

**REGIONE PUGLIA**  
PROVINCIA DI FOGGIA  
**COMUNE DI APRICENA**

*LOCALITÀ INCORONATA - SAN SABINO*

Oggetto:

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO AVENTE POTENZA PARI A 99,2 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE - 16 AEROGENERATORI**

Sezione:

**SEZIONE H - ELABORATI PROGETTUALI SISTEMA ELETTRICO**

Elaborato:

**RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO**

Nome file sorgente: <b>SEZIONE H/EO.APR01.PD.H.08.docx</b>	Numero elaborato: <b>EO.APR01.PD.H.08</b>	Scala: <b>- -</b>	Formato di stampa: <b>A4</b>
Nome file stampa: <b>EO.APR01.PD.H.08.pdf</b>	Tipologia: <b>R</b>		

Proponente:

**E-WAY FINANCE S.p.A.**

Via Po, 23  
00198 ROMA (RM)  
P.IVA. 15773121007



Progettista:

**E-WAY FINANCE S.p.A.**

Via Po, 23  
00198 ROMA (RM)  
P.IVA. 15773121007



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
EO.APR01.PD.H.08	00	12/2021	A.Tizzano	A.Bottone	A.Bottone





**RELAZIONE TECNICA IMPATTO  
ELETTROMAGNETICO**

CODICE	EO.APR01.PD.H.08
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	21/2021
PAGINA	2 di 28

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>UBICAZIONE ED ACCESSI.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>OGGETTO DELLA RELAZIONE.....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>CAMPI ELETROMAGNETICI.....</b>	<b>11</b>
5.1	Generalità.....	11
5.2	Riferimenti Normativi.....	11
5.3	Valutazioni degli Effetti dei Campi Elettromagnetici .....	14
<b>6</b>	<b>CALCOLO CAMPI ELETTROMAGNETICI – CAVIDOTTO MT A 30 KV DI INTERCONNESSIONE AEROGENERATORI E SOTTOSTAZIONE UTENTE .....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>CALCOLO CAMPI ELETTROMAGNETICI – SOTTOSTAZIONE UTENTE ED AREA COMUNE .....</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE - “D.P.A”.....</b>	<b>26</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>28</b>



**RELAZIONE TECNICA IMPATTO  
ELETTROMAGNETICO**

CODICE	EO.APR01.PD.H.08
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	21/2021
PAGINA	3 di 28

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Rappresentazione cavo ARE4H5E.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2: Andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 1.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3: Dettaglio dell'andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 1.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 4: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 1.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 5: Andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 2.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6: Dettaglio dell'andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 2.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 2.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8: Andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre AT di stazione.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 9: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse sbarre AT di stazione.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10: Andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre AT di stazione - Area Comune.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 11: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse sbarre AT di stazione - Area Comune...</i>	<i>25</i>
<i>Figura 12: Rappresentazione grafica delle DPA dell'impianto considerato – SE Utente ed area condivisa.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 13: Rappresentazione grafica delle DPA dell'impianto considerato – Cabina di Raccolta e Misura di zona 1.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 14: Rappresentazione grafica delle DPA dell'impianto considerato – Cabina di Raccolta e Misura di zona 2.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 15: Rappresentazione grafica delle DPA dell'impianto considerato – Cavidotto AT.....</i>	<i>28</i>



**RELAZIONE TECNICA IMPATTO  
ELETTROMAGNETICO**

CODICE	EO.APR01.PD.H.08
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	21/2021
PAGINA	5 di 28



**RELAZIONE TECNICA IMPATTO  
Elettromagnetico**

CODICE	EO.APR01.PD.H.08
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	21/2021
PAGINA	6 di 28

## INDICE DELLE TABELLE

---

<i>Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro ...</i>	<i>14</i>
<i>Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 3: Dimensionamento Cavi – Zona 1.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 4: Dimensionamento Cavi – Zona 2.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 5: Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta – Zona 1 .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 6: Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta – Zona 2 .....</i>	<i>18</i>



**RELAZIONE TECNICA IMPATTO  
Elettromagnetico**

CODICE	EO.APR01.PD.H.08
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	21/2021
PAGINA	7 di 28



## 1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, ed opere di connessione annesse, denominato *"Incoronata - San Sabino"*, sito in agro di Apricena (FG).

In particolare, il progetto è relativo ad un impianto eolico avente potenza nominale pari a 99,2 MW e costituito da:

- N° 16 aerogeneratori aventi diametro 162 m e altezza al mozzo pari a 119 m (per un'altezza complessiva di 200 m), ciascuno avente potenza nominale pari a 6,2 MW (aerogeneratore tipo modello Vestas V162);
- Due Cabine di Raccolta e Misura in MT a 30 kV;
- Linee elettriche in MT a 30 kV in cavo interrato necessaria per l'interconnessione di 6 aerogeneratori alla prima Cabina di Raccolta e Misura;
- Linee elettriche in MT a 30 kV in cavo interrato necessaria per l'interconnessione di 10 aerogeneratori alla seconda Cabina di Raccolta e Misura;
- Una Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 150/30 kV Utente;
- Linee elettriche in MT a 30 kV in cavo interrato necessari per l'interconnessione delle due Cabine di Raccolta e Misura alla SE Utente di cui sopra;
- Una sezione di impianto elettrico comune con due impianti fotovoltaico in sviluppo (altro operatore), necessaria per la condivisione dello Stallo AT a 150 kV, assegnato dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) all'interno della futura SE della RTN denominata *"Torremaggiore"*. Tale sezione è localizzata in una zona adiacente alla SE Utente e contiene tutte le apparecchiature elettromeccaniche in AT necessarie per la condivisione della connessione.
- Tutte le apparecchiature elettromeccaniche in AT di competenza dell'Utente da installare all'interno della futura SE Terna *"Torremaggiore"*, in corrispondenza dello stallo assegnato;
- Una linea elettrica in AT a 150 kV in cavo interrato di interconnessione tra la sezione di impianto comune e la futura SE RTN *"Torremaggiore"*.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way Finance S.p.A., avente sede legale in Via Po 23, 00198 Roma, P.IVA 15773121007.

## 2 INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione tecnica è la valutazione dei valori attesi dei campi elettrici e magnetici originati dall'impianto elettrico per la connessione del parco eolico in progetto sito nel comune di Apricena (FG).

La soluzione tecnica di connessione alla RTN prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV con la sezione 150 kV della futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV, da inserire in entra-esce alla linea RTN 380 kV "Rotello 380 – San Severo 380", denominata "Torremaggiore".

Al fine di razionalizzare l'utilizzo delle strutture di rete è necessario condividere lo stallo AT Terna nella SE con altri due impianti di produzione. Pertanto, è stata prevista una sezione di impianto comune che permette di collegare al medesimo stallo AT Terna gli impianti in sviluppo di tutti i produttori. Inoltre, la sezione di impianto comune è stata predisposta per un eventuale ampliamento o condivisione.

## 3 UBICAZIONE ED ACCESSI

L'alternativa progettuale prevede la realizzazione di un parco eolico costituito da 16 aerogeneratori, sito in agro del Comune di Apricena (FG), in due località denominate "Incoronata" e "San Sabino" rispettivamente a Ovest e ad Est del centro abitato di Apricena.

Le altre opere di progetto ricadono nei comuni di Apricena, San Severo, Torremaggiore e San Paolo di Civitate (FG). In particolare:

- Il percorso del cavidotto di interconnessione in MT alla SE Utente attraversa i comuni di Apricena, San Severo, Torremaggiore e San Paolo di Civitate;
- La SE di trasformazione Utente, l'area di impianto comune ed il collegamento AT alla RTN interessano, invece, il Comune di Torremaggiore.

L'individuazione del sito, il posizionamento dell'impianto e delle relative opere di rete per la connessione risultano dai seguenti allegati:

- "EO.APR01.PD.B.01 – Inquadramento generale su IGM";
- "EO.APR01.PD.H.01 - Planimetria su base catastale - Stazione elettrica di smistamento 150 kV Terna, area comune per condivisione connessione e Stazione Elettrica Utente".

## 4 OGGETTO DELLA RELAZIONE

Il presente studio è stato redatto con l'obiettivo di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici che compongono l'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica. In particolare, gli apparati individuati come potenziali sorgenti di emissione elettromagnetica sono:

- Cabine di Raccolta e Misure in MT a 30 kV;
- Il sistema di sbarre AT a 150 kV all'interno di un'area comune per la condivisione dello stallo di Terna;
- I quadri MT ubicati all'interno della Sottostazione Elettrica d'utente 30/150 kV;
- Cavidotto interrato in AT (Alta Tensione).

Considerando la distribuzione degli aerogeneratori e la potenza complessiva in gioco, si è deciso di dividere il parco eolico in due zone elettricamente indipendenti, ognuna con un proprio stallo nella SE Utente e per ognuna delle quali ci sarà una Cabine di Raccolta e Misura. I sistemi saranno costituiti da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione e il controllo dei diversi aerogeneratori. In particolare si avranno una Cabina di Raccolta e Misura di zona 1 in località "Incoronata" e una Cabina di Raccolta e Misura di zona 2 in località "San Sabino".

Per maggiori dettagli sulla configurazione della sottostazione elettrica d'utente si rimanda alla "EO.APR01.PD.H.03 - Stazione Elettrica Utente Ed Area Comune Per Condivisione Connessione - Planimetria E Sezioni Elettromeccaniche".

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e interrate, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia; Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (D.P.A.).

## 5 CAMPI ELETROMAGNETICI

---

### 5.1 Generalità

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono con la distanza. In particolare, il campo elettrico **E** generato dalle linee elettriche in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca), invece il campo magnetico **B** è invece associato alla corrente trasportata dalla linea.

Tuttavia, nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque. Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto.

### 5.2 Riferimenti Normativi

- **Legge 22 febbraio 2001, n. 36** "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- **DPCM 8 luglio 2003** "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- **DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008**, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti";
- "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici);
- **CEI 11-17** "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";
- **CEI 20-21** "Calcolo della portata di corrente" (IEC 60287);
- **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 I";

- **CEI 211-4** “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”.

Il modello normalizzato utilizzato per la seguente valutazione per il calcolo dell’induzione magnetica prodotta in una sezione trasversale di una linea elettrica aerea è quello descritto dalla Norma CEI 211-4, che viene considerato applicabile anche alle linee in cavo interrato.

Si tratta di un modello bidimensionale che applica la legge di Biot-Savart per determinare l’induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l’induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, considerate simmetriche ed equilibrate.

Vengono assunte le seguenti schematizzazioni della linea:

- tutti i conduttori sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- le correnti sono considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori aerei o dei cavi e, nel caso dei conduttori aerei a fascio, negli assi centrali dei fasci, cioè negli assi dei cilindri aventi come generatrici gli assi dei sub-conduttori dei fasci;
- il suolo è considerato perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e quindi si trascurano le immagini dei conduttori rispetto al suolo, che alla frequenza industriale risultano a profondità molto elevate;

In dettaglio, l’induzione magnetica **B** generata da  $N_r$  conduttori filiformi, numerati da 0 a  $(N_r - 1)$ , può essere calcolata mediante la seguente espressione:

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{N_r-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

Dove:

- $\mu_0$  è la permeabilità magnetica del vuoto;
- $N_r$  è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3);
- $i$  la corrente;
- $C_k$  il conduttore generico;
- $d\vec{l}$  un suo tratto elementare;
- $r$  la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Indicato con  $\mathbf{Q}$  la posizione dell'osservatore, definiamo *sezione normale* il piano verticale passante per  $\mathbf{Q}$  e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con  $\mathbf{P}_k$  il punto dove il generico conduttore  $\mathbf{C}_k$  interseca la *sezione normale*, e con  $\mathbf{i}_k$  la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse  $\mathbf{z}$  nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in  $\mathbf{Q}$  si ottiene l'espressione:

$$\vec{\mathbf{B}} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{N_r-1} \int_{C_k} \frac{\mathbf{i}_z \vec{\mathbf{z}} \times (\mathbf{Q} - \mathbf{P}_k)}{|\mathbf{Q} - \mathbf{P}_k|^2}$$

Per quanto riguarda invece il campo elettrico, non è in generale possibile, tranne che per configurazioni molto semplici, sviluppare procedure analitiche per il caso generale di strutture tridimensionali. Queste procedure sono basate sul principio delle cariche equivalenti semplificato: non si considera l'esatta distribuzione delle cariche sulle superficie dei conduttori e si suppone che esse siano concentrate al centro degli stessi, con una densità lineare di carica costante.

Per la determinazione delle cariche presenti sui diversi conduttori della linea ci si avvale del principio delle immagini, in base al quale un piano equipotenziale a potenziale nullo (quale si suppone essere il terreno) può essere simulato con una configurazione di cariche immagini, cioè di cariche di segno opposto a quelle che generano il campo e disposte specularmente rispetto al piano stesso. In particolare, il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{\mathbf{E}} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \hat{\mathbf{u}}_r$$

Dove:

- $\lambda$  = densità lineare di carica sul conduttore;
- $\epsilon_0$  = permittività del vuoto;
- $d$  = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;
- $\mathbf{u}_r$  = versore unitario con direzione radiale al conduttore.

Il modello bidimensionale considerato, con le schematizzazioni sopra elencate, fornisce risultati del tutto accettabili ai fini della presente analisi.

### 5.3 Valutazioni degli Effetti dei Campi Elettromagnetici

I possibili effetti sulla salute dei campi elettromagnetici si possono distinguere tra effetti sanitari acuti, ed effetti cronici:

- *Effetti acuti (o di breve periodo)*, basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono, con margini cautelativi, la non insorgenza di tali effetti;
- *Effetti cronici (o di lungo periodo)*, privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

In Particolare, la Legge n.36/01 distingue:

**Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro**

<i>Limiti di esposizione</i>	Valori di CEM (Campi Elettromagnetici) che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
<i>Valori di attenzione</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 di lungo periodo.
<i>Obiettivi di qualità</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 di lungo periodo.

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 che, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- *I limiti di esposizione*, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- *I limiti di esposizione*, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);

- *Le fasce di rispetto* per gli elettrodotti in AT.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in Tabella, confrontati con la normativa europea:

**Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE**

Normativa	Limiti previsti	Intensità del campo di Induzione magnetica B ( $\mu\text{T}$ )	Intensità del campo Elettrico E (V/m)
DPCM	<i>Limite d'esposizione</i>	<b>100</b>	<b>5000</b>
	<i>Limite d'attenzione</i>	<b>10</b>	
	<i>Obiettivo di qualità</i>	<b>3</b>	
<i>Racc. 1999/512/CE</i>	<i>Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)</i>	<b>100</b>	<b>5000</b>

Il valore di attenzione di 10  $\mu\text{T}$  si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100  $\mu\text{T}$  per lunghe esposizioni e di 1000  $\mu\text{T}$  per brevi esposizioni. Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA (*Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente*), ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti



alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: *"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio"* (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

## 6 CALCOLO CAMPI Elettromagnetici – Cavidotto MT A 30 KV DI INTERCONNESSIONE AEROGENERATORI E SOTTOSTAZIONE UTENTE

Gli aerogeneratori saranno interconnessi alla Cabina di Raccolta e Misura e alla Stazione Elettrica di Utenza mediante una linea in cavo interrato in MT a 30 kV.

Si prevede l'utilizzo di cavi del tipo **ARE4H5E** o equivalenti, caratterizzati da conduttori a corda rotonda compatta di alluminio, semiconduttori interni ed esterni in mescola estrusa, isolante in Polietilene reticolato e schermatura a nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Il tutto è ricoperto da una guaina di Polietilene di colore rosso, in conformità alla Norma CEI 20-13.

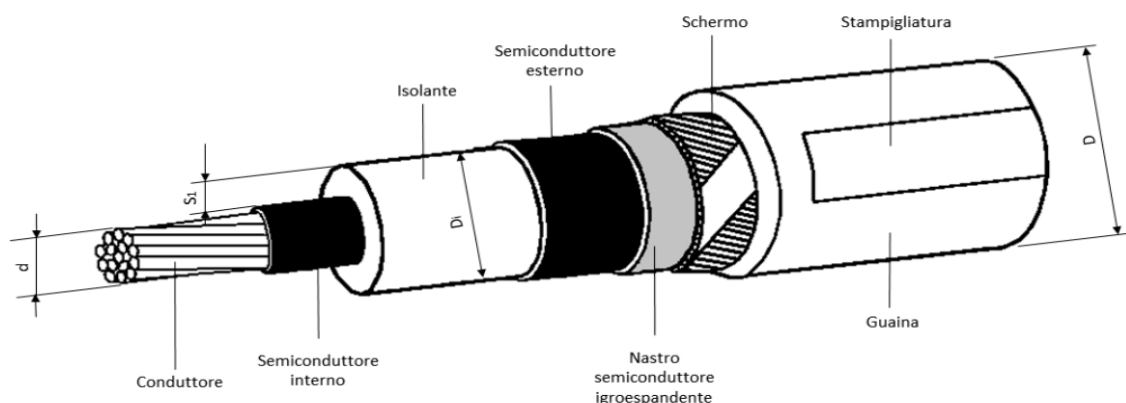


Figura 1: Rappresentazione cavo ARE4H5E

Le sezioni previste per le diverse tratte di cavidotto sono riportate nelle seguenti tabelle per la zona 1 in località "Incoronata" e per la zona 2 in località "San Sabino":

**Tabella 3: Dimensionamento Cavi – Zona 1**

Tratta	06-02	02-03	03-CR	Linea1	02-CR	05-04	04-CR	Linea2
Sezione Cavo [mm <sup>2</sup> ]	300	300	630	630	300	300	300	630
Cavi in Parallelo	1	2	1	1	1	1	2	1
Portata Cavo I <sub>0</sub> [A] <sup>1</sup>	480	480	709	709	480	480	480	709
Portata effettiva I <sub>z</sub> [A]	355,86	491,08	525,63	452,04	263,33	355,86	491,08	452,04

**Tabella 4: Dimensionamento Cavi – Zona 2**

Tratta	16-15	15-CR	14-13	13-12	12-CR	Linea1	09-08	07-08	08-CR	10-11	11-CR	Linea2
Sez. Cavo [mm <sup>2</sup> ]	120	500	120	240	500	500	240	120	500	120	240	500
Cavi in Parallelo	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
I <sub>0</sub> [A]	291	549	291	426	709	709	426	291	709	426	426	709
I <sub>z</sub> [A]	216	350	216	272	452	778	316	216	452	272	316	778

Si riportano nella tabella successiva le caratteristiche meccaniche ed elettriche in funzione delle sezioni scelte:

**Tabella 5: Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta – Zona 1**

Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro Conduttore d [mm]	Diametro sull'isolante Di [mm]	Diametro esterno nominale D [mm]	Massa indicativa del cavo [kg/km]	Raggio di Curvature [mm]	Resistenza a trifoglio @ 90 °C [Ω/km]	Reattanza a trifoglio @ 50 Hz [Ω/km]
300	20,8	34,7	44	1749	590	0,1360	0,110
630	30,5	45,6	56	3130	760	0,0739	0,099

<sup>1</sup> Trifoglio, direttamente interrato, a  $\rho = 1 K m / W$

**Tabella 6: Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta – Zona 2**

Sezione [mm <sup>2</sup> ]	Diametro Conduttore d [mm]	Diametro sull'isolante Di [mm]	Diametro esterno nominale D [mm]	Massa indicativa del cavo [kg/km]	Raggio di Curvature [mm]	Resistenza a trifoglio @ 90 °C [Ω/km]	Reattanza a trifoglio @ 50 Hz [Ω/km]
120	12,9	27,4	36	1040	470	0,3330	0,130
240	18,2	31,5	41	1480	550	0,1680	0,120
500	26,7	41,0	51	2550	690	0,0890	0,110

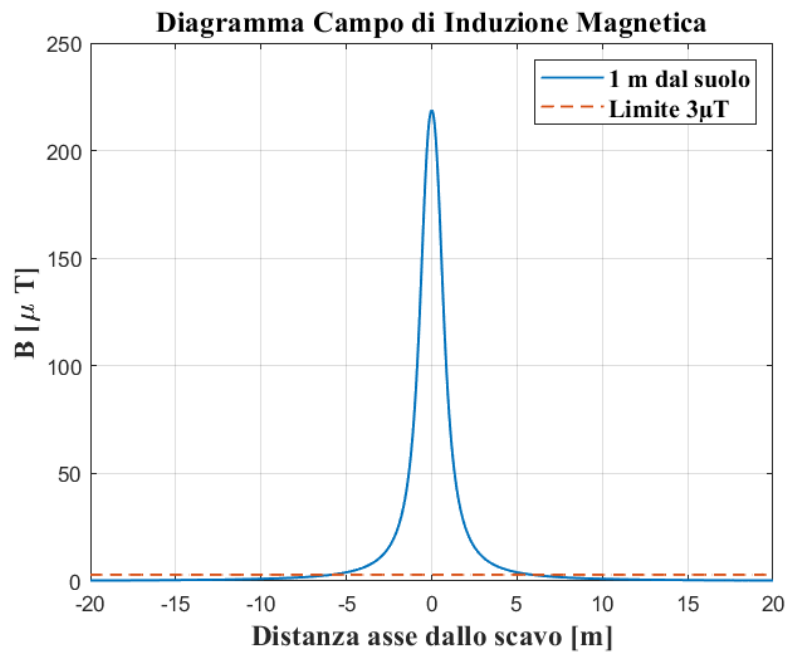
Per maggiore dettaglio sui criteri di scelta e dimensionamento delle condutture elettriche in MT, si rimanda alla relazione “EO.APR01.PD.H.07 - Relazione di calcolo preliminare sugli impianti”.

Il calcolo dei campi elettrici e magnetici per le sbarre a 30 kV della Cabina di Raccolta e degli arrivi linea nella Sottostazione elettrica d'utente della zona 1 località “Incoronata” è stato effettuato considerando i seguenti parametri geometrici ed elettrici:

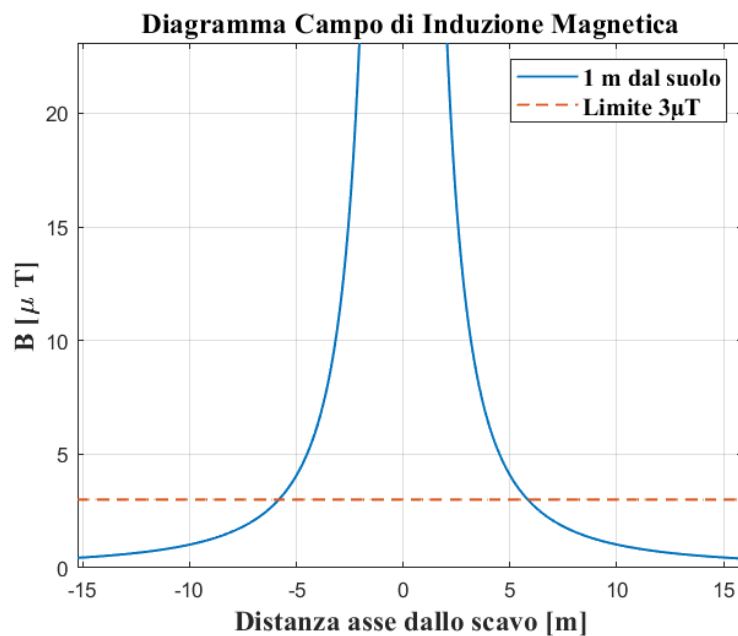
- altezza delle sbarre: 1,6 m;
- distanza tra le sbarre: 0,37 m;
- valore efficace della corrente delle sbarre: 800 A;
- valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 17341 V.

Al fine di ottenere una stima conservativa dell'esposizione ai campi elettromagnetici originati dall'impianto, si è considerato il valore di corrente al limite termico dei conduttori in luogo della corrente nominale di esercizio.

Nella seguente figura è riportato il valore del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dai conduttori MT di cabina. Nelle seguenti figure è riportato il valore del campo di induzione magnetica in funzione della distanza sulle sbarre MT dei Quadri elettrici di stazione e di Cabina di Raccolta e Misura.

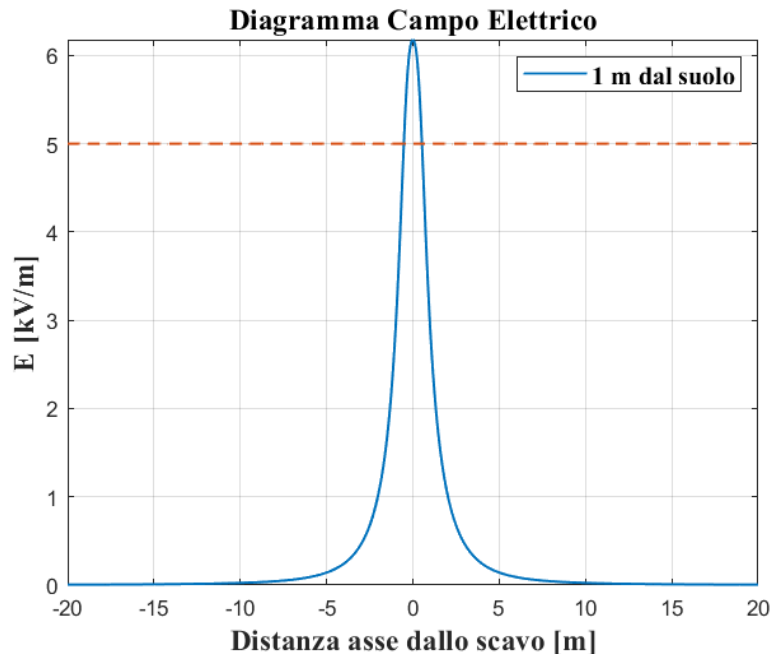


**Figura 2: Andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 1**



**Figura 3: Dettaglio dell'andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 1**

L'andamento del campo elettrico in funzione della distanza dai conduttori è riportato nella seguente figura.



**Figura 4: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 1**

Il calcolo dei campi elettrici e magnetici per le sbarre a 30 kV della Cabina di Raccolta e degli arrivi linea nella Sottostazione elettrica d'utente della zona 2 località "San Sabino" è stato effettuato considerando i seguenti parametri geometrici ed elettrici:

- altezza delle sbarre: 1,6 m;
- distanza tra le sbarre: 0,37 m;
- valore efficace della corrente delle sbarre: 1250 A;
- valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 17341 V.

Al fine di ottenere una stima conservativa dell'esposizione ai campi elettromagnetici originati dall'impianto, si è considerato il valore di corrente al limite termico dei conduttori in luogo della corrente nominale di esercizio.

Nella seguente figura è riportato il valore del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dai conduttori MT di cabina. Nelle seguenti figure è riportato il valore del campo di induzione magnetica in funzione della distanza sulle sbarre MT dei Quadri elettrici di stazione e di Cabina di Raccolta e Misura.

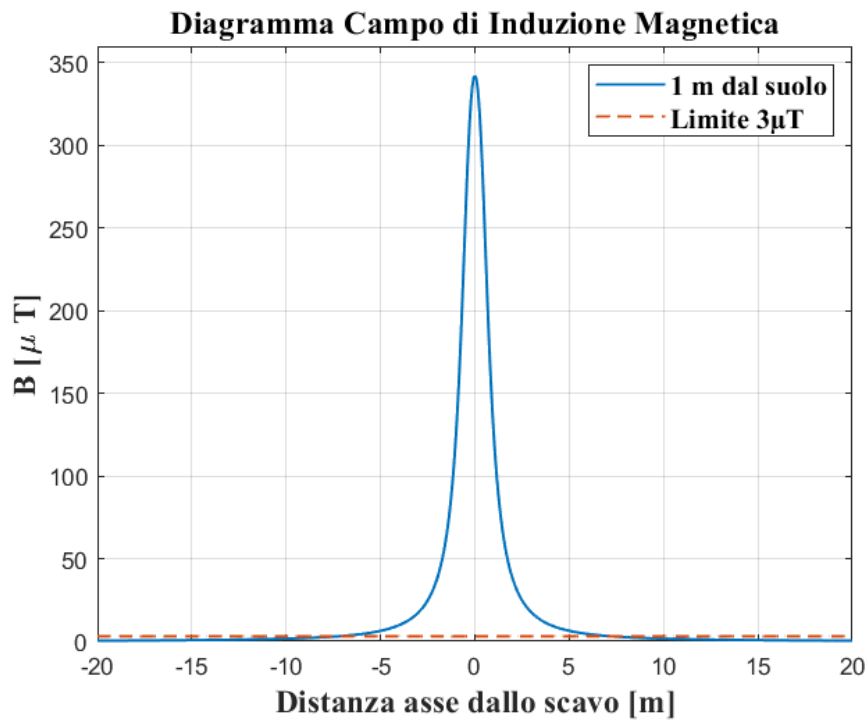


Figura 5: Andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 2

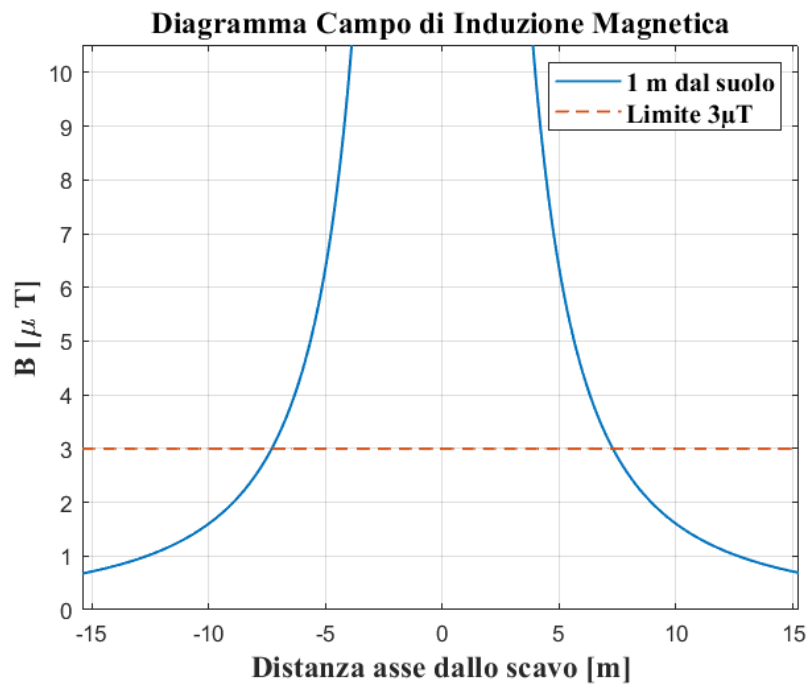
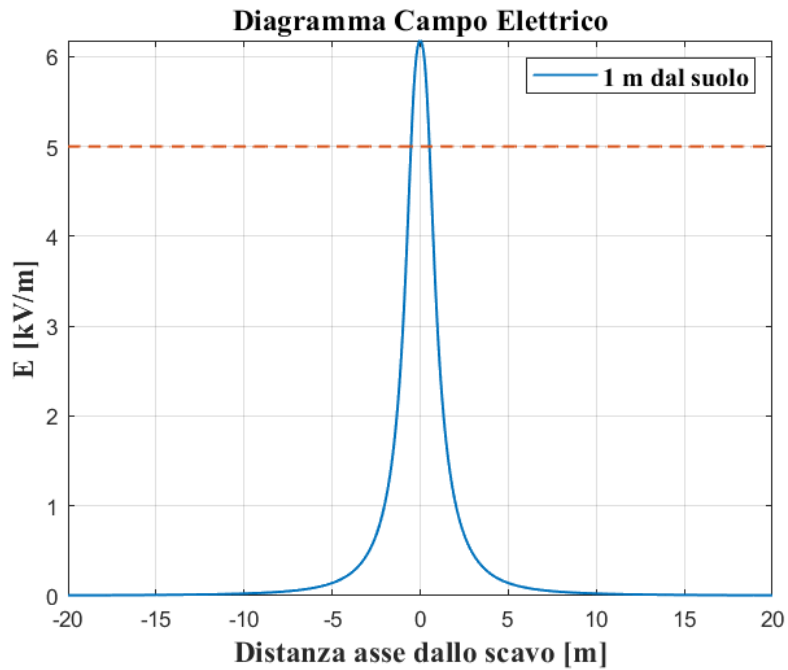


Figura 6: Dettaglio dell'andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 2

L'andamento del campo elettrico in funzione della distanza dai conduttori è riportato nella seguente figura.



**Figura 7: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura zona 2**

## 7 CALCOLO CAMPI ELETTROMAGNETICI – SOTTOSTAZIONE UTENTE ED AREA COMUNE

Il calcolo dei campi elettrici e magnetici per la stazione di trasformazione 150/30 kV Utente, lato AT per entrambi gli stalli, è stato effettuato considerando i seguenti parametri geometrici:

- altezza delle sbarre: 7 m;
- distanza tra le sbarre: 2.2 m;
- valore efficace della corrente delle sbarre: 250 A;
- valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 86705 V;

Al fine di ottenere una stima conservativa dell'esposizione ai campi elettromagnetici originati dall'impianto, si è considerato il valore di corrente al limite termico dei conduttori in luogo della corrente nominale di esercizio.

Nella seguente figura è riportato il valore del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dai conduttori AT di stazione.

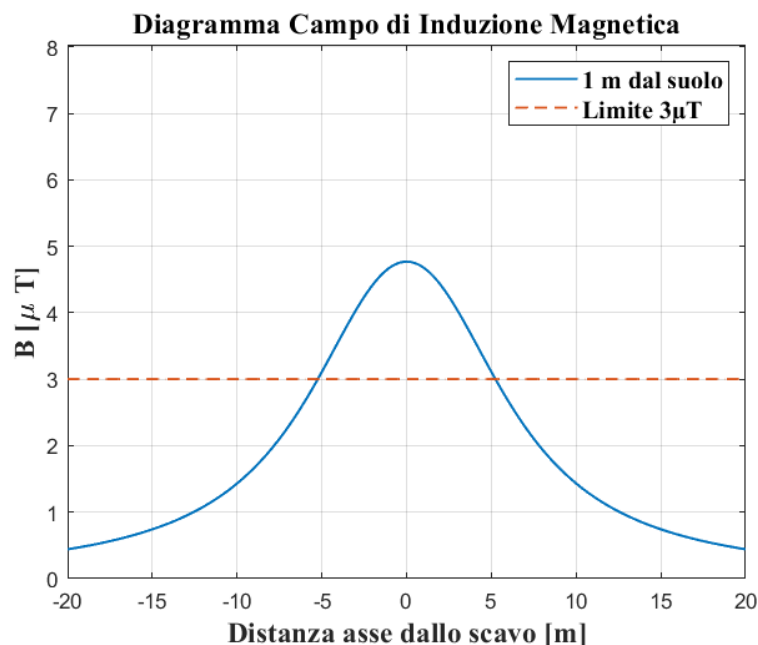
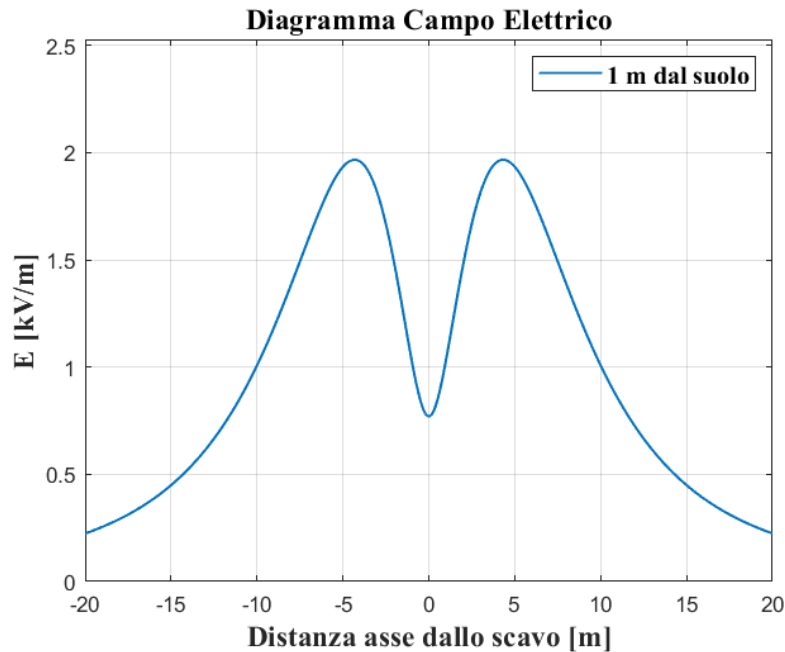


Figura 8: Andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre AT di stazione



L'andamento del campo elettrico in funzione della distanza dai conduttori è riportato nella seguente figura.



*Figura 9: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse sbarre AT di stazione*

Invece il calcolo dei campi elettrici e magnetici per l'area comune, necessaria per la condivisione della connessione, è stato effettuato considerando i seguenti parametri geometrici:

- altezza delle sbarre: 7 m;
- distanza tra le sbarre: 2.2 m;
- valore efficace della corrente delle sbarre: 1000 A;
- valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 86705 V;

Al fine di ottenere una stima conservativa dell'esposizione ai campi elettromagnetici originati dall'impianto, si è considerato il valore di corrente al limite termico dei conduttori in luogo della corrente nominale di esercizio.

Nella seguente figura è riportato il valore del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dai conduttori AT di stazione.

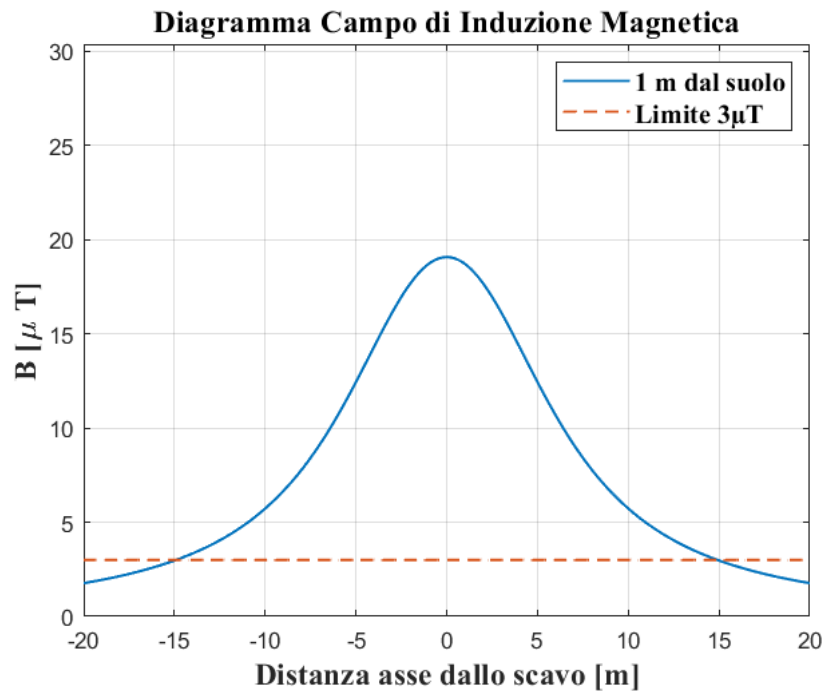


Figura 10: Andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse sbarre AT di stazione - Area Comune

L'andamento del campo elettrico in funzione della distanza dai conduttori è riportato nella seguente figura.

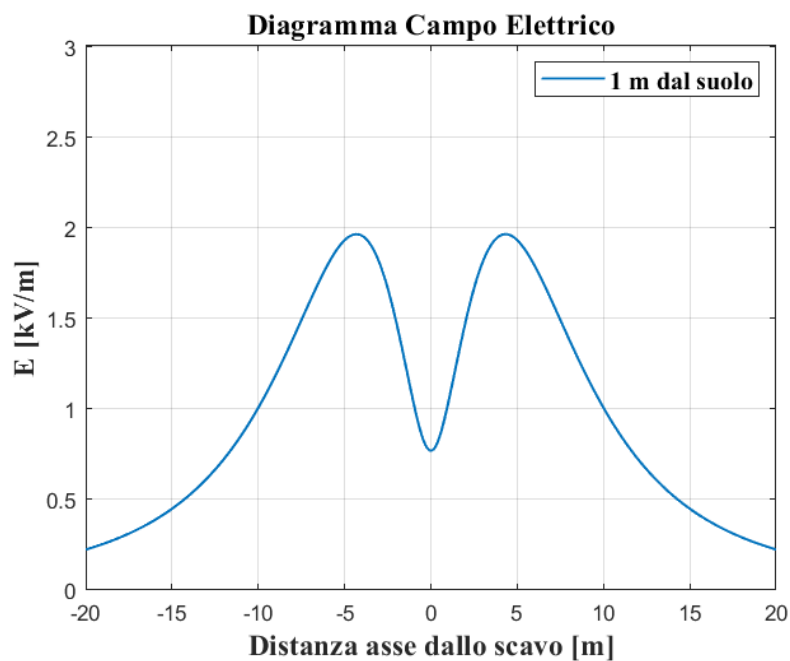


Figura 11: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse sbarre AT di stazione - Area Comune

## 8 DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE - "D.P.A."

Nella seguente figura si riportano le DPA relative alla SE Utente:

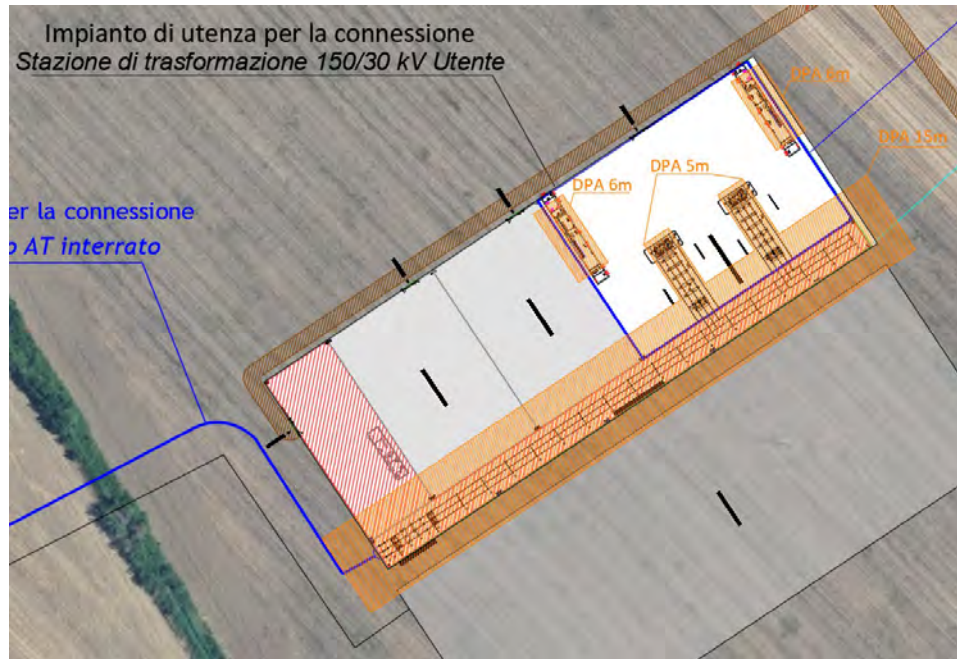


Figura 12: Rappresentazione grafica delle DPA dell'impianto considerato – SE Utente ed area condivisa

mentre invece successivamente in figura le DPA delle due Cabine di Raccolta e Misura in MT:

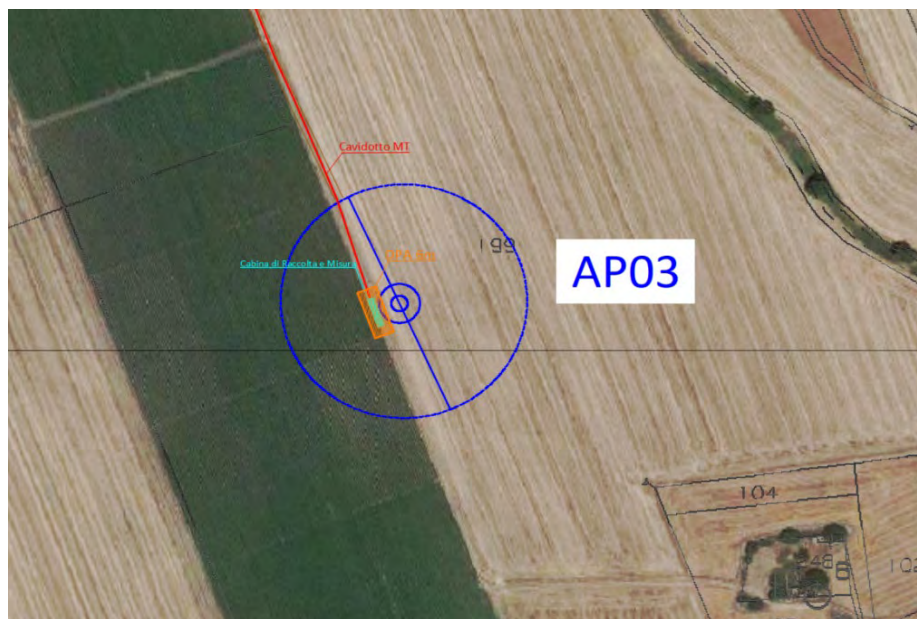
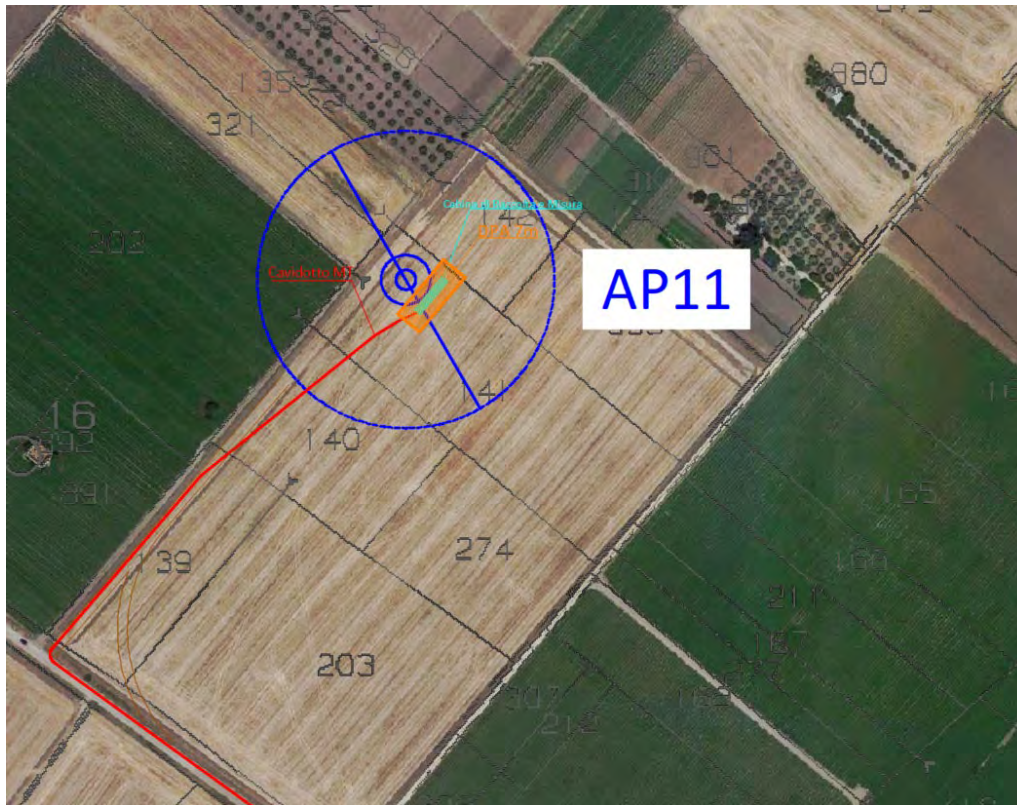


Figura 13: Rappresentazione grafica delle DPA dell'impianto considerato – Cabina di Raccolta e Misura di zona 1



**Figura 14: Rappresentazione grafica delle DPA dell'impianto considerato – Cabina di Raccolta e Misura di zona 2**

Il progetto del cavidotto di collegamento in AT tra la stazione elettrica l'area comune e la stazione elettrica della RTN prevede l'utilizzo di tutti gli accorgimenti necessari che consentono la minimizzazione degli effetti elettrici e magnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in AT interrato permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno e del cavo stesso. Nel caso in questione, lo studio del campo magnetico è stato effettuato, alla tensione nominale di esercizio pari a 150 kV, sul seguente tratto di cavidotto costituito da una terna di conduttori di sezione 1600 mm<sup>2</sup>, percorsa da corrente massima pari a 1060 A, interrati ad una profondità di 1,5 m con una distanza di prima approssimazione pari a 6 m.

Nella seguente figura si riportano le DPA relative al collegamento in cavo interrato in AT:

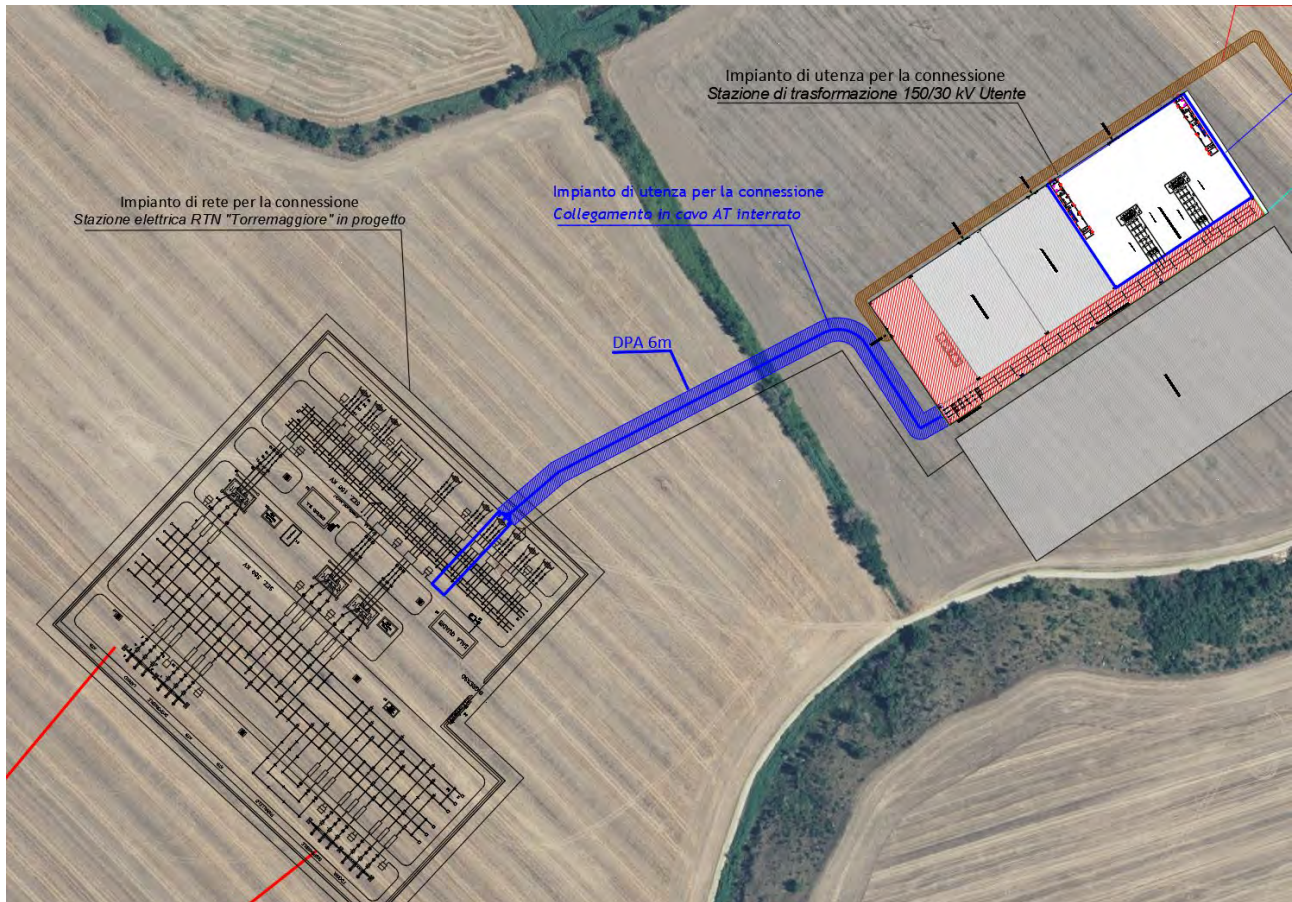


Figura 15: Rappresentazione grafica delle DPA dell'impianto considerato – Cavidotto AT

## 9 CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti è possibile verificare che tutte le aree caratterizzate da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di quantità sono asservite all'impianto eolico o ricadono in aree utilizzate per dall'impianto medesimo. All'interno di tali aree remote non si riscontra la presenza di sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche previste dal presente progetto non costituiscono incrementano dei fattori di rischio per la salute pubblica rispetto alla situazione vigente.