

REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA DI FOGGIA

Comune:  
**Ascoli Satriano - Deliceto**

Località "San Martino - Lagnano"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI  
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE  
OPERE DI CONNESSIONE - 8 AEROGENERATORI -

Sezione -:

**IMPATTO ELETTROMAGNETICO**

Titolo elaborato:

**RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO**

N. Elaborato: **IE.SIA01**

Scala: -

Committente

**WINDERG S.r.l.**

Via Trento, 64  
Vimercate (MB)  
P.IVA 04702520968

Amministratore Delegato  
**Michele GIAMBELLI**

Progettazione



**sede legale e operativa**

San Giorgio Del Sannio (BN) via de Gasperi 61

**sede operativa**

Lucera (FG) S.S.17 loc. Vaccarella snc c/o Villaggio Don Bosco

P.IVA 01465940623

**Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873**



Progettista

**Dott. Ing. Nicola FORTE**



Rev.	Data	Elaborazione	Approvazione	Emissione	DESCRIZIONE
00	FEBBRAIO 2020	FDM sigla	MO sigla	NF sigla	Emissione Progetto Definitivo
Nome File sorgente		GE.ASS01.C3.PD.IE.SIA01.doc	Nome file stampa	GE.ASS01.C3.PD.IE.SIA01.pdf	Formato di stampa A4

## **NDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>9</b>
<b>4.2</b>	<b>LINEE DI DISTRIBUZIONE IN MT</b>	<b>9</b>
<b>4.3</b>	<b>STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA 30/150 kV</b>	<b>10</b>
<b>4.4</b>	<b>QUADRI MT STAZIONE ELETTRICA 30/150 kV</b>	<b>10</b>
<b>4.5</b>	<b>CAVIDOTTO IN ALTA TENSIONE</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO</b>	<b>11</b>
<b>5.1</b>	<b>DEFINIZIONI</b>	<b>11</b>
<b>5.2</b>	<b>CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO</b>	<b>11</b>
<b>5.3</b>	<b>METODO DI CALCOLO</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO</b>	<b>13</b>
<b>6.1</b>	<b>CENNI TEORICI</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>LINEA IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE</b>	<b>14</b>
<b>7.1</b>	<b>DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI</b>	<b>14</b>
<b>7.2</b>	<b>DETERMINAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)</b>	<b>24</b>
<b>7.3</b>	<b>LINEE MT IN CAVO CORDATO AD ELICA VISIBILE</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA 30/150 KV</b>	<b>33</b>
<b>10</b>	<b>LINEA IN CAVO INTERRATO IN AT</b>	<b>39</b>

<b>10.1</b>	<b>DETERMINAZIONE DELLA PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)</b>	<b>40</b>
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>42</b>

## 1 PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da otto aerogeneratori della potenza di 4,2 MW ciascuno da installare nel comune di Ascoli Satriano (FG) in località "San Martino - Lagnano" e con opere di connessione ricadenti anche nel Comune di Deliceto (FG). Proponente dell'iniziativa è la società WINDERG Srl.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in media tensione interrato (detto "cavidotto interno") che collegherà l'impianto alla cabina di raccolta di progetto prevista in prossimità della Strada Provinciale SP88 nei pressi dell'area di impianto.

Dalla cabina di raccolta è prevista la posa di un cavidotto interrato (detto "cavidotto esterno") per il collegamento dell'impianto alla sottostazione di trasformazione e consegna 30/150 kV di progetto.

Il "cavidotto esterno" segue per un primo tratto la SP 88, poi strade comunali fino alla SP 105 lungo la quale prosegue per un breve tratto; successivamente segue la SP120, quindi strade locali e strade a servizio di impianti eolici esistenti fino alla sottostazione.

La stazione di trasformazione di utenza in progetto è prevista in prossimità della stazione elettrica di trasformazione 150/380 kV esistente denominata "Deliceto" di proprietà Terna, e si collega alla rete di trasmissione nazionale, tramite uno stallo in alta tensione di partenza linea, un cavidotto interrato in alta tensione, ed uno stallo in alta tensione di arrivo linea previsto nel futuro ampliamento della sezione a 150 kV della stazione elettrica di rete.

Ove richiesto dal gestore di rete, per la connessione alla RTN, potrà essere necessario condividere le infrastrutture elettriche di utenza e di rete.

Più in dettaglio l'impianto eolico presenta:

- 8 aerogeneratori modello Vestas V150 della potenza di 4.2 MW;
- 8 cabine di trasformazione poste all'interno della torre;
- Una di cabina di raccolta;
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta denominato cavidotto interno
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (30 kV) per il collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione di trasformazione 30/150 kV denominato cavidotto esterno;

La relazione è stata redatta al fine di determinare i valori di campo elettrico e campo magnetico attesi (calcolo previsionale) e la valutazione degli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003.

## 2 NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- 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.
- 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”.
- “La protezione dai campi elettromagnetici” - Edizione TNE.
- “Inquinamento elettromagnetico” - P. Bevitori et al. - Maggioli Editore.
- “La valutazione dell’inquinamento elettromagnetico” - Edizione Maggioli Editore.
- Documento di progetto GE.ASS01.C3.PD.3.2.7 “Sezioni tipo cavidotto MT”;
- Documento di progetto GE.ASS01.C3.PD.5.1 “Stazione elettrica MT/AT: Planimetria e profilo elettromeccanico”;
- Documento di progetto GE.ASS01.C3.PD.5.3 “Cabina di raccolta: pianta, prospetti e disposizioni quadri MT”;
- Documento di progetto GE.ASS01.C3.PD.5.4 “Schema elettrico unifilare.

### 3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- 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.

E' importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo nella tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro).

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

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
Valori di attenzione	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.
Obiettivi di qualità	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 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, 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.

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 2, confrontati con la normativa europea.

	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	IE.SIA01 00 20/02/2020 0 8 di 42
---	--	--	--

**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	Induzione magnetica B ( $\mu$ T)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Il valore di attenzione di 10  $\mu$ 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  $\mu$ 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  $\mu$ T per lunghe esposizioni e di 1000  $\mu$ 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, 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).

