



REVISIONE	N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
	01	luglio 2023	Revisione per richiesta integrazioni per benessere Terna	Geotech s.r.l.	Ing. P. Ricciardini	Dott. N. Ricciardini
	00	dicembre 2021	Prima emissione	Geotech S.r.l.	Ing. P. Ricciardini	Dott. N. Ricciardini

PROGETTISTA	PROGETTO
 <p><b>GEOTECH S.r.l.</b> SOCIETA' DI INGEGNERIA Via T.Nani, 7 Morbegno (SO) Tel. +39 0342610774 E-mail: info@geotech-srl.it Site: www.geotech-srl.it</p> <p>SOCIETA' CERTIFICATA</p> 	<b>REALIZZAZIONE NUOVA STAZIONE ELETTRICA 150/380 KV "SE SANLURI" E OPERE CONNESSE</b>

COMMITTENTE		
<b>GREENENERGYSARDEGNA2</b>		
CODICE	ELABORATO	
R012	Relazione tecnica CEM Stazione Elettrica	
DATA	SCALA	UBICAZIONE
Luglio 2023	-	Regione Sardegna, Provincia Sud Sardegna

LIVELLO DI PROGETTO	CODIFICA ELABORATO
Definitivo	G855_DEF_R_012_Rel_CEM_SE_1-1_REV01

Questo documento contiene informazioni di proprietà della Geotech S.r.l. e deve essere esclusivamente utilizzato dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o divulgazione senza l'esplicito consenso di Geotech S.r.l.



## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ASSETTO DI STAZIONE.....</b>	<b>2</b>
2.1	DISPOSIZIONE ELETTROMECCANICA.....	2
2.1.1	<i>Apparecchiature.....</i>	3
<b>3</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI E DEFINIZIONI .....</b>	<b>4</b>
3.1	NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO .....	4
3.2	DEFINIZIONI .....	6
3.2.1	<i>Generalità .....</i>	6
3.2.2	<i>Valori limite di esposizione e valori di azione.....</i>	7
3.2.3	<i>Effetti non termici .....</i>	8
3.2.4	<i>Campi elettrici.....</i>	9
3.2.5	<i>Campi magnetici .....</i>	9
3.2.6	<i>Fascia di Rispetto .....</i>	10
3.2.7	<i>Distanza di prima approssimazione (DPA).....</i>	10
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>RISULTATI DELLO STUDIO PREVISIONALE CAMPI ELETTROMAGNETICI.....</b>	<b>15</b>
5.1	CAMPI MAGNETICI.....	15
5.2	CAMPI ELETTRICI .....	15



## **1 PREMESSA**

Il presente lavoro redatto dalla Società d'Ingegneria GEOTECH S.r.l., con sede in via Nani, 7 a Morbegno (SO) costituisce la relazione, allegata al Piano Tecnico delle Opere, di valutazione dei campi elettrico e magnetico generati dagli impianti della Nuova Stazione Elettrica "SE Sanluri" sita in comune di Sanluri e Furtei prevista per la connessione in entra – esce" alla linea esistente 380 kV "Ittiri – Selargius".

Oggetto della presente relazione è la descrizione della verifica previsionale con le distanze di prima approssimazione e di rispetto dei limiti normativi ai fini della protezione della popolazione, per effetto dell'esposizione ai campi elettromagnetici dell'intervento relativo alla futura Stazione Elettrica 380/150 kV.

## **2 ASSETTO DI STAZIONE**

### *2.1 DISPOSIZIONE ELETTROMECCANICA*

La nuova Stazione Elettrica "SE Sanluri" sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e stalli tradizionali: essa sarà pertanto del tipo AIS (Air Insulated Substation) cioè con isolamento sbarre e sezionamenti in aria.

Nella sezione 380 kV sono previsti 12 stalli:

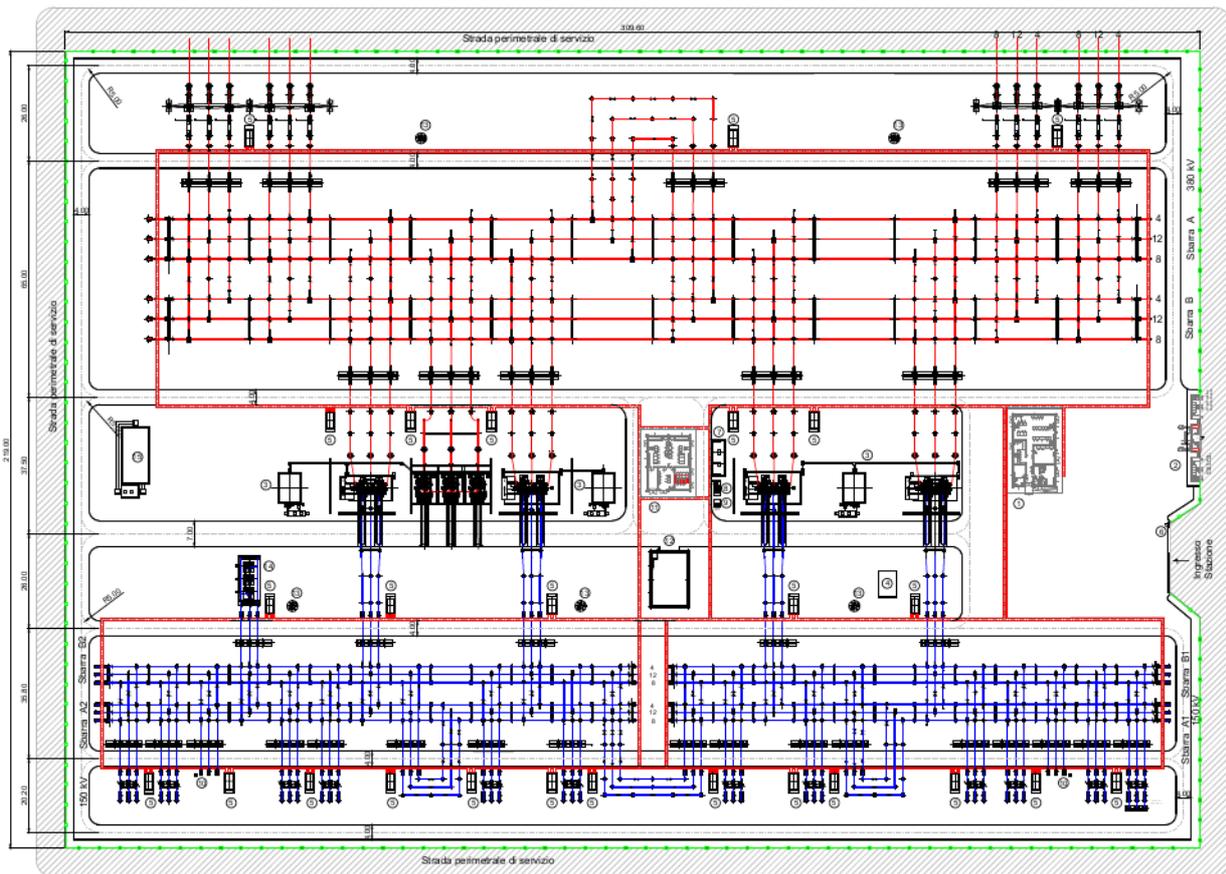
- 2 per il parallelo sbarre;
- 4 per i trasformatori 380/150 kV
- 1 per il reattore;
- 5 per l'arrivo di linee in aereo o cavo interrato.

