

**“REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO
A TERRA DA 29,51 MW IN IMMISSIONE
- TIPO AD INSEGUIMENTO MONOASSIALE
“ARDARA” –
COMUNE DI ARDARA (SS)”.**

**RELAZIONE TECNICA DI COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA
OPERE DI RETE**

Committente: ENERGYARDARA1 SRL

Località: COMUNE DI ARDARA

CAGLIARI, 12/2022

STUDIO ALCHEMIST

Ing.Stefano Floris – Arch.Cinzia Nieddu

Via Isola San Pietro 3 - 09126 Cagliari (CA)
Via Semplice Spano 10 - 07026 Olbia (OT)

stefano.floris@studioalchemist.it
cinzia.nieddu@studioalchemist.it

www.studioalchemist.it



Sommario

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE	4
3. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE	7
4. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	8
5. DEFINIZIONI	10
6. STRUMENTI DI CALCOLO	13
7. METODOLOGIA DI LAVORO	15
7.1. DATI DEGLI ELETTRODOTTI.....	15
7.2. ANALISI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	15
7.2.1. LINEA AT INTERRATA IMPIANTO.....	15
7.2.2. STAZIONE DI UTENZA 36/33 kV	17
8. CONCLUSIONI	20

1. PREMESSA

Il presente documento ha lo scopo di descrivere e analizzare i campi elettromagnetici associati alle opere di connessione alla rete RTN, in particolare la stazione di trasformazione AT/MT di utenza da realizzarsi nel comune di Ardara e il cavo AT di connessione avente una lunghezza di 14 km circa, da realizzarsi principalmente lungo la viabilità pubblica ricadente nei comuni di Ardara.

Le opere di connessione sono opere da realizzarsi per la connessione dell'impianto da fonte solare di tipo agrovoltaiico da installare nel Comune di Ardara (CA), ricadente nel Catasto Terreni del comune di Ardara al foglio 1, particelle 88, 99, 102, 103, 63, 26, 98 e al foglio 4, particelle 70, 72, 74. L'impianto fotovoltaico avrà una potenza complessiva DC pari a **29,51 MWp**. La configurazione finale dell'impianto fotovoltaico, in termini di numero, sarà effettuata in funzione delle scelte progettuali che verranno condivise con il fornitore del sistema, così come il numero di container.

Terna, nell'ambito della soluzione di connessione ha previsto l'allacciamento in antenna a 36 kV con la futura sezione a 36 kV della stazione elettrica di trasformazione (SE) della RTN 380/220/150 kV di (Codrongianus).

Come sopra citato, in relazione alla futura connessione dell'impianto alla rete 36 kV, risulta necessario ampliare la Stazione Elettrica denominata "Codrongianui" con un nuovo stallo di linea AT, sul quale è individuato il punto di connessione dell'impianto a mezzo della linea AT in cavo in arrivo dalla stazione di elevazione AT/MT in area dell'impianto Fotovoltaico.

La presente relazione tecnica pertanto analizzerà, oltre ai campi elettromagnetici generati dalla linea AT interrata, anche quelli della stazione di utenza necessaria per la connessione dell'impianto.

UBICAZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in oggetto si colloca all'interno del Comune di Ardara.

Tutti gli interventi previsti e descritti nella presente saranno realizzati per quanto riguarda la stazione di utenza all'interno dell'area di impianto e per il cavo AT principalmente lungo la viabilità pubblica ricadente nel comune di Ardara

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'opera di connessione prevede la posa interrata di un cavo AT nel tratto compreso tra la stazione utente dell'impianto interna all'area in titolarità alla società ALCHEMIST S.R.L.S., in qualità di soggetto proponente del progetto, e la stazione elettrica di Terna denominata "Codrongianus" seguendo un tracciato che verrà definito in fase esecutiva di progetto.

Di seguito si riportano lo schema tipico costitutivo del cavo di riferimento

// Application

These are cables with low dielectric losses used in energy networks with sudden load changes. Laid in residential or industrial areas, underground or in ducts where there is no risk of mechanical damage.

// Construction

1. Stranded aluminum conductor.
2. Inner semi-conductive layer.
3. XLPE insulation.
4. Outer semi-conductive layer.
5. Semi-conductive tape.
6. Copper wire screen.
7. Polyester tape.
8. PVC outer jacket

// Cable Summary

Max. operating temperature	: 90°C
Max. short circuit temperature	: 250 °C
Rated voltage	: 20.8/36 kV
Min. bending radius	: 15 x D

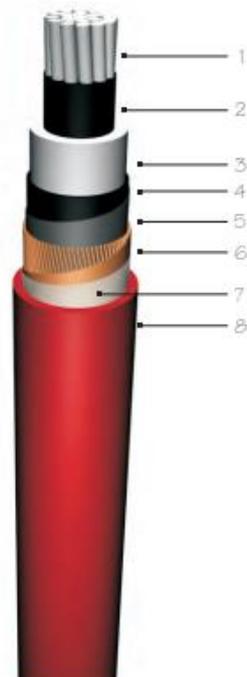
D = Cable outer diameter

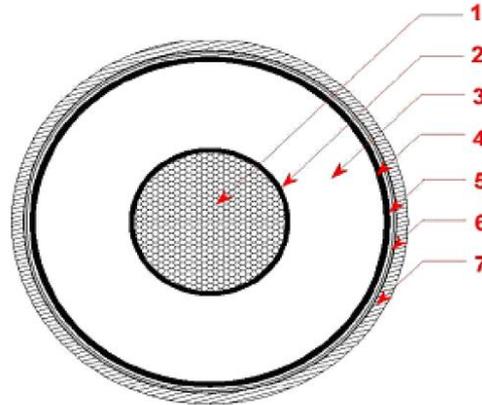
// Standards

IEC 60502 | BS 6622 | VDE 0276

// Code

YXC7V-R | NA2XSY | AL/XLPE/CWIS/PVC





- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Conduttore | 5. Rivestimento impermeabile |
| 2. Strato semiconduttivo interno | 6. Guaina metallica |
| 3. Isolante | 7. Guaina protettiva esterna |
| 4. Strato semiconduttivo esterno | |

Figura 2.1: Schema costitutivo cavo AT (a titolo indicativo)

I cavi saranno interrati ed installati in trincea ad una profondità di circa 1,8 m con posa a trifoglio. Nello stesso scavo, oltre al cavo di potenza sarà anche posato un tri-tubo per cavi in fibra ottica 48 fibre per la trasmissione dati. Tutti i cavi saranno alloggiati in terreno di riporto ed adeguatamente protetti con rete in PVC e piastra di protezione in cemento armato 6 cm.

Il percorso del cavo sarà adeguatamente segnalato con nastro monitor. La restante parte di scavo verrà riempita con materiale inerte o di riporto.

Sezione trasversale di scavo e posa in terreno agricolo

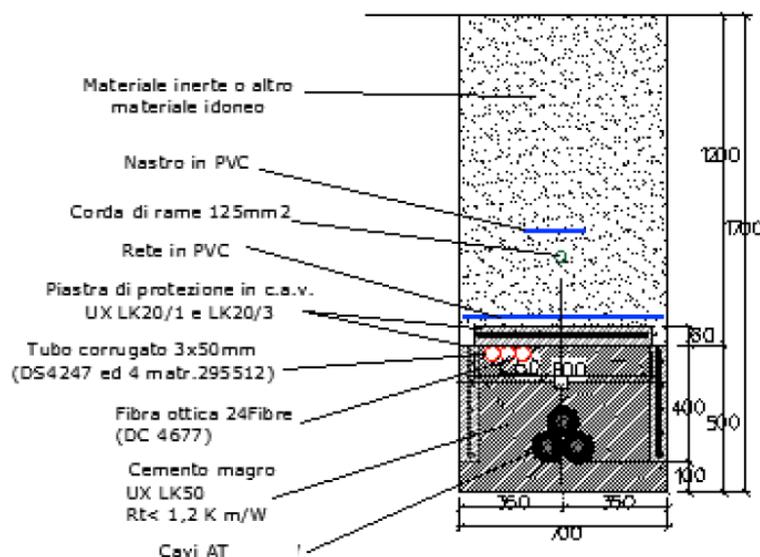


Figura 2.2: Tipologico posa cavo AT in terreno agricolo

Sezione trasversale di scavo e posa su sede stradale

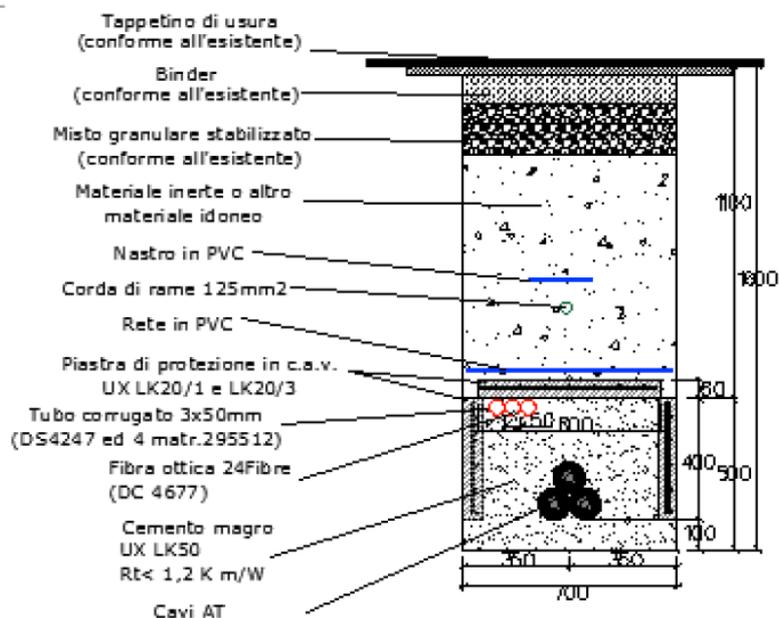


Figura 2.3: Tipologico posa cavo AT in asfalto.

3. CARATTERISTICHE TECNICHE DELLE OPERE

L'intervento relativo alla posa della linea in cavo per il collegamento dell'impianto alla RTN consiste in:

- Scavo lungo il percorso dell'elettrodotto e attraversamenti in perforazione controllata con tecnologia TOC
- Posa in opera di cavo in rame isolato in XLPE con le seguenti caratteristiche:
 - Designazione cavo: ARE4H5E
 - Tensione nominale di isolamento $U_0/U_{20,8/36}$ kV
 - Tensione massima di permanenza in esercizio: 40,5 kV
 - Sezione del conduttore: 400 mm²
 - Tipo conduttore: corda rotonda compatta
 - Materiale conduttore: fili di alluminio
 - Isolante: XLPE
 - Spessore medio isolante: 19,0 mm
 - Schermo metallico in nastro di alluminio saldato longitudinalmente, sezione 85 mm²
 - Guaina in polietilene con spessore nominale complessivo di 82 mm
 - Diametro max esterno del conduttore: 53,0 mm
 - Peso netto del cavo: 3,15 kg/m
 - Raggio di curvatura minimo: 2,16 m
 - Portata in corrente a 20°C per posa interrata a trifoglio: 737 A
- Rinterri lungo il cavidotto

4. RIFERIMENTI NORMATIVI

Si riportano le norme CEI applicabili,

- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09;
- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01;
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12;
- CEI 304-1 Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche Identificazione dei rischi e limiti di interferenza;
- 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, 2006:02;
- CEI 11-4, "Esecuzione delle linee elettriche esterne", quinta edizione, 1998:09;
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne", seconda edizione, 2002-06;
- CEI 11-17, per i cavi elettrici in AT;
- CEI 11-1, (CEI EN 61936-1 e CEI EN 50522);
- CEI 11-27: "Lavori su impianti elettrici".

e le principali norme, regolamenti e prescrizioni relative ai limiti di esposizione e alla misurazione dei campi elettromagnetici:

- Legge n° 36 del 2001;
- D.P.C.M. 8 Luglio 2003; ☐ Norma CEI 211-4;
- Guida CEI 103-8;
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 Luglio 2003 (art.6), parte1: Linee aeree e in cavo";
- Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale serie generale n° 160 del 5 Luglio 2008
- Linee guida ICNIRP: Linee guida per la limitazione dell'esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)

La Legge Quadro ha demandato la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al decreto attuativo D.P.C.M. 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".