## 4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

### 4.1 Generalità

I campi a frequenze estremamente basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio delle linee elettriche, sono quelli con frequenze fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz) e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), milliTesla (mT) o microTesla ( $\mu$ T). I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza e non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

Le opere elettriche di impianto sulle quali rivolgere l'attenzione al fine della valutazione dell'impatto elettrico e magnetico sono di seguito descritte:

- Il cavidotto in MT di collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta denominato cavidotto interno;
- Il cavidotto in MT di collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica 30/150 kV denominato cavidotto esterno;
- La sezione in media tensione all'interno della cabina di raccolta 30 kV;
- La sezione in media ed alta tensione all'interno della stazione elettrica 30/150 kV;
- Una linea elettrica AT interrata alla tensione di 150 kV per il collegamento della stazione elettrica di trasformazione Winderg S.r.l. e stazione elettrica di trasformazione 150/380 kV esistente denominata "Deliceto" di proprietà Terna.

### 4.2 Linee di distribuzione in MT

Gli aerogeneratori saranno connessi tra di loro da una rete di distribuzione in cavo interrato esercita in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento interno.

Il gruppo di aerogeneratori dell'impianto saranno connessi alla stazione elettrica 30/150 kV di utenza attraverso una rete di distribuzione in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento esterno.

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate saranno del tipo unipolare ARE4H5E –  $U_0/U_m = 18/30$  kV – con conduttore in alluminio di sezioni 95 mm<sup>2</sup>, 185 mm<sup>2</sup>, 300 mm<sup>2</sup>, 400 mm<sup>2</sup>, 630 mm<sup>2</sup> con schermo in tubo Al, isolante XLPE, rivestimento esterno in PE (qualità DMZ1), conformi alle norme CEI 20-13, HD 620.

I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con  $U_0/U_m=18/30$  kV e tensione massima  $U_m=36$  kV, sigla di designazione ARE4H5E.

La sezione dei singoli cavi componenti le terne, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

**Tabella 3: Caratteristiche dimensionale ed elettriche dei cavi MT.**

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Spessore Isolante	Diametro cavo	Portata al limite termico
[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[A]
3x1x95	11,4	8	36,6	252
3x1x185	15,8	8	41,4	364
3x1x300	20,8	8	47,4	475
3x1x400	23,8	8	50,7	543

### 4.3 Stazione elettrica di utenza 30/150 kV

La stazione elettrica 30/150 kV di utenza sarà costituita da un'area chiusa composta da:

- Locale BT;
- Locale MT (contenente i quadri MT) con una sezione di arrivo MT dall'impianto eolico;
- Locale trasformatore dei servizi ausiliari;
- Locale gruppo elettrogeno;
- locale TLC;
- Locale Misure;
- Locale di Rete;
- Una sezione di trasformazione MT/AT ed una sezione di partenza in AT per la consegna dell'energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale.

### 4.4 Quadri MT stazione elettrica 30/150 kV

All'interno del locale MT sono ubicati i quadri in MT, per la protezione ed il sezionamento delle linee elettriche in arrivo dal parco eolico e in partenza verso il trasformatore di potenza AT/MT.

### 4.5 Cavidotto in Alta Tensione

Dalla stazione di trasformazione MT/AT l'energia prodotta viene trasferita alla stazione di smistamento a 150 kV attraverso un cavidotto interrato in alta tensione. In particolare, in progetto come descritto precedentemente sono previste due linee interrate in alta tensione.

Ai fini della simulazione di calcolo dei campi elettromagnetici è stata scelta la sezione di cavi più gravosa che presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

**Tabella 4: Caratteristiche dimensionale ed elettriche del cavo AT .**

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Diametro cavo	Tipologia	Portata
[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]		[A]
3x1x1600	45,2	108	Unipolare	1060

## 5 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

### 5.1 Definizioni

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" si introducono le seguenti definizioni:

#### **Corrente**

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

#### **Portata in corrente in servizio normale**

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**

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.

#### **Distanza di prima approssimazione (DPA)**

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.

### 5.2 Cenni teorici sul modello utilizzato

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a (NR-1), può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

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

dove  $\mu_0$  è la permeabilità magnetica del vuoto, NR 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.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli.

Indicato con **Q** il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con **P<sub>k</sub>** il punto dove il generico conduttore **C<sub>k</sub>** interseca la *sezione normale*, e con **I<sub>k</sub>** la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse **z** nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

### 5.3 Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, 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 (DPA).

## 6 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO

### 6.1 Cenni teorici

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

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

Dove:

$\lambda$  = densità lineare di carica sul conduttore

$\epsilon_0$  = permittività del vuoto

$d$  = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

$u_r$  = versore unitario con direzione radiale al conduttore

## 7 LINEA IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE

### 7.1 Determinazione dei campi magnetici

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

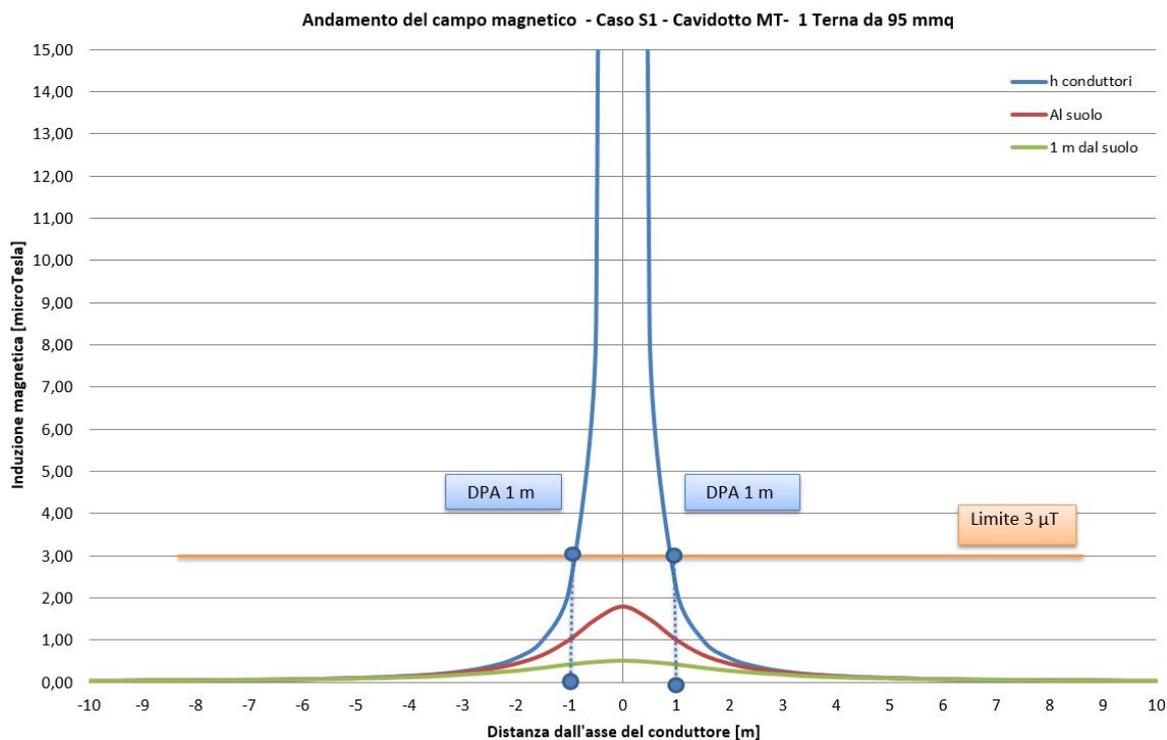
Le simulazioni di seguito elencate, rappresentano le condizioni peggiori del calcolo della DPA dell'intero impianto, in quanto le simulazioni sono state effettuate considerando il maggiore numero di terne e la maggiore sezione dei conduttori.

In particolare sia per il cavidotto interno che per il cavidotto esterno, come condizione peggiorativa ai fini del calcolo della DPA si sono determinate la seguente simulazione:

In dettaglio saranno simulati i seguenti tratti di cavidotto alla tensione nominale di 30 kV:

- **S1:** una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 95 mm<sup>2</sup> percorsa da corrente massima pari a 252 A ed interrata ad una profondità di 1,2 m;
- **S2:** una terna di conduttori di sezione 95 mm<sup>2</sup> ed una terna di sezione 300 mm<sup>2</sup>, disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 252 A e 475 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m;
- **S3:** una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 300 mm<sup>2</sup> percorsa da corrente massima pari a 475 A ed interrata ad una profondità di 1,2 m;
- **S4:** due terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 300 mm<sup>2</sup> percorsa da corrente massima pari a 475 A ed interrata ad una profondità di 1,2 m;
- **S5:** una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 185 mm<sup>2</sup> percorsa da corrente massima pari a 364 A ed interrata ad una profondità di 1,2 m;
- **S6:** una terna di conduttori di sezione 95 mm<sup>2</sup> ed una terna di sezione 185 mm<sup>2</sup>, disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 252 A e 364 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m;
- **S7:** una terna di conduttori di sezione 185 mm<sup>2</sup> ed una terna di sezione 300 mm<sup>2</sup>, disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 364 A e 475 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m;
- **S8:** una terna di conduttori di sezione 300 mm<sup>2</sup> ed una terna di sezione 400 mm<sup>2</sup>, disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 475 A e 543 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m.

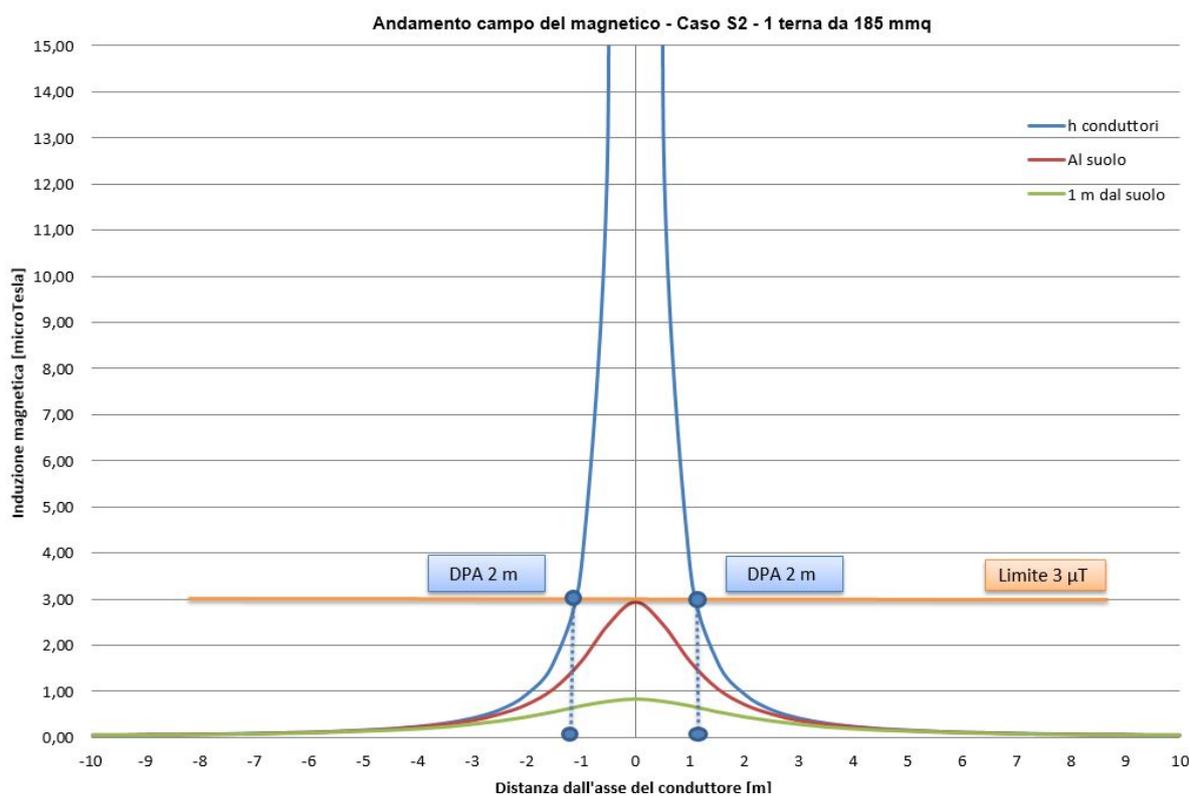
I valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori, al suolo e ad 1 m dal suolo. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.



**Figura 1: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S1.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu</math>T]</i>
-10,00	0,02	0,02	0,02
-9,00	0,03	0,03	0,03
-8,00	0,04	0,03	0,03
-7,00	0,05	0,04	0,04
-6,00	0,06	0,06	0,06
-5,00	0,09	0,09	0,08
-4,00	0,14	0,13	0,11
-3,00	0,25	0,22	0,17
-2,00	0,56	0,43	0,26
-1,00	2,22	1,00	0,41
0,00	156,58	1,79	0,50
1,00	2,22	1,00	0,41
2,00	0,56	0,43	0,26
3,00	0,25	0,22	0,17
4,00	0,14	0,13	0,11
5,00	0,09	0,09	0,08
6,00	0,06	0,06	0,06
7,00	0,05	0,04	0,04
8,00	0,04	0,03	0,03
9,00	0,03	0,03	0,03
10,00	0,02	0,02	0,02

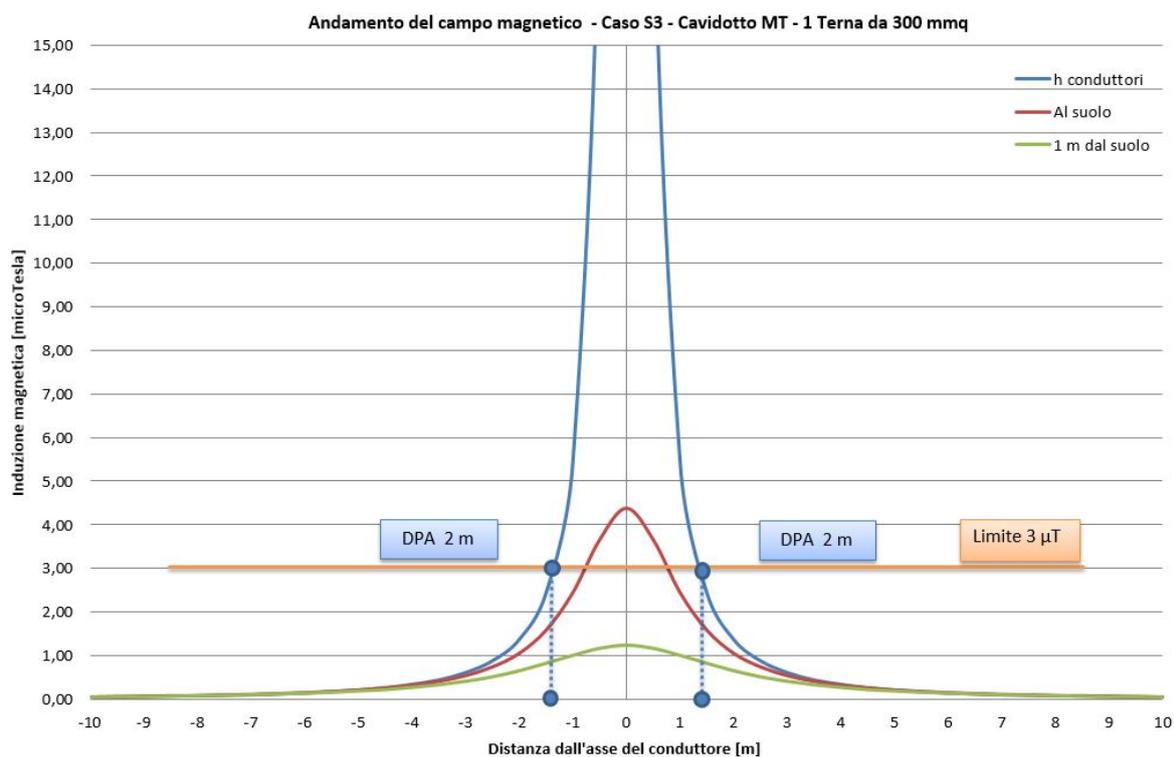
**Tabella 5: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S1.**



**Figura 2: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S2.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,04	0,04	0,04
-9,00	0,05	0,05	0,04
-8,00	0,06	0,06	0,05
-7,00	0,08	0,07	0,07
-6,00	0,10	0,10	0,09
-5,00	0,15	0,14	0,13
-4,00	0,23	0,22	0,18
-3,00	0,41	0,36	0,28
-2,00	0,93	0,71	0,44
-1,00	3,67	1,65	0,68
0,00	248,29	2,95	0,83
1,00	3,67	1,65	0,68
2,00	0,93	0,71	0,44
3,00	0,41	0,36	0,28
4,00	0,23	0,22	0,18
5,00	0,15	0,14	0,13
6,00	0,10	0,10	0,09
7,00	0,08	0,07	0,07
8,00	0,06	0,06	0,05
9,00	0,05	0,05	0,04
10,00	0,04	0,04	0,04

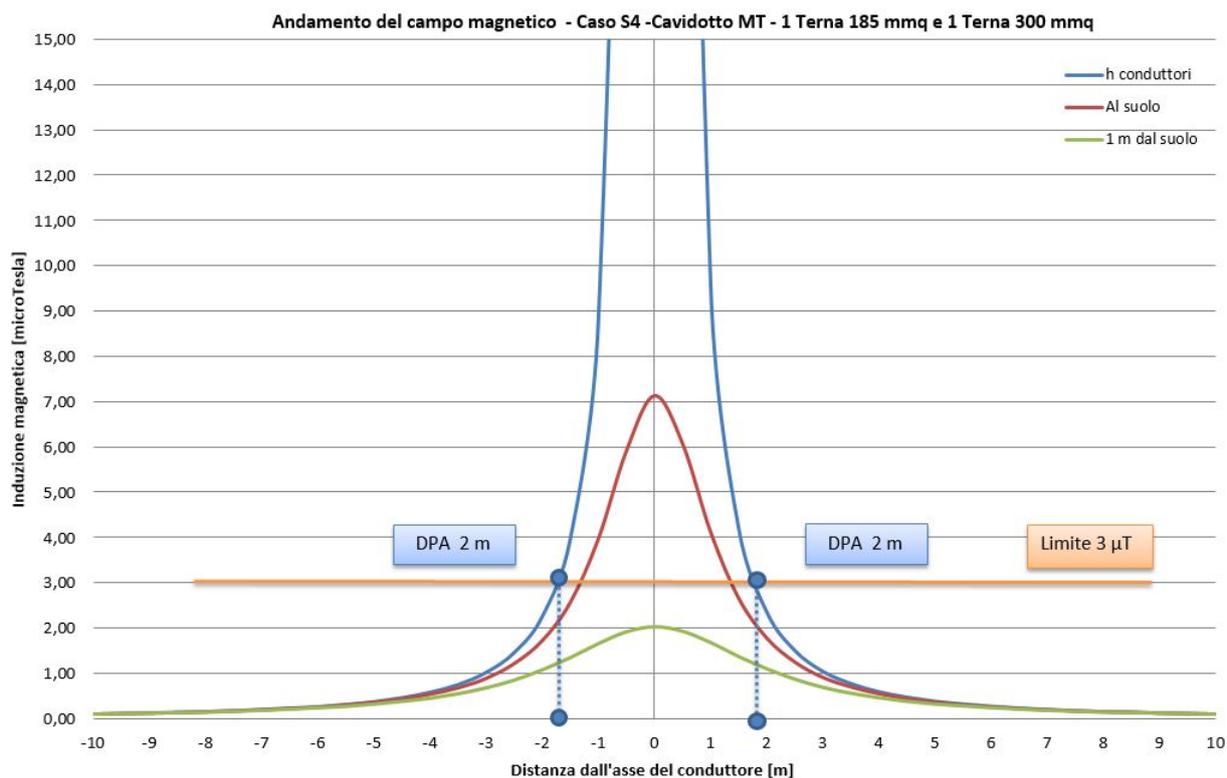
**Tabella 6: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S2.**



**Figura 3: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S3.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu</math>T]</i>
-10,00	0,06	0,05	0,05
-9,00	0,07	0,07	0,06
-8,00	0,09	0,08	0,08
-7,00	0,11	0,11	0,10
-6,00	0,15	0,15	0,14
-5,00	0,22	0,21	0,19
-4,00	0,35	0,32	0,27
-3,00	0,62	0,54	0,41
-2,00	1,38	1,05	0,65
-1,00	5,46	2,44	1,00
0,00	352,73	4,37	1,23
1,00	5,46	2,44	1,00
2,00	1,38	1,05	0,65
3,00	0,62	0,54	0,41
4,00	0,35	0,32	0,27
5,00	0,22	0,21	0,19
6,00	0,15	0,15	0,14
7,00	0,11	0,11	0,10
8,00	0,09	0,08	0,08
9,00	0,07	0,07	0,06
10,00	0,06	0,05	0,05

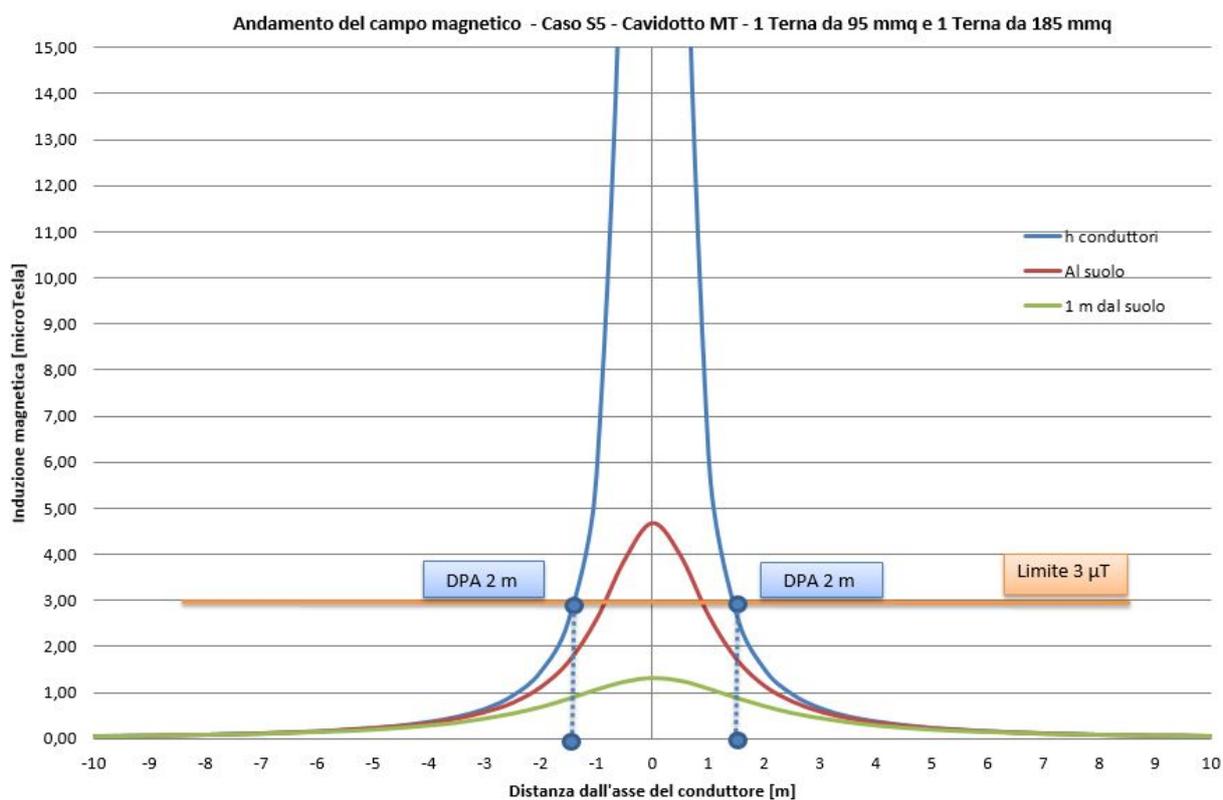
**Tabella 7: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S3.**



**Figura 4: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S4.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu</math>T]</i>
-10,00	0,09	0,09	0,09
-9,00	0,11	0,11	0,11
-8,00	0,14	0,14	0,13
-7,00	0,19	0,18	0,17
-6,00	0,25	0,24	0,23
-5,00	0,36	0,35	0,31
-4,00	0,57	0,53	0,44
-3,00	1,01	0,88	0,67
-2,00	2,25	1,72	1,07
-1,00	8,86	3,98	1,65
0,00	187,99	7,14	2,02
1,00	9,53	4,11	1,67
2,00	2,34	1,77	1,09
3,00	1,03	0,90	0,68
4,00	0,58	0,54	0,45
5,00	0,37	0,35	0,31
6,00	0,26	0,25	0,23
7,00	0,19	0,18	0,17
8,00	0,14	0,14	0,13
9,00	0,11	0,11	0,11
10,00	0,09	0,09	0,09

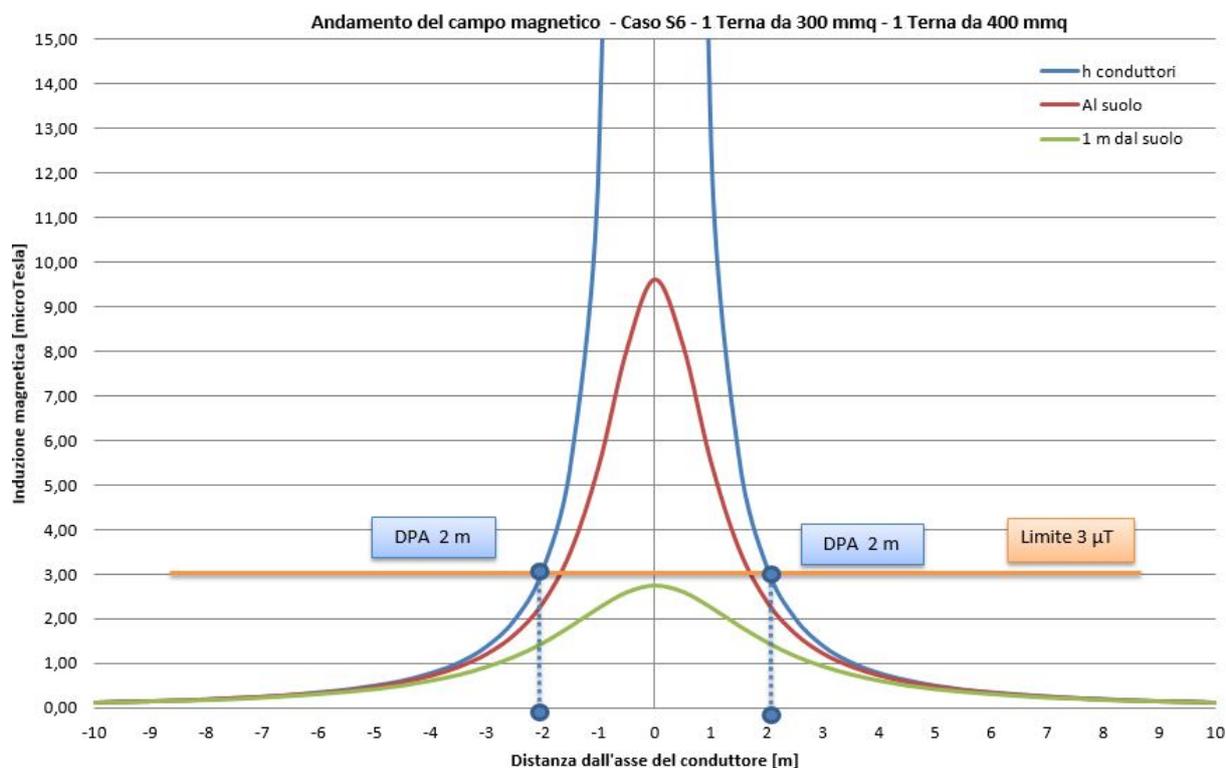
**Tabella 8: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S4.**



**Figura 5: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S5.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu</math>T]</i>
-10,00	0,04	0,04	0,04
-9,00	0,05	0,05	0,04
-8,00	0,06	0,06	0,05
-7,00	0,08	0,07	0,07
-6,00	0,10	0,10	0,09
-5,00	0,15	0,14	0,13
-4,00	0,23	0,22	0,18
-3,00	0,41	0,36	0,28
-2,00	0,93	0,71	0,44
-1,00	3,67	1,65	0,68
0,00	248,29	2,95	0,83
1,00	3,67	1,65	0,68
2,00	0,93	0,71	0,44
3,00	0,41	0,36	0,28
4,00	0,23	0,22	0,18
5,00	0,15	0,14	0,13
6,00	0,10	0,10	0,09
7,00	0,08	0,07	0,07
8,00	0,06	0,06	0,05
9,00	0,05	0,05	0,04
10,00	0,04	0,04	0,04

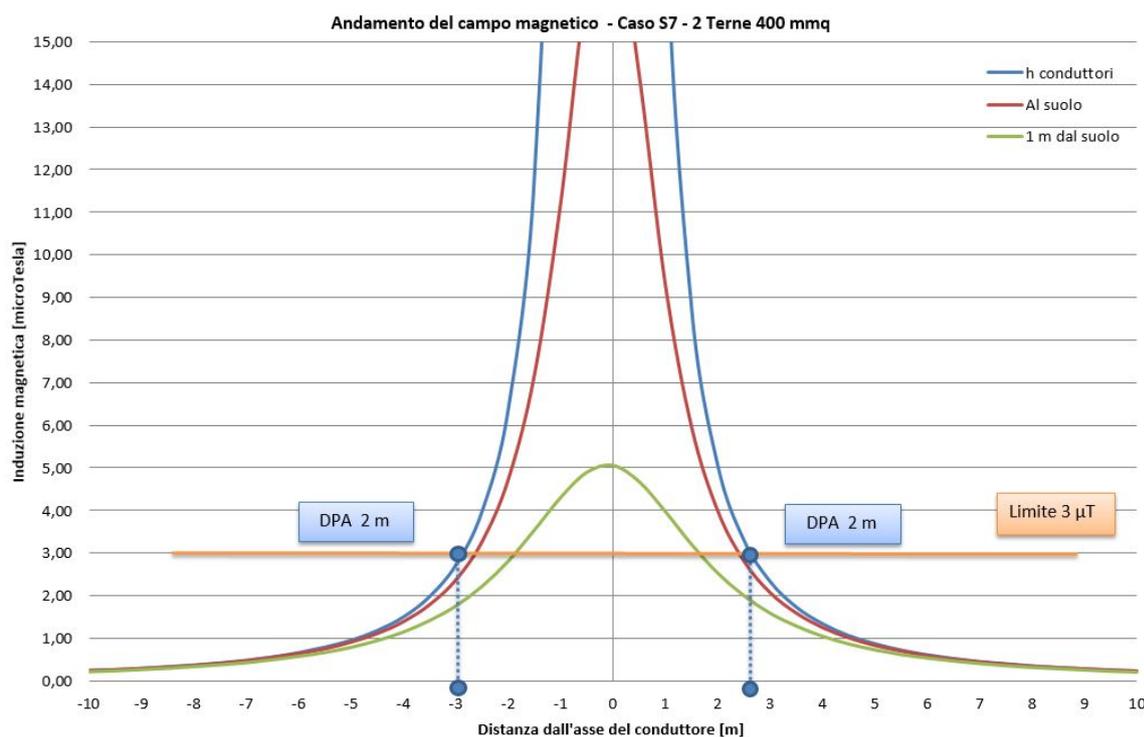
**Tabella 9: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S5.**



**Figura 6: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S6.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [<math>\mu T</math>]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu T</math>]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu T</math>]</i>
-10,00	0,12	0,12	0,12
-9,00	0,15	0,15	0,15
-8,00	0,19	0,19	0,18
-7,00	0,25	0,25	0,23
-6,00	0,35	0,33	0,31
-5,00	0,50	0,47	0,42
-4,00	0,78	0,72	0,61
-3,00	1,38	1,21	0,92
-2,00	3,09	2,35	1,45
-1,00	12,30	5,43	2,24
0,00	212,29	9,62	2,74
1,00	12,73	5,52	2,25
2,00	3,15	2,38	1,47
3,00	1,39	1,22	0,93
4,00	0,78	0,73	0,61
5,00	0,50	0,48	0,42
6,00	0,35	0,34	0,31
7,00	0,26	0,25	0,23
8,00	0,20	0,19	0,18
9,00	0,15	0,15	0,15
10,00	0,12	0,12	0,12

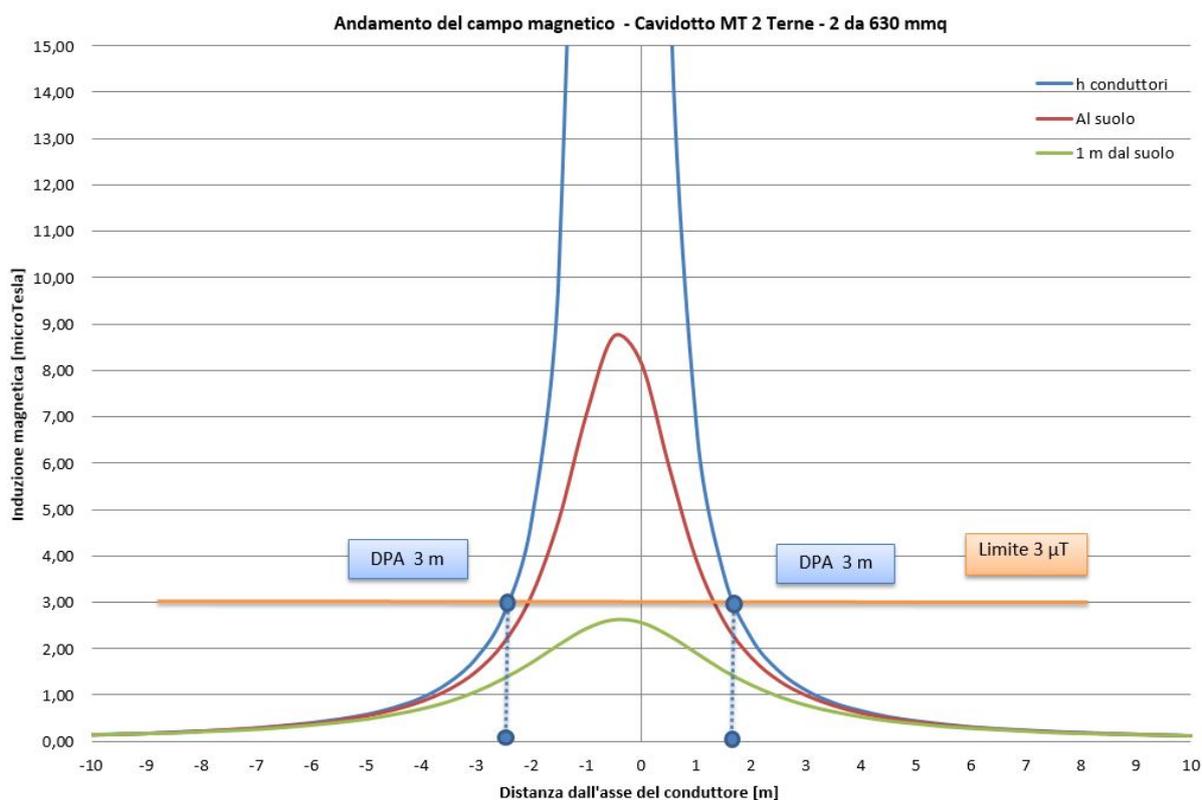
**Tabella 10: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S6.**



**Figura 7: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S7.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [<math>\mu T</math>]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu T</math>]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu T</math>]</i>
-10,00	0,23	0,23	0,22
-9,00	0,28	0,28	0,27
-8,00	0,36	0,35	0,34
-7,00	0,47	0,46	0,43
-6,00	0,65	0,63	0,58
-5,00	0,94	0,90	0,79
-4,00	1,49	1,38	1,15
-3,00	2,71	2,36	1,76
-2,00	6,37	4,72	2,81
-1,00	29,32	11,21	4,30
0,00	502,65	18,05	5,05
1,00	18,88	9,29	3,97
2,00	5,05	3,98	2,53
3,00	2,32	2,06	1,59
4,00	1,33	1,24	1,05
5,00	0,86	0,82	0,73
6,00	0,60	0,58	0,54
7,00	0,44	0,43	0,41
8,00	0,34	0,33	0,32
9,00	0,27	0,27	0,26
10,00	0,22	0,22	0,21

**Tabella 11: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S7.**



**Figura 8: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S8.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu</math>T]</i>
-10,00	0,13	0,14	0,14
-9,00	0,16	0,18	0,17
-8,00	0,21	0,22	0,21
-7,00	0,28	0,29	0,27
-6,00	0,39	0,39	0,36
-5,00	0,57	0,56	0,49
-4,00	0,93	0,85	0,71
-3,00	1,79	1,43	1,08
-2,00	4,73	2,78	1,70
-1,00	6,85	6,33	2,59
0,00	134,09	10,45	3,12
1,00	6,85	6,33	2,59
2,00	2,22	2,78	1,70
3,00	1,63	1,43	1,08
4,00	0,91	0,85	0,71
5,00	0,58	0,56	0,49
6,00	0,41	0,39	0,36
7,00	0,30	0,29	0,27
8,00	0,23	0,22	0,21
9,00	0,18	0,18	0,17
10,00	0,15	0,14	0,14

**Tabella 12: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S8.**

## 7.2 Determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA)

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in MT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3  $\mu$ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame:

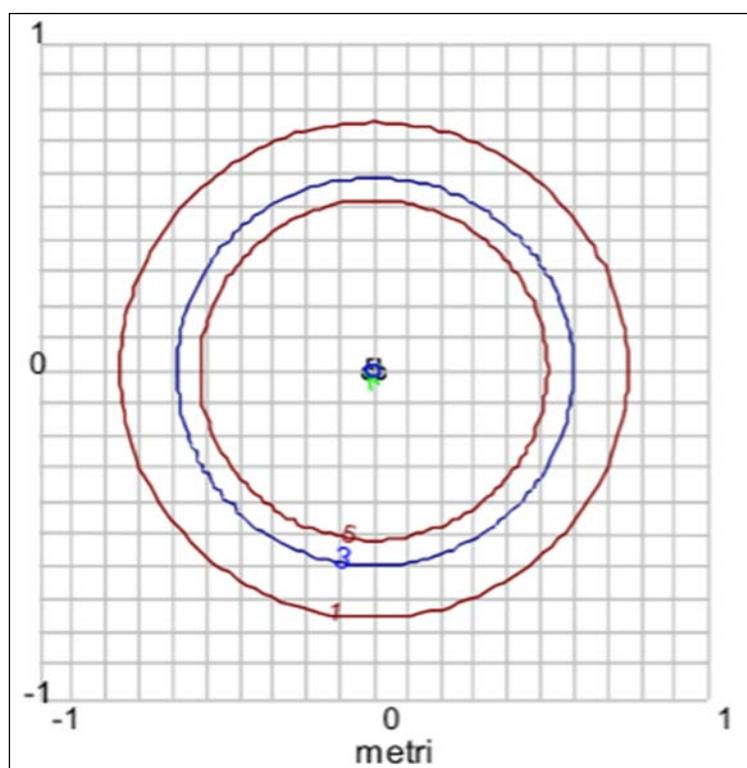
**Tabella 13- Distanza di prima approssimazione per cavidotti di collegamento del parco eolico.**

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONI [mm <sup>2</sup> ]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
<b>S1</b>	1	3x1x95	Posa a trifoglio	30	<b>1</b>
<b>S2</b>	1	3x1x185	Posa a trifoglio	30	<b>2</b>
<b>S3</b>	1	3x1x300	Posa a trifoglio	30	<b>2</b>
<b>S4</b>	2	3x1x185 3x1x300	Posa a trifoglio	30	<b>2</b>
<b>S5</b>	2	3x1x95 3x1x185	Posa a trifoglio	30	<b>2</b>
<b>S6</b>	2	3x1x300 3x1x400	Posa a trifoglio	30	<b>2</b>
<b>S7</b>	2	3x1x400 3x1x400	Posa a trifoglio	30	<b>3</b>
<b>S8</b>	2	3x1x630 3x1x630	Posa a trifoglio	30	<b>3</b>

### 7.3 Linee MT in cavo cordato ad elica visibile

Come descritto nel paragrafo 4.2, i cavi MT di progetto per le linee elettriche interrato saranno del tipo unipolare con disposizione a trifoglio; detto ciò, se si utilizzassero linee MT di progetto in cavo ad elica visibile (ovvero pre-cordati per cavi fino a sezione di **300 mm<sup>2</sup>**), si potrebbe ottenere un impatto elettromagnetico sensibilmente inferiore.

In particolare, nel **paragrafo 7.1 della norma CEI 106-11** per le linee MT in cavo cordato ad elica visibile, si descrive che per la ridotta distanza tra le fasi e la loro trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di **3 μT**, anche nelle condizioni limite di conduttori di sezione maggiore e relativa "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso. (Figura 11).



**Figura 9: Curve di equilivello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con un modello tridimensionale che tiene conto del passo d'elica. (Norma CEI 106-11 figura 18).**

Pertanto come descritto nel **paragrafo 7.1.1 della norma CEI 106-11**, per questa tipologia di impianti realizzati con cavi cordati non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo qualità è rispettato ovunque.

Si fa notare in proposito che anche il **D.M. 29 Maggio 2008**, sulla determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA), ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi cordati.

## 8 IMPATTO CUMULATIVO LINEE INTERRATE