Nelle due sezioni 150 kV sono previsti in totale 25 stalli così suddivisi:

- Sezione dx (12 stalli totali) anche denominata sezione 1:
  - 1 stallo per il parallelo sbarre tra le due sezioni 150 kV;
  - 2 stalli per i trasformatori;
  - 6 stalli per l'arrivo di linee in aereo o cavo interrato;
  - 1 stallo aereo per il parallelo sbarre;
  - 1 stallo per il trasformatore induttivo di potenza (TIP);
- Sezione sx (13 stalli totali) anche denominata sezione 2:
  - 1 stallo per il parallelo sbarre tra le due sezioni 150 kV;
  - 2 stalli per il parallelo sbarre;
  - 2 stalli per i trasformati;
  - 7 stalli per l'arrivo di linee in aereo o cavo interrato;
  - 1 stallo per i condensatori;
  - 1 stallo per il trasformatore induttivo di potenza (TIP).



Nella figura sottostante è rappresentata la configurazione della stazione di trasformazione “SE Sanluri” in progetto.



Planimetria SE Sanluri

### 2.1.1 Apparecchiature

Le principali apparecchiature costituenti il nuovo impianto sono interruttori, sezionatori per connessione delle sbarre AT, sezionatori sulla partenza linee con lame di terra, scaricatori di sovratensione ad ossido metallico a protezione degli autotrasformatori, trasformatori di tensione e di corrente per misure e protezioni, bobine ad onde convogliate per la trasmissione dei segnali (si veda la tavola allegata al progetto delle Sezioni elettromeccaniche). Le principali caratteristiche tecniche complessive della stazione saranno le seguenti:

- Tensione massima sezione 380 kV 420 kV
- Tensione massima sezione 150 kV 170 kV
- Frequenza nominale 50 Hz

Correnti limite di funzionamento permanente:

- Sbarre 380 kV 4000 A
- Stalli linea 380 kV 3150 A



• Stallo di parallelo sbarre 380 kV	3150	A
• Stallo ATR 380 kV	2000	A
• Sbarre 150 kV	2000	A
• Stalli linea 150 kV	1250	A
• Stallo di parallelo sbarre 150 kV	2000	A
• Stallo ATR 150 kV	2000	A
• Potere di interruzione interruttori 380 kV	50	kA
• Potere di interruzione interruttori 150 kV	31.5	kA
• Corrente di breve durata 380 kV	50	kA
• Corrente di breve durata 150 kV	31.5	kA
• Condizioni ambientali limite	-25/+40	°C

### **3 RIFERIMENTI NORMATIVI E DEFINIZIONI**

#### **3.1 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO**

Le caratteristiche delle realizzazioni in genere, degli impianti, dei loro componenti, dovranno rispondere alle norme tecniche, a quelle di legge ed ai regolamenti vigenti ed in particolare dovranno essere conformi a:

- Vincoli ambientali specifici del territorio in cui verranno inseriti;
- Prescrizioni delle Autorità Locali di controllo ASL e di vigilanza INAIL (ARPAS) e VV. F.;
- Quanto previsto in materia di compatibilità elettromagnetica;
- D.Lgs. n.81 del 09 aprile 2008 e sue modifiche: "Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro";
- Legge 1° marzo 1968, n. 186 "disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici, ed elettronici";
- D.M. n. 37 del 22 gennaio 2008 "installazione degli impianti";
- Modalità per la Dichiarazione di conformità di tutti gli impianti;
- Delibere AEEG in materia di energia elettrica prodotta da impianti di generazione rinnovabile e non.
- Marcatura CE o dichiarazione CE ove richiesta;
- Prescrizioni delle Autorità Locali di controllo ASL e di vigilanza INAIL (ARPAS) e VV. F.;
- Legge 1° marzo 1968, n. 186 "disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici, ed elettronici";
- Linee guida ICNIRP 2010 (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection): Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz);



- Direttiva 2013/35/UE - Disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici - Volume 1: Guida pratica
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici - Volume 2: Studi di casi
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici - Guida per le PMI
- DLgs 159/2016 pubblicato nella GU 192 del 18/08/2016, entrato in vigore il 02/09/2016: recepisce la Direttiva UE 2013/35/UE
- 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- G. U. n. 200 del 29 agosto 2003.
- Decreto 29 maggio 2008. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).
- Documento Enel - Linee Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.2008
- D.Lgs. 81/08 (modifiche) Recepimento del DLgs 159/2019: con la sostituzione all'Allegato XXXVI degli articoli: 206, 207, 209, 210, 211, 212, 219, inserimento dell'art. 210 bis.
- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. G. U. n. 55 del 7 marzo 2001
- Norme CEI, CEI-EN, in caso di mancanza di riferimenti nazionali e/o europei, quelle IEC (International Electrotechnical Commission), UN.EL.-U.N.I./I.S.O.- CEE.

Di seguito vengono elencate a titolo indicativo non esaustivo le principali.

<b>CLASSIFICAZIONE CENELEC IEC O ISO</b>	<b>CLASSIFICAZIONE CEI O UNI</b>	<b>TITOLO DELLA NORMA, SPECIFICA O GUIDA</b>
CEI EN 62226-1	CEI 106-10	Esposizione ai campi elettrico e magnetico nell'intervallo delle frequenze basse e intermedie - Metodi di calcolo della densità di corrente e del campo elettrico interno indotti nel corpo umano Parte 1: Aspetti generali
NC	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
NC	CEI 106-12	Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT
CEI EN 50413	CEI 106-20	Norma di base sulle procedure di misura e di calcolo per l'esposizione umana ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz-300 GHz).



CEI EN 50499	CEI 106-23	Procedura di valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici
CEI EN 62110	CEI 106-27	Livelli di campo elettrico e magnetico generati da sistemi di potenza in c.a. - Procedure di misura con riferimento all'esposizione umana
CEI EN 50527-2-1	CEI 106-30	Procedura per la valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici dei lavoratori con dispositivi medici impiantabili attivi Parte 2-1: Valutazione specifica per lavoratori con stimolatore cardiaco (pacemaker)
NC	CEI 211- 4	Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche
NC	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
CEI EN 61000-6-2	CEI 210-54	Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-2: Norme generiche - Immunità per gli ambienti industriali
CEI EN 61000-6-4	CEI 210-66	Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 6-4: Norme generiche - Emissione per gli ambienti industriali

TABELLA 1 – norme di riferimento per i campi elettromagnetici

## 3.2 DEFINIZIONI

### 3.2.1 Generalità

Per specificare i valori limite di esposizione relativi ai campi elettromagnetici, a seconda della frequenza, sono utilizzate le seguenti grandezze fisiche:

- **Campi elettromagnetici:** campi elettrici statici e campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo con frequenze sino a 300 GHz;
- **Effetti biofisici diretti:** effetti provocati direttamente nel corpo umano a causa della sua presenza all'interno di un campo elettromagnetico, che comprendono:
  - **effetti termici**, quali il riscaldamento dei tessuti a causa dell'assorbimento di energia dai campi elettromagnetici nei tessuti medesimi;
  - **effetti non termici**, quali la stimolazione di muscoli, nervi ed organi sensoriali. Questi effetti possono essere di detrimento per la salute mentale e fisica dei lavoratori esposti. La stimolazione degli organi sensoriali può inoltre comportare sintomi transitori quali vertigini e fosfeni. Inoltre, tali effetti possono generare disturbi temporanei o influenzare le capacità cognitive o altre funzioni cerebrali o muscolari e possono, pertanto, influire negativamente sulla capacità di un lavoratore di operare in modo sicuro;
- **Correnti negli arti:** effetti indiretti, effetti provocati dalla presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico, che potrebbe essere causa di un pericolo per la salute e sicurezza, quali:
  - interferenza con attrezzature e dispositivi medici elettronici, compresi stimolatori cardiaci e altri impianti o dispositivi medici portati sul corpo;



- rischio propulsivo di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici;
- innesco di dispositivi elettro-esplosivi (detonatori);
- incendi ed esplosioni dovuti all'accensione di materiali infiammabili a causa di scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche;
- correnti di contatto.
- **Valori limite di esposizione (VLE)**, valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare gli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e la stimolazione elettrica dei tessuti;
- **VLE relativi agli effetti sanitari**, VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a effetti nocivi per la salute, quali il riscaldamento termico o la stimolazione del tessuto nervoso o muscolare;
- **VLE relativi agli effetti sensoriali**, VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a disturbi transitori delle percezioni sensoriali e a modifiche minori delle funzioni cerebrali;
- **Valori di azione (VA)**, livelli operativi stabiliti per semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE e, ove appropriato, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione specificate nel presente capo.

Inoltre, con riferimento al Dlgs 81/08 aggiornato, nell'allegato XXXVI, parte II:

- per i campi elettrici, per VA inferiori e VA superiori s'intendono i livelli connessi alle misure specifiche misure di protezione o prevenzione stabilite nel presente capo;
- per i campi magnetici, per VA inferiori s'intendono i valori connessi ai VLE relativi agli effetti sensoriali e per VA superiori i valori connessi ai VLE relativi agli effetti sanitari.

### 3.2.2 Valori limite di esposizione e valori di azione

Le seguenti grandezze fisiche sono utilizzate per descrivere l'esposizione ai campi elettromagnetici:

- **Intensità di campo elettrico E** è una quantità vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt a metro (V/m).
- **Corrente di contatto I<sub>c</sub>** è la corrente di contatto tra una persona e un oggetto è espressa in Ampere (A). Un conduttore che si trovi in un campo elettrico può essere caricato dal campo.
- **La corrente attraverso gli arti I<sub>L</sub>** è la corrente che attraversa gli arti di una persona esposta a campi elettromagnetici nella gamma di frequenza compresa tra 10MHz e 110 MHz a seguito del contatto con un oggetto in un campo elettromagnetico o del flusso di correnti capacitive indotte nel corpo esposto. È espressa in ampere (A).
- **Intensità di campo magnetico H** è una grandezza vettoriale che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere a metro [A/m].
- **Induzione magnetica B** è una grandezza vettoriale 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  $1 \text{ A/m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$ .



- **Densità di potenza S.** Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in Watt per metro quadro è [W/m<sup>2</sup>].
- **Assorbimento specifico di energia SA.** È l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in Joule per chilogrammo (J/kg). Nel presente decreto esso si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.
- **Tasso di assorbimento specifico di energia SAR.** Si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa di tessuto corporeo ed è espresso in Watt a chilogrammo [W/kg].
- **Il SAR<sup>1</sup> a corpo intero** è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi dell'esposizione a radiofrequenze (RF). Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a particolari condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF dell'ordine di pochi MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

<sup>1</sup> Questa definizione è inserita per completezza generale, ma non è applicabile ai campi a bassa frequenza.

Tra le grandezze sopra citate, sono direttamente misurabili: l'induzione magnetica B, la corrente di contatto I<sub>c</sub>, la corrente attraverso gli arti I<sub>L</sub> le intensità di campo elettrico E Ci magnetico H e la densità di potenza S.

### 3.2.3 Effetti non termici

Il VLE relativo agli effetti sensoriali è il quello applicabile in condizioni di lavoro normali (tabella A1) ed è correlato alla prevenzione di nausea e vertigini dovute a disturbi sull'organo dell'equilibrio, e di altri effetti fisiologici, conseguenti principalmente al movimento del soggetto esposto all'interno di un campo magnetico statico.

Il VLE relativo agli effetti sanitari in condizioni di lavoro controllate (tabella A1) è applicabile su base temporanea durante il turno di lavoro, ove giustificato dalla prassi o dal processo, purché siano state adottate misure di prevenzione di cui all'art.208 c.4 del decreto. I VLE per frequenze inferiori a 1Hz (tabella A1) sono limiti per il campo magnetico statico, la cui misurazione non è influenzata dalla presenza del soggetto esposto.

Ove i VLE non vengano superati, non è necessario verificare l'assorbimento tramite il controllo tasso di assorbimento specifico SAR, in tali casi vale ancora la direttiva quadro 89/391/CEE, in questo caso rimangono validi i riferimenti legislativi facenti capo alla direttiva quadro.

Il DPCM dell'8 luglio 2003 stabilisce diversi criteri di valutazione dei campi elettromagnetici in prossimità di linee elettriche ad alta tensione e fissa i limiti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz. In particolare, viene fissato il valore di attenzione di 10 μT (microtesla) ovvero il valore di induzione magnetica che non deve essere superato nei luoghi definiti "a permanenza prolungata di persone". Questo valore è da intendersi con riferimento alla mediana nelle 24 ore.

Per una migliore composizione di quanto sintetizzato è importante distinguere il significato dei seguenti termini:

- La determinazione dei livelli di campo, elettrico e magnetico (CEM), in un luogo è elemento chiave per stabilire se il rischio esiste o no. Per dimostrazione le misure strumentali possono dare conferma di questo.
- L'intensità del CEM dipende dalla distanza dalla sorgente e di norma diminuisce rapidamente allontanandosi da quest'ultima. Per questo spesso, per assicurare la sicurezza delle persone, si utilizzano recinzioni, barriere o altre misure protettive che impediscano l'accesso non autorizzato ad aree dove i limiti di esposizione possono essere superati.



- In genere i limiti di esposizione sono diversi per il personale generico, in transito o presente occasionalmente e per i lavoratori specifici del settore elettrico.

Nella tabella e nei paragrafi seguenti sono indicate alcune definizioni fondamentali che tengono in conto queste considerazioni.

<i>Limiti di esposizione</i>	<i>Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.</i>
<i>Valori di attenzione</i>	<i>Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine.</i>
<i>Obiettivi di qualità</i>	<i>Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti a lungo termine.</i>

TABELLA 2 - Limiti di riferimento DPCM 8 luglio 2003

I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.

In generale l'impatto magnetico dovuto alle linee elettriche percorse da corrente è determinato dai seguenti fattori:

- La corrente circolante nei conduttori;
- La disposizione delle fasi;

Le distanze per il rispetto dei limiti sono determinate singolarmente. Il DPCM 8 Luglio 2003 e gli altri riferimenti legislativi, fissano i limiti seguenti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz.

### 3.2.4 Campi elettrici

Limiti di esposizione per i campi elettrici di 5 kV/m da non superare mai in alcuna condizione di presenza della popolazione civile.

### 3.2.5 Campi magnetici

- **100  $\mu$ T** limite di esposizione per i campi magnetici da non superare mai in alcuna condizione di contiguità con la popolazione;
- **10  $\mu$ T** è il valore di attenzione, che si assume per l'induzione magnetica a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio (Rif. D. p. c. m. 3 Luglio 2003).
- **3  $\mu$ T** limiti di esposizione per i campi magnetici nelle aree con permanenze di persone di almeno 4 ore giornaliere (valore di attenzione) per i nuovi impianti (obiettivo di qualità).



### 3.2.6 Fascia di Rispetto

È lo spazio circostante un generico elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del suolo, caratterizzati da un valore di induzione magnetica maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ( $3\mu\text{T}$ ).

### 3.2.7 Distanza di prima approssimazione (DPA)

E' la distanza in pianta, al livello del suolo, della proiezione, a partire dal centro della linea, della regione in cui l'induzione magnetica raggiunge il valore di  $3\mu\text{T}$ ; tale zona può essere vista in sezione come una ellisse o un cerchio a seconda della disposizione geometrica dei conduttori.

## 4 VALUTAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO

La metodologia di calcolo utilizzata è basata sull'algorithmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4. In particolare il campo di induzione magnetica viene simulato utilizzando un algorithmo numerico basato sulla legge di Biot-Savart, mentre il campo elettrico viene simulato a mezzo di calcoli basati sul metodo delle cariche immagini. Alla frequenza di rete (50 Hz), il regime elettrico è di tipo quasi stazionario, e ciò permette la trattazione separata degli effetti delle componenti del campo elettrico e del campo magnetico. Questi ultimi in un punto qualsiasi dello spazio in prossimità di un elettrodotto trifase sono le somme vettoriali dei campi originati da ciascuna delle tre fasi e sfasati fra loro di  $120^\circ$ . In questo caso il calcolo è bidimensionale, e viene modellizzato considerando conduttori di lunghezza infinita e con direzione perfettamente ortogonale al piano.

Per i calcoli è stato utilizzato il programma di simulazione "EMF Tools 4.2.2" sviluppato per TERNA dal CESI procedendo sia al calcolo della fascia di rispetto, e di conseguenza determinando la DPA, sia al calcolo del campo elettrico a 1 m dal suolo. Per le fasce di rispetto, sono utilizzati i seguenti dati:

- Portata di corrente massima per ciascun elemento;
- Diametro, materiali e disposizioni geometriche come da progetto;
- Profondità/altezza dei conduttori rispetto al suolo;

L'ipotesi fondamentale alla base del calcolo delle fasce di rispetto consiste nel calcolare il campo elettromagnetico generato dai due gruppi sbarre a 380 kV e a 150 kV, considerando la portata massima di corrente che scorre con verso concorde tra le sbarre stesse. Tale ipotesi è fortemente cautelativa poiché la probabilità che nei 4 gruppi sbarra circolino la corrente massima ammissibile in senso concorde è del tutto irrealistica. Inoltre si sottolinea come, in generale, Terna (ente gestore della RTN) ha dimostrato che generalmente la fascia DPA rimane all'interno della stazione con qualsiasi condizione di corrente circolante). Entrando nel merito del calcolo, mediante il software EMF Tools 4.2.2, si sono calcolate le curve equilivello del campo magnetico.

In particolare, nella sezione vengono modellate le 4 sbarre, come da configurazione geometrica seguente:



Sezione di calcolo A-A riportata in planimetria.

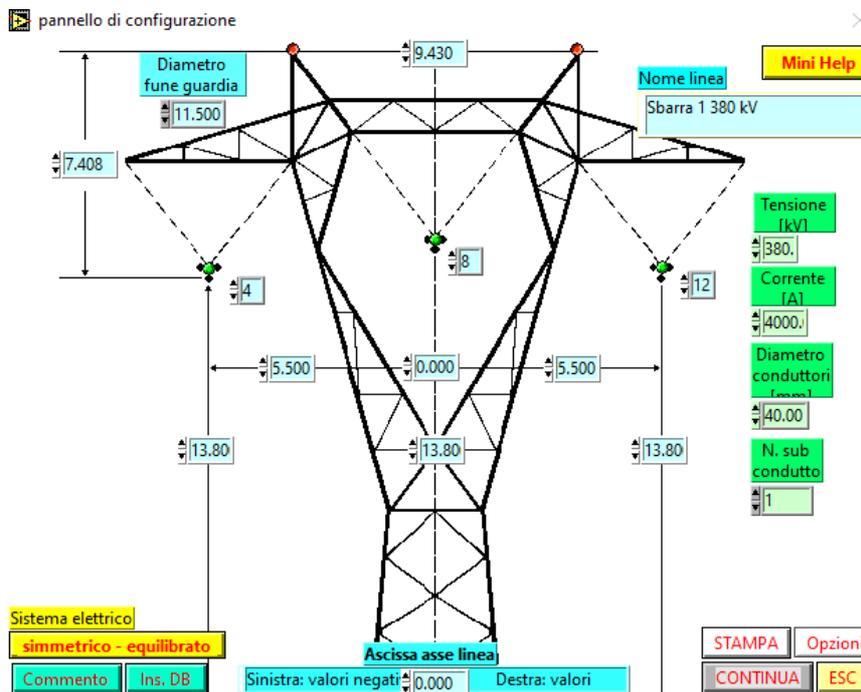
Ogni gruppo sbarre della sezione 380 kV ha distanze reciproche di 5,50 m, mentre i due gruppi distano fra loro 22 m. Esse sono posizionate a 13,8 m dal suolo. A più di 125 m dal primo gruppo sbarre sono ubicate



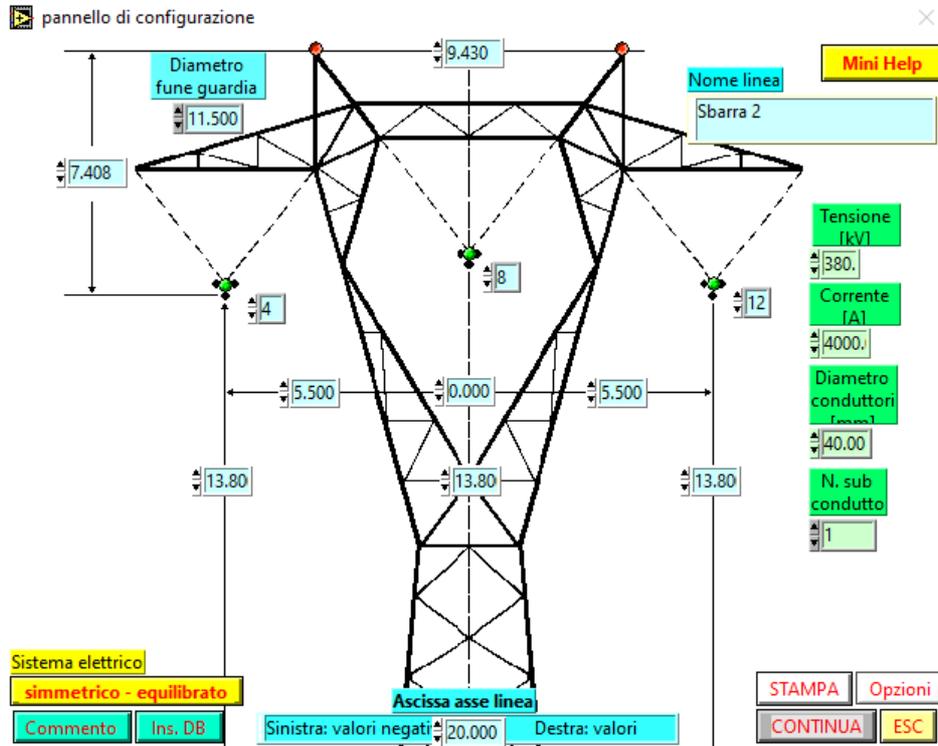
quelle a 150 kV, con un'altezza dal suolo di 7,5 m, distanze reciproche tra le sbarre 2,20m e un interasse di 10,4 m.

La portata di corrente è quella massima prevista su ciascuna sbarra e la disposizione delle fasi su ciascun gruppo sbarra, partendo da sinistra verso destra è la seguente: 4-12-8.

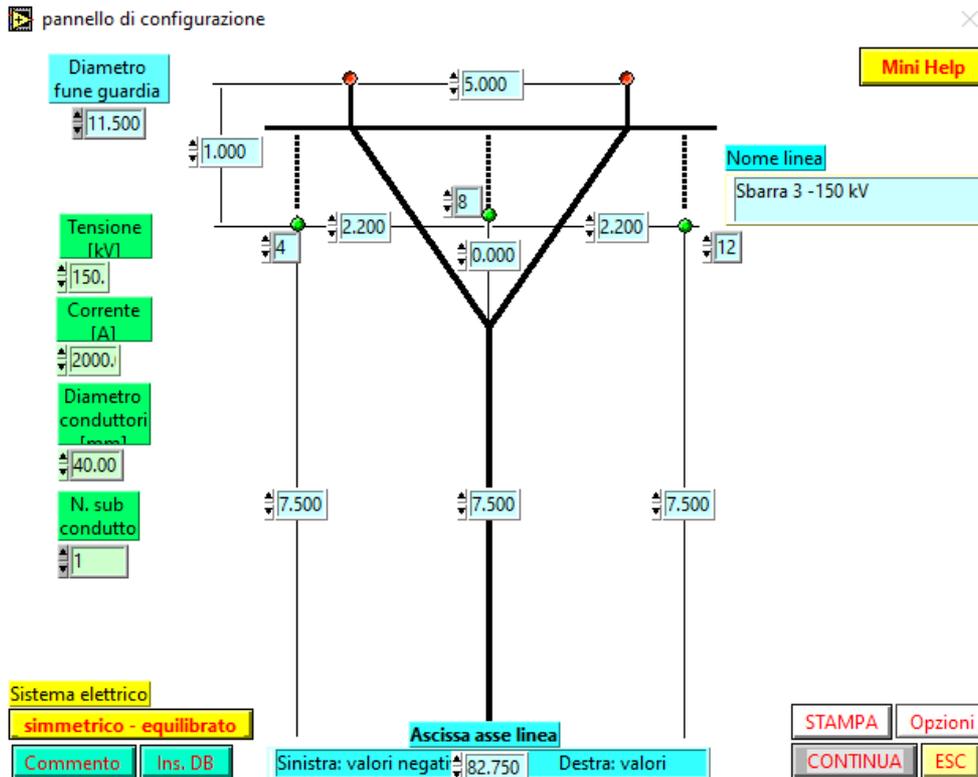
Il campo elettromagnetico generato è dato dalla somma delle seguenti 4 configurazioni:



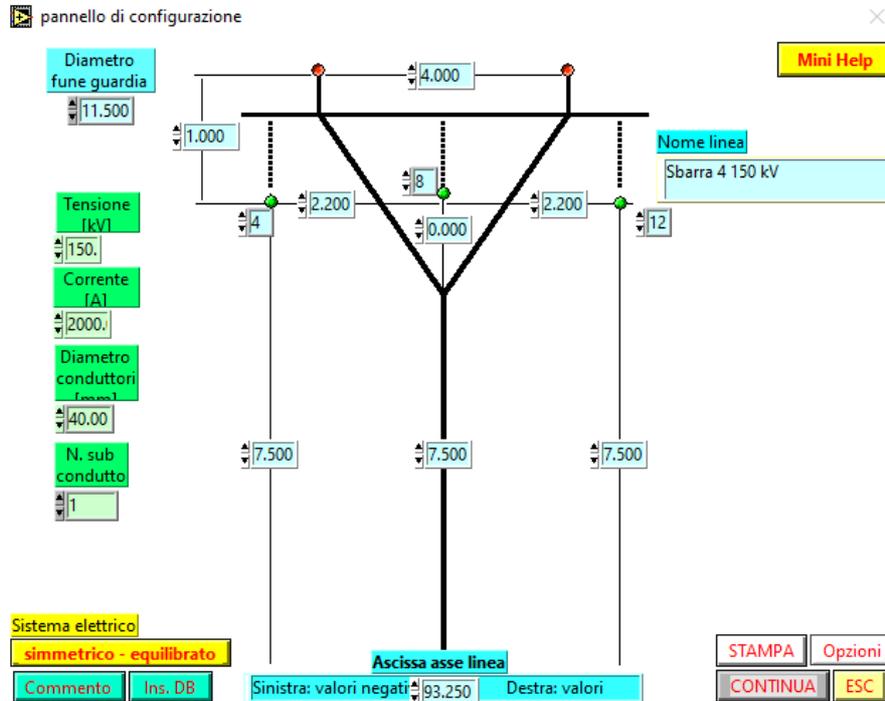
Configurazione geometrica sbarra 1.



Configurazione geometrica sbarra 2.

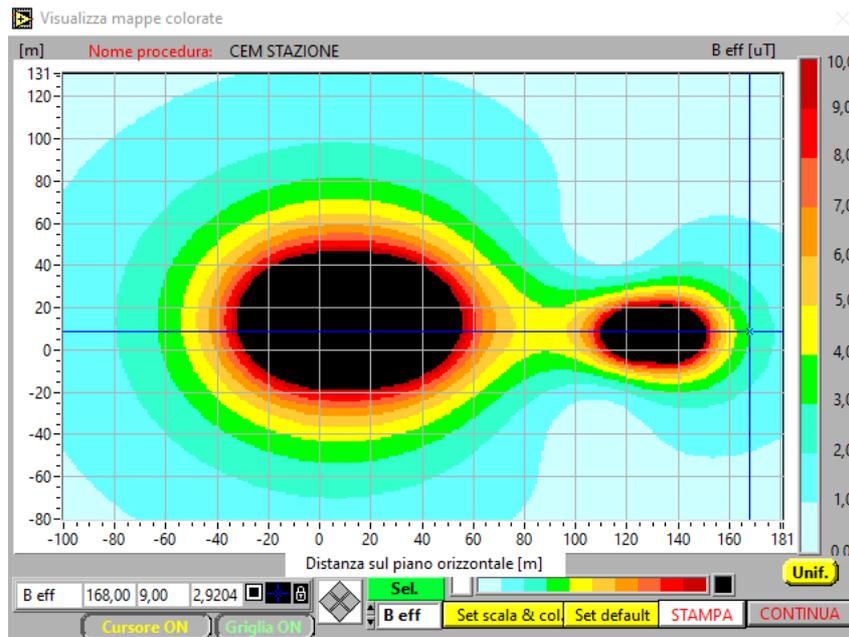


Configurazione geometrica sbarra 3.



Configurazione geometrica sbarra 4.

Ovviamente nelle figure precedenti è riportata la sagoma di un traliccio, unica rappresentazione schematica presente nel software di calcolo, quindi con la presenza anche di funi di guardia, totalmente ininfluenti ai fini del calcolo. Nella figura sottostante si riportano le curve isolivello del campo elettromagnetico generato, ponendo la progressiva 0 in corrispondenza della sbarra centrale 1:

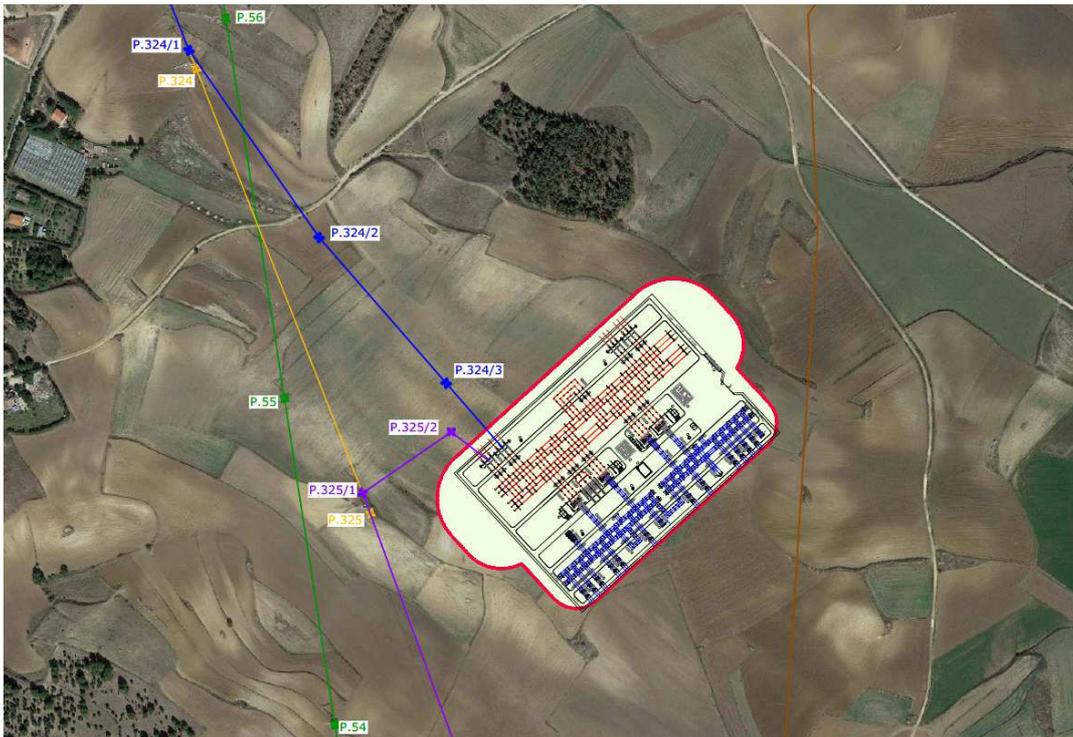


Campo elettromagnetico generato dalle 4 sbarre con verso della corrente concorde.



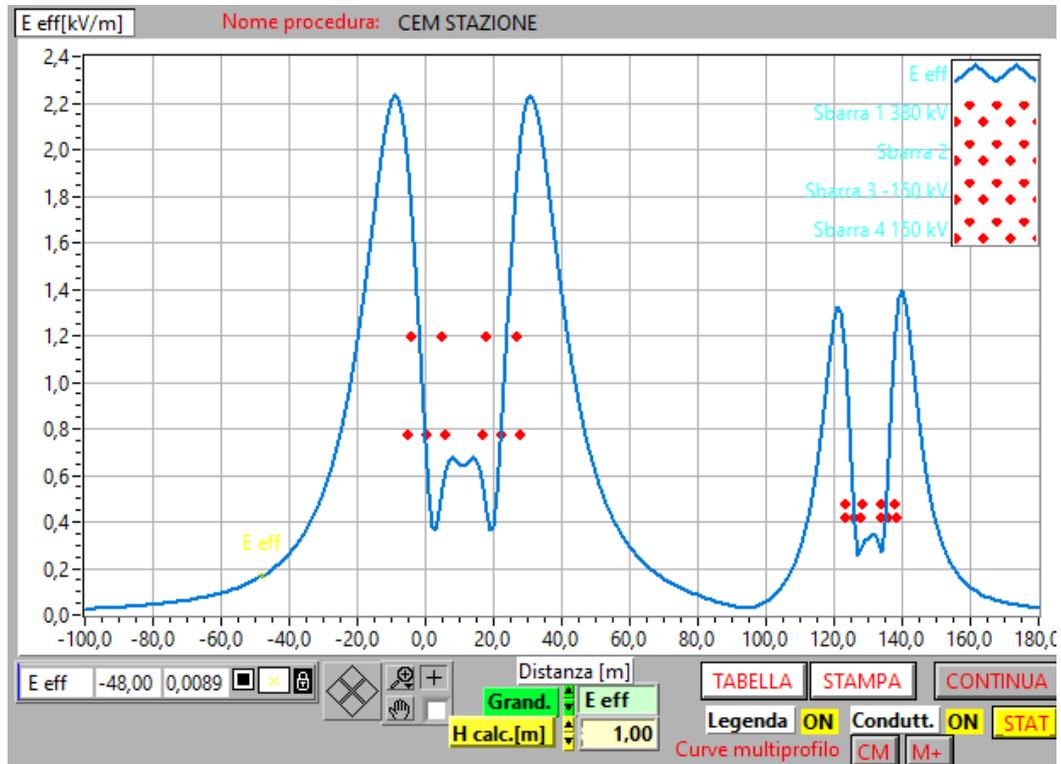
Come si può notare dalla figura soprastante, l'ampiezza della fascia APA ha estensione di 168 m verso destra dal centro della sbarra 1, mentre verso sinistra è pari a 65m. Internamente alle sbarre il campo è sempre maggiore di  $3 \mu\text{T}$ .

Mediante queste simulazioni si è potuto rappresentare l'area caratterizzata da valori del campo elettromagnetico superiore a  $\mu\text{T}$  in caso di circolazione della corrente massima nelle sbarre con verso concorde nei gruppi sbarra a 150 e 380 kV:



Planimetria con indicazione dell'isolinea a  $3 \mu\text{T}$  (linea color magenta)

Per le stesse configurazioni geometriche si è valutato anche l'andamento del campo elettrico ad 1 m dal suolo, riportato nelle due figure successive:



Campo elettrico lungo la sezione A-A, generato dalle 4 sbarre, sempre inferiore a 2.5 kV/m.

## 5 RISULTATI DELLO STUDIO PREVISIONALE CAMPI ELETTROMAGNETICI

### 5.1 CAMPI MAGNETICI

Per quanto evidenziato nei riferimenti, i livelli d'induzione magnetica, corrispondenti ai valori di corrente presunta circolanti negli stelli e nelle sbarre, confermano che i valori rientrano entro le soglie legislative di riferimento.

Si evidenzia come, anche con le correnti nominali, gli effetti dovuti alla stazione, al di fuori della sua recinzione determinano in generale valori del campo magnetico B inferiori a 10  $\mu$ T ed in generale rispettano gli obiettivi di qualità dei 3 $\mu$ T nei confronti degli edifici limitrofi.

Si evidenzia che i calcoli sono stati effettuati con riferimento a condizioni cautelative, prendendo per la sezione AT a 380 kV la corrente nominale delle sbarre (4000 A) e per la sezione a 150 kV una corrente massima di 2000 A. Da questo contesto vengono escluse le fasce delle linee afferenti alla stazione, per le quali le DPA si sviluppano nel percorso delle linee stesse, come evidenziato nei documenti di progetto dedicati agli elettrodotti.

### 5.2 CAMPI ELETTRICI

Per i campi elettrici, considerati i livelli di tensione, la disposizione dei conduttori e gli schermi delle varie parti presenti nelle zone di impianto, vengono confermati i modelli disponibili sulla letteratura tecnica, i calcoli effettuati evidenziano che non vengono superati i valori limite di 5 kV/m, ancor meno al di fuori della recinzione di stazione.