Tabella 4.1: Limiti di esposizione – DPCM 8 Luglio 2003

Tabella 1: Limiti di esposizione – DPCM 8 luglio 2003		
	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B (μ T)
Limite di esposizione * (da non superare mai)	5 ***	100
Valore di attenzione ** (da non superare in ambienti abitativi e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	10
Obiettivo di qualità ** (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	3
<small> Note: * Valori efficaci ** Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio *** Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m. </small>		

Come indicato dalla Legge 36/2001, il limite di esposizione non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione, mentre il valore di attenzione e l'obiettivo di qualità si intendono riferiti alla mediana giornaliera dei valori in condizioni di normale esercizio.

Inoltre, il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003, all'art.6, in attuazione della Legge 36/2001 (art.4c.1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La suddetta metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della 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 di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del D.P.C.M. 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

5. DEFINIZIONI

- **Campo magnetico:** Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale un corpo magnetizzato, questo risulta soggetto ad una forza. L'unità di misura del campo magnetico è l'A/m. L'induzione magnetica è una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento ed è espressa in tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico si ricavano in base all'equazione: $1 \text{ A/m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.
- **Campo elettrico:** Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale una carica elettrica, questa risulta soggetta ad una forza. L'unità di misura del campo elettrico è il V/m.
- **Campo elettromagnetico:** Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a sé stesso, un campo magnetico pure variabile che, a sua volta, influisce sul campo elettrico stesso. Questi campi concatenati determinano nello spazio la propagazione di un campo elettromagnetico. È importante la distinzione tra campo vicino e campo lontano. La differenza consiste essenzialmente nel fatto che in prossimità della sorgente irradiante, cioè in condizioni di campo vicino, il campo elettrico ed il campo magnetico assumono rapporti variabili con la distanza, mentre ad una certa distanza, cioè in campo lontano, il rapporto tra campo elettrico e campo magnetico rimane costante.
- **ELF** è la terminologia anglosassone per definire i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, comprese tra 30 Hz e 300 Hz. L'esposizione a campi ELF dovuta ad una determinata sorgente è valutabile misurando separatamente l'entità del campo elettrico e del campo magnetico. Questo perché alle frequenze estremamente basse, le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici, piuttosto che a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri. I campi ELF sono quindi caratterizzati da due entità distinte: il campo elettrico, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni, ed il campo magnetico, generato invece dalle correnti elettriche.
- **Intensità di corrente (J):** È definita come il flusso di corrente attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in ampere per metro quadro (A/m^2).
- **Intensità di campo elettrico:** È una grandezza vettoriale (E) che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m).
- **Intensità di campo magnetico:** È una grandezza vettoriale (H) che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m).
- **Induzione magnetica:** È una grandezza vettoriale (B) che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione $1 \text{ A/m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$.
- **Linea:** Le linee corrispondono ai collegamenti con conduttori elettrici aerei o in cavo, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione. Le linee a tre o a più estremi sono sempre definite come più tronchi di linea a due stremi. Gli organi di manovra connettono tra loro componenti delle reti (es. interruttori, sezionatori, ecc.) e permettono di interrompere il passaggio di corrente.
- **Elettrodotto:** È l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.
- **Tronco:** I tronchi di linea corrispondono ai collegamenti metallici che permettono di unire fra loro due impianti gestiti allo stesso livello di tensione (compresi gli allacciamenti). Si definisce tronco fittizio il tronco che unisce due impianti adiacenti.
- **Tratta:** La tratta è una porzione di tronco di linea, composto da una sequenza di campate contigue, avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (es. tipologia del conduttore,

configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, tratta singola, doppia, ammassata, ecc.) e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale). Ad ogni variazione delle caratteristiche si individua una nuova tratta.

- **Campata:** La campata è l'elemento minimo di una linea elettrica; è sottesa tra due sostegni o tra un sostegno e un portale (ultimo sostegno già all'interno dell'impianto).
- **Sostegni:** Il sostegno è l'elemento di supporto meccanico della linea aerea in conduttori nudi o in cavo. I sostegni, i sostegni porta terminali ed i portali possono essere costituiti da pali o tralicci.
- **Impianto:** Nell'ambito di una rete elettrica l'impianto corrisponde ad un'officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva fase di destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie, Cabine Utente AT. Inoltre rientrano in questa categoria anche quelle stazioni talvolta chiamate di Allacciamento.
- **Corrente:** Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.
- **Portata in corrente in servizio normale:** È la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.
- **Portata in regime permanente:** Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).
- **Fascia di rispetto:** È lo spazio circostante un elettrodotto, 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. Come prescritto dall'articolo 4, comma I 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 ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.
- **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 di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.
- **Esposizione:** È la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale.
- **Limite di esposizione:** È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. I valori limite di esposizione per la popolazione sono invece richiamati dalla Legge Quadro, e sono stati indicati con apposito decreto D.P.C.M. 08.07.2003, che prevede il rispetto dei seguenti valori: 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 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- **Valore di attenzione:** È il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge.
- **Obiettivi di qualità:** Sono i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8 della L. 36/2001; sono anche i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4,

comma 1, lettera a) della medesima legge, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

- **Limiti di base:** Le limitazioni all'esposizione ai campi elettrici magnetici ed elettro-magnetici variabili nel tempo, che si fondano direttamente su effetti accertati sulla salute e su considerazioni di ordine biologico, sono denominate «limiti di base». In base alla frequenza del campo, le quantità fisiche impiegate per specificare tali limitazioni sono: la densità di flusso magnetico (B), la densità di corrente (J), il tasso di assorbimento specifico di energia (SAR), e la densità di potenza (S). La densità di flusso magnetico e la densità di potenza negli individui esposti possono essere misurate rapidamente.
- **Livelli di riferimento:** Questi livelli sono indicati a fini pratici di valutazione dell'esposizione in modo da determinare se siano probabili eventuali superamenti dei limiti di base. Alcuni livelli di riferimento sono derivati dai limiti di base fondamentali attraverso misurazioni e/o tecniche informatiche e alcuni livelli di riferimento si riferiscono alla percezione e agli effetti nocivi indiretti dell'esposizione ai campi elettromagnetici. Le quantità derivate sono: l'intensità di campo elettrico (E), l'intensità di campo magnetico (H), la densità del flusso magnetico (B), la densità di potenza (S) e la corrente su un arto (IL). Le grandezze che si riferiscono alla percezione e agli altri effetti indiretti sono la corrente (di contatto) (IC) e, per i campi pulsati, l'assorbimento specifico di energia (SA). In qualunque situazione particolare di esposizione, i valori misurati o calcolati di una delle quantità sopra citate possono essere raffrontati al livello di riferimento appropriato. L'osservanza del livello di riferimento garantirà il rispetto delle restrizioni fondamentali corrispondenti. Se il valore misurato supera il livello di riferimento, non ne consegue necessariamente che sia superata la restrizione fondamentale. In tali circostanze, tuttavia, vi è la necessità di definire se il limite di base sia o meno rispettato.

6. STRUMENTI DI CALCOLO

La norma CEI 106-11 definisce le formule per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti equilibrate e simmetriche. Successivamente dimostra che il campo magnetico nell'intorno dei cavi cordati ad elica è inferiore tanto più quanto è piccolo il passo dell'elica.

La norma CEI 211-4 fornisce invece le metodologie per il calcolo dei campi elettromagnetici generati dalle linee elettriche aeree ed interrate, sviluppate limitatamente a geometrie bidimensionali e applicabili a casi di interesse pratico.

Il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore e dal numero di terne di conduttori presenti all'interno dello scavo, dal momento l'elettrodotta in progetto è costituito da un'unica terna:

Scavo con una sola terna di conduttori del tipo ARE4H1R;

Non sono stati presi però in considerazione gli effetti dovuti alla presenza di eventuali linee elettriche interrate o aeree già in esercizio non facenti parte dell'impianto di progetto.

Di seguito vengono riportati i risultati delle elaborazioni eseguite per determinare la DPA. Si ricorda che, secondo quanto riportato nella "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.5.2008", la DPA ricavata viene approssimata per eccesso al metro successivo.

Nel caso degli scavi al cui interno è posata una sola terna, in accordo alla CEI 106-11 art. 6.2.3 b), la formula approssimata per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta da conduttori unipolari disposti a trifoglio (come da scelta progettuale) è la seguente:

$$B = 0.1 * \sqrt{6} \frac{SI}{R'^2} \quad [\mu T]$$

nella quale S rappresenta la distanza tra le generatrici delle terne dei conduttori, I è la corrente che percorre i cavi, R' è la distanza o raggio dal centro geometrico dei conduttori rispetto al quale corrisponde un valore di induzione magnetica B pari a 3 μT .

Dalla relazione di cui sopra si ricava dunque il valore di distanza R' che permette di definire il luogo geometrico dei punti che non rispettano l'obiettivo di qualità:

$$R' = 0.286 * \sqrt{SI} \quad [m]$$

Se a R' sottraiamo la distanza di profondità di posa dei conduttori, che nel caso specifico è di circa metri 1,8 otteniamo la distanza di rispetto h al di sopra del terreno.

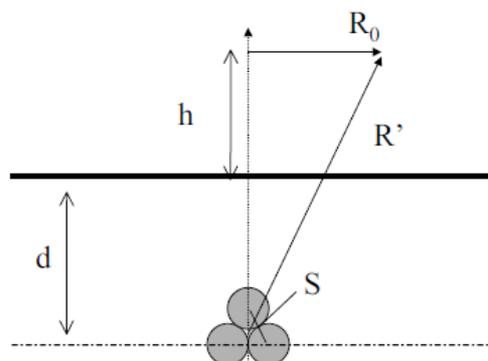


Figura 6.1: Illustrazione dei parametri geometrici per la definizione della DPA

Inoltre, indicando con d la profondità di posa, la formula seguente consente di calcolare la fascia di rispetto a livello del suolo R_0 , ovvero la distanza in orizzontale rispetto al baricentro della terna dopo la quale il valore dell'induzione magnetica a livello del suolo scende sotto i $3 \mu\text{T}$:

$$R_0 = \sqrt{0.082 S I - d^2} \quad [m]$$

Per lo svolgimento del calcolo dei campi elettromagnetici generati dagli elettrodotti oggetto della presente relazione, si è fatto utilizzo dei seguenti strumenti di calcolo:

- Calcolo dell'induzione magnetica generata dagli elettrodotti attraverso il software "Magic® - Magnetic induction calculation" per il calcolo dei campi magnetici generati da sorgenti di tipo elettrico e per la determinazione delle fasce di rispetto DPA secondo quanto richiesto dal decreto 29/05/2008;
- Calcolo del campo elettrico generato dagli elettrodotti: utilizzo della metodologia di calcolo basata sulla applicazione della legge di Gauss in linea con quanto riportato nella normativa di riferimento.

L'intensità del campo magnetico prodotto dagli elettrodotti (sia linee in cavo che conduttori nudi aerei) e/o dalle apparecchiature elettriche installate nelle sottostazioni elettriche può essere calcolata con formule approssimate secondo i modelli bidimensionali indicati dal DPCM 8/7/2003 e dal DM 29/5/2008.

La Norma CEI 106-11 costituisce una guida per la determinazione della fascia di rispetto per gli elettrodotti in accordo al suddetto DPCM.

La fascia di rispetto comprende lo spazio circostante un elettrodotto, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, dove l'induzione magnetica è uguale o maggiore dell'obiettivo di qualità.

Secondo la Legge 36/01 e il DPCM 8/7/03 allegato A l'obiettivo di qualità corrisponde al limite di $3 \mu\text{T}$ (microtesla) da rispettare nella costruzione dei nuovi elettrodotti.

Dalla proiezione al suolo della fascia di rispetto si ottiene la DPA (distanza di prima approssimazione) misurata tra la proiezione al suolo del baricentro dei conduttori e la proiezione al suolo della fascia di rispetto.

Infine, si tenga presente che l'intensità del campo magnetico è funzione dell'intensità della corrente e della distanza tra i conduttori e diminuisce all'aumentare della distanza dal baricentro dei conduttori.

A favore della sicurezza per il calcolo della fascia di rispetto, il DM 29/5/2008 impone che si utilizzi la portata massima dell'elettrodotto e/o delle linee in cavo, e non la corrente di massimo impiego. La portata massima è definita in funzione delle caratteristiche costruttive delle apparecchiature e delle linee elettriche.

7. METODOLOGIA DI LAVORO

Di seguito verrà descritta la metodologia di calcolo con la quale sono stati valutati i campi elettrici e magnetici generati dalla linea in cavo interrato e la stazione di utenza.

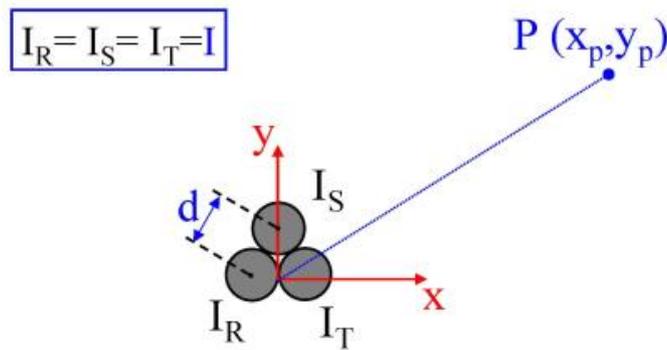
7.1. DATI DEGLI ELETTRODOTTI

- Elettrodotto in cavo di collegamento tra la sottostazione utente di impianto e il nuovo stallo che verrà realizzato in stazione elettrica RTN "Selargius", isolato in XLPE, sezione 400 mm². Vengono presi come riferimento per il calcolo dei campi elettromagnetici i seguenti parametri:
 - o Tensione di esercizio: 36 kV
 - o Corrente di calcolo: 737 A (portata nominale del cavo)
 - o Distanza tra i baricentri dei conduttori $d = 0,0971$ m

7.2. ANALISI DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

7.2.1. LINEA AT INTERRATA IMPIANTO

Si riporta nella figura seguente la vista in sezione delle curve di iso-livello di induzione magnetica associate alla linea AT interrata:



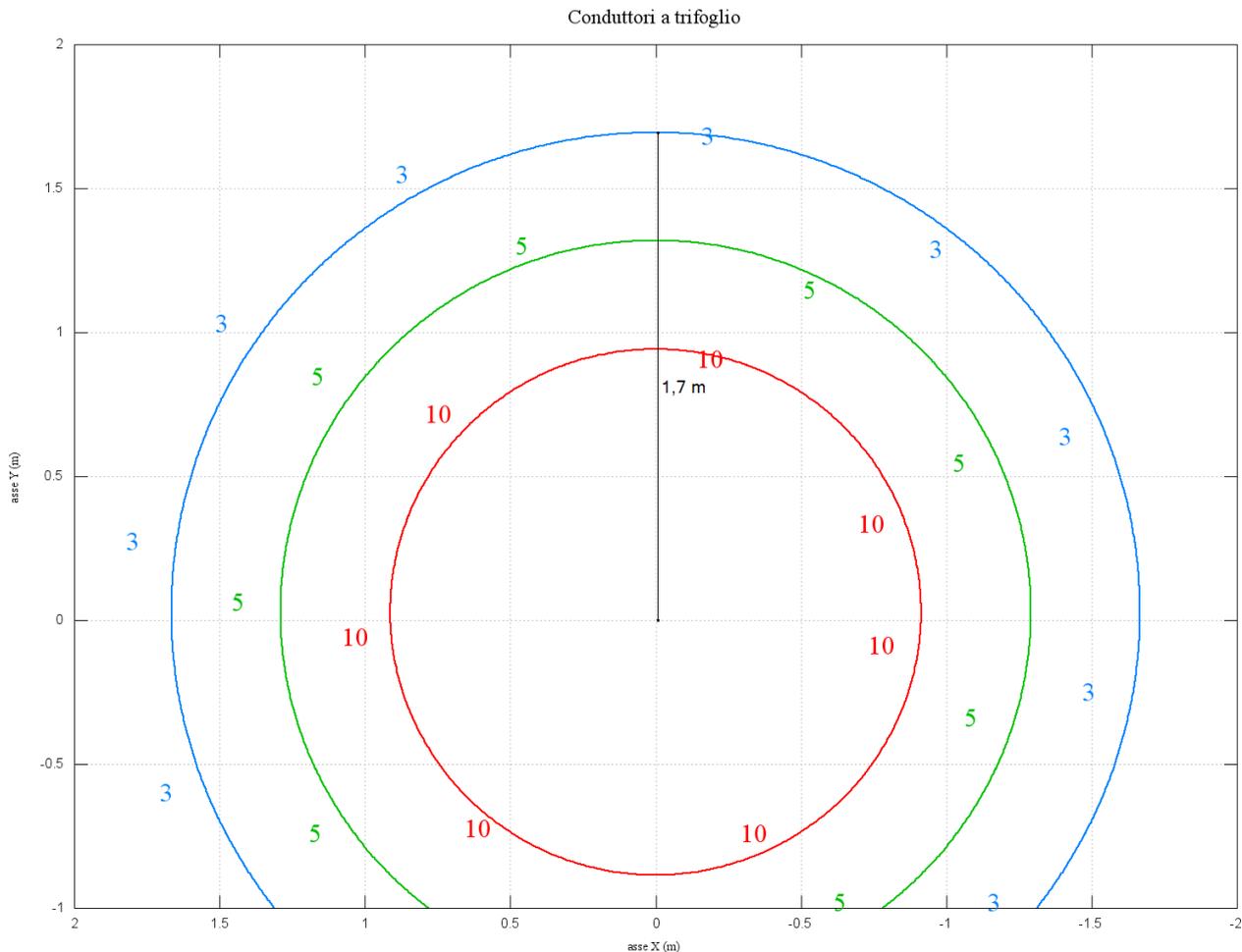
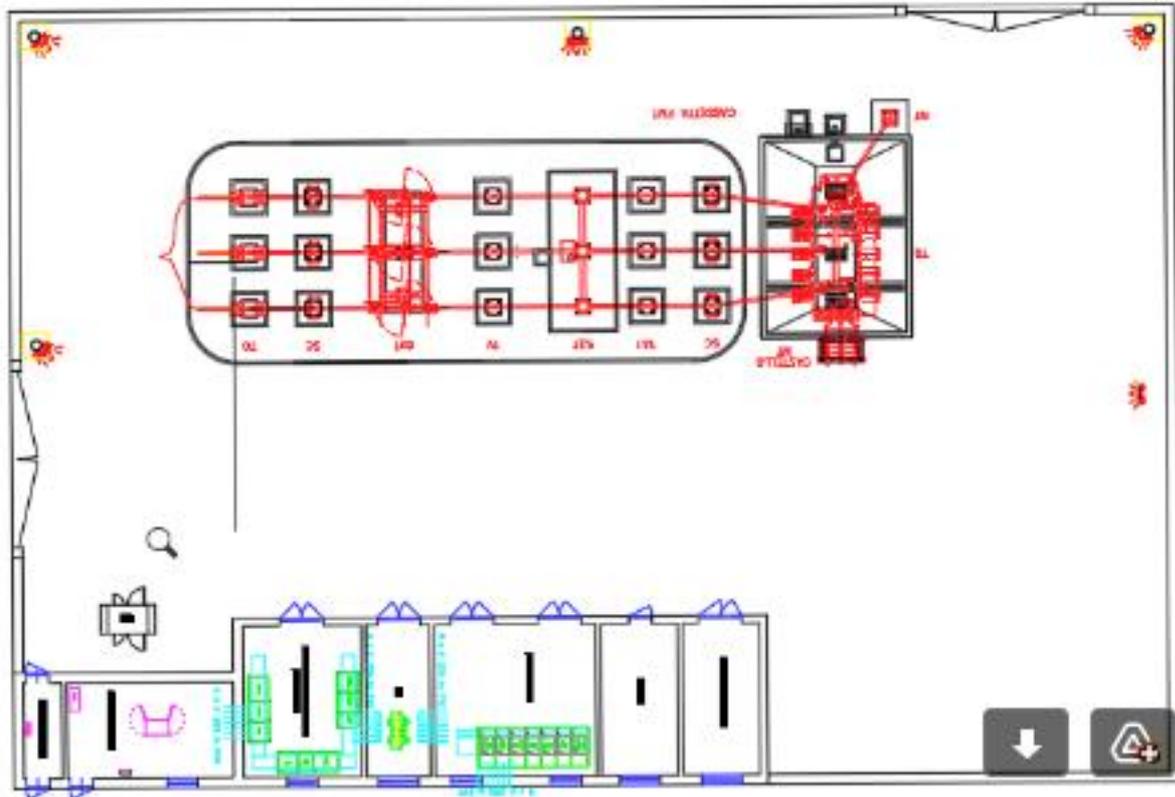


Figura 7.1: Calcolo DPA linea in cavo – Vista in sezione

Essendo il cavo interrato ad una profondità di 1,8 m, il vettore R' che parte dal baricentro dei cavi in direzione verticale avrà una estensione pari a $R'=2,20$ m, mentre la distanza verticale a partire dalla superficie del terreno all'interno della quale è corretto ritenere che non ci sia presenza di persone risulta pari a $h = 1,07$. Inoltre, a livello del suolo la fascia di rispetto si estende in orizzontale per una distanza $R_0 = 2,42$ m, approssimata per quanto detto sopra ad 3 m.. Per ulteriori dettagli si faccia riferimento al documento "Planimetria catastale con indicazione delle DPA".

7.2.2. STAZIONE DI UTENZA 36/33 kV

I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi in corrispondenza delle apparecchiature AT 36 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.



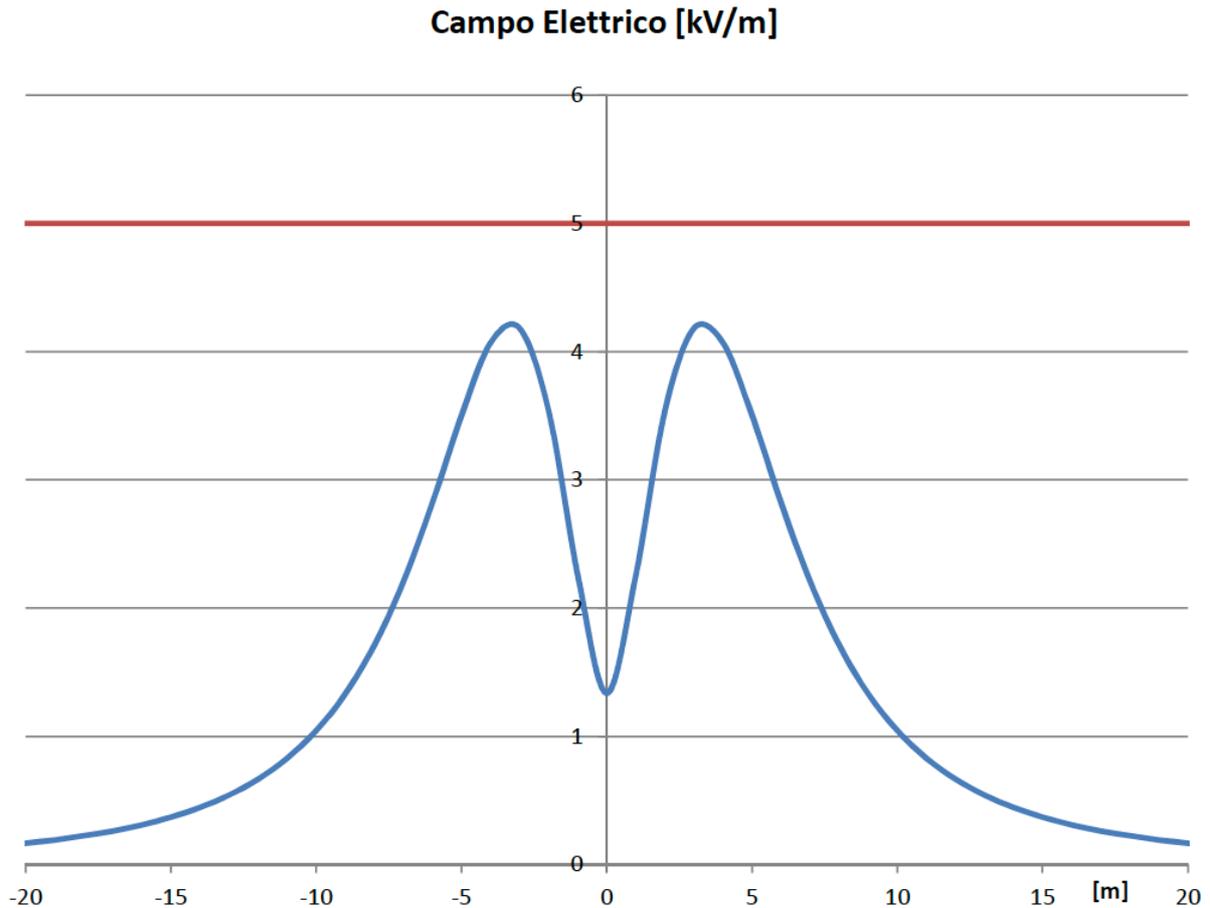


Figura 0.1: Calcolo DPA linea in cavo – Vista in sezione

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle vie cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco: con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesl, che si riducono a meno di $3 \mu\text{T}$ a 4 metri 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. 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 pari a circa 200 A, si ha un andamento di campo magnetico come riportato nella figura seguente.

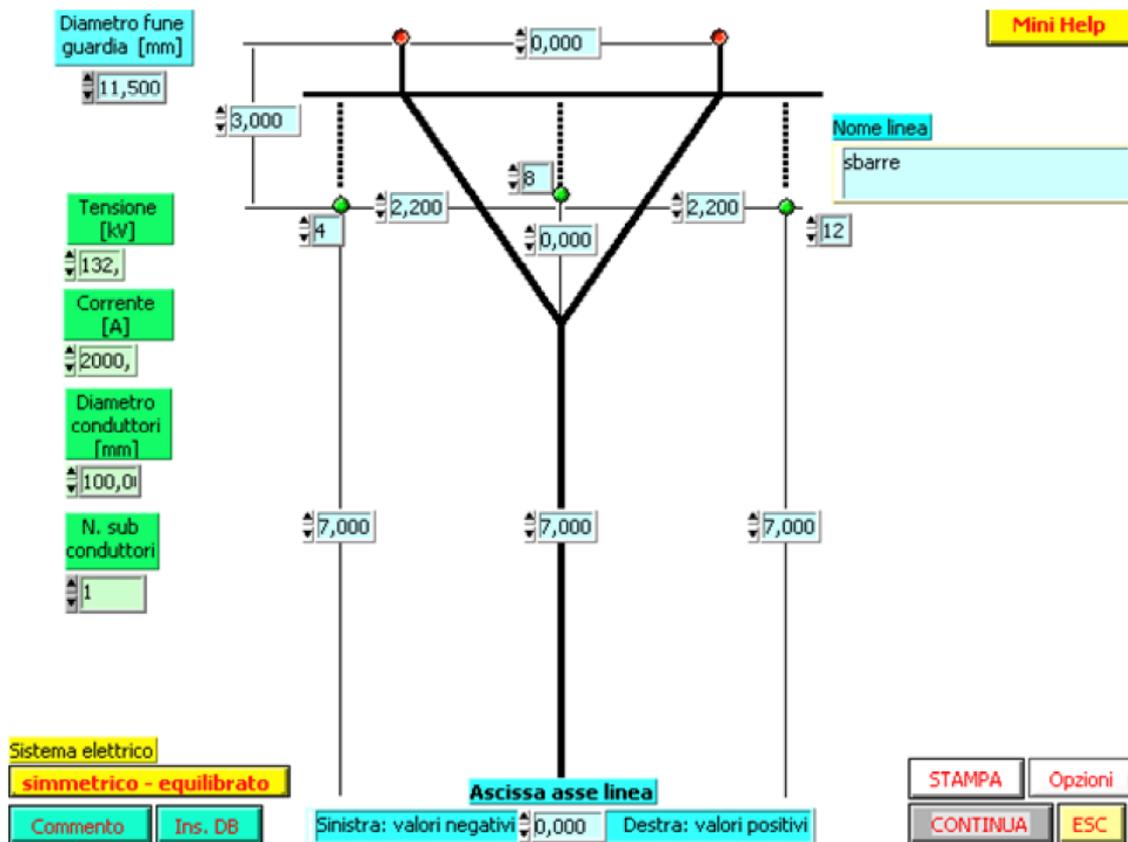
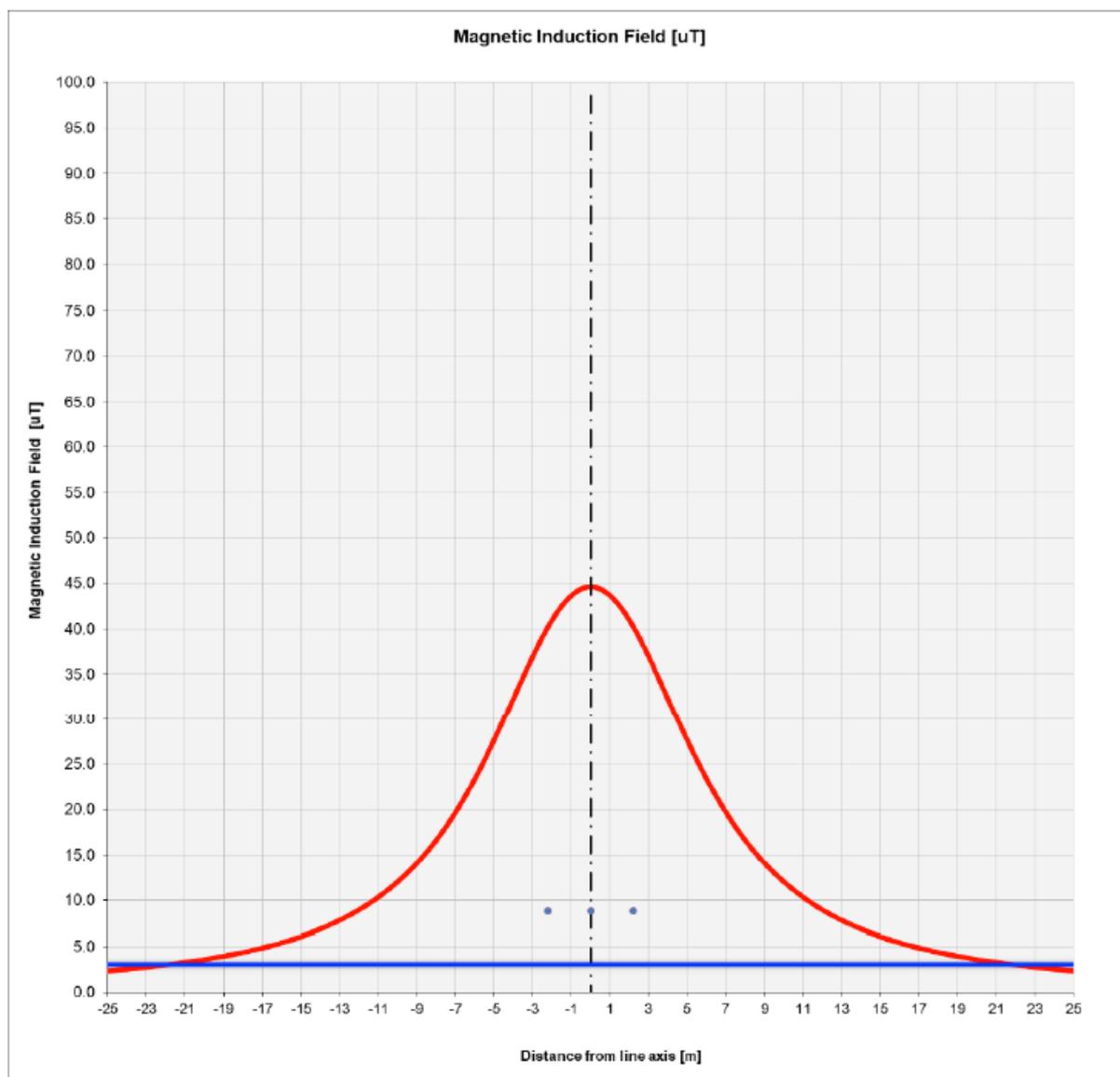


Figura 0.1: linea AT con disposizione in piano assimilabile ad un sistema di sbarra a 150 kV

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.



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

Si può notare che ad una distanza di circa 22 metri dall'asse degli apparati percorsi dalla corrente, l'induzione magnetica è inferiore a $3 \mu\text{T}$.

A tale distanza non si rilevano recettori sensibili, pertanto non sussiste il rischio di esposizione ai campi elettromagnetici per la sottostazione di utenza dell'impianto in oggetto.

8. CONCLUSIONI

Come si può osservare nell'elaborato "Planimetria catastale con indicazione delle DPA" e lungo il percorso dell'elettrodotto interrato non sono presenti recettori e presenza stabile di persone, pertanto l'analisi dei

campi elettromagnetici è stata condotta al fine di individuare le fasce di rispetto oltre il quale vengono garantiti valori di induzione inferiori agli obiettivi di qualità prescritti nel D.P.C.M. 8 Luglio 2003, pari a 5 kV/m per il campo elettrico e 3 μ T per l'induzione magnetica.

Dall'analisi dell'induzione magnetica generata dalla linea in cavo interrato, è emerso che la distanza di prima approssimazione oltre il quale viene garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T lungo il percorso dell'elettrodotto è pari a circa 1,7 m. Essendo tale linea posata ad una profondità di 1,8 m dal piano strada è garantito il rispetto dell'obiettivo di qualità. Ad ogni modo verrà considerata, data la presenza dell'infrastruttura, una fascia di rispetto pari a 2 metri dall'asse dell'elettrodotto.

Inoltre dall'analisi dei risultati si evince che il campo elettrico generato dalla linea interrata viene interamente confinato all'interno della schermatura elettrostatica del cavo, pertanto il rischio da esposizione a tali campi risulta trascurabile.

Anche per la stazione di utenza la presenza di recettori non è stata rilevata a distanze minori di quelle della norma di legge (obiettivo di qualità).