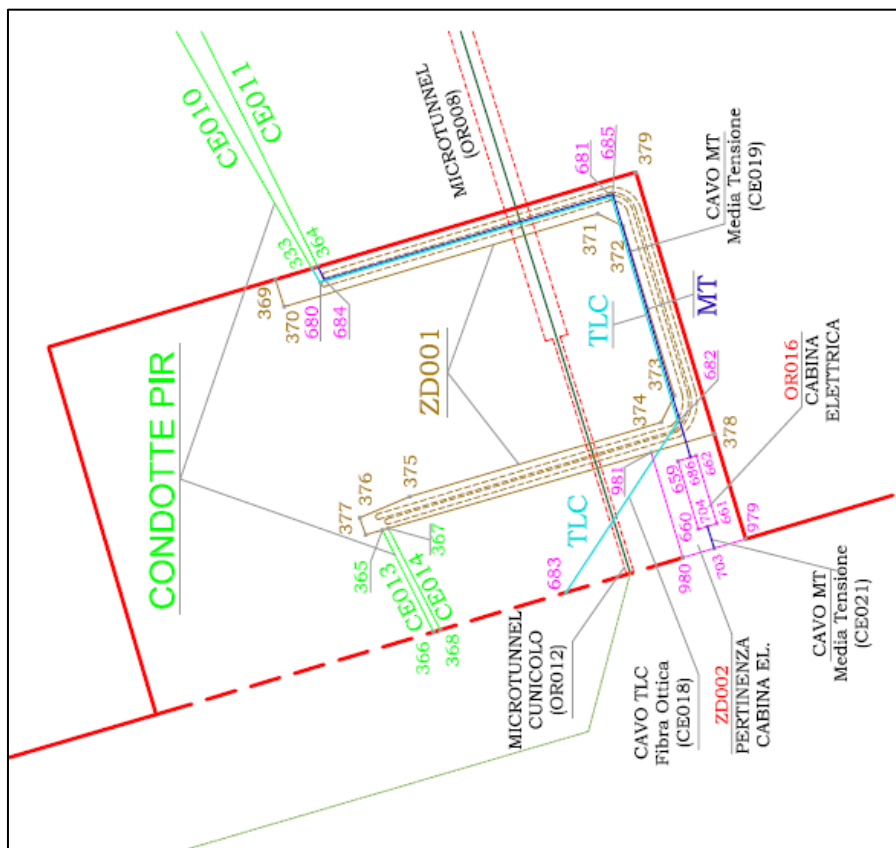


Figura 4-3: Aree richieste in Concessione Demaniale (estratto dalla documentazione per Autorità di Sistema Portuale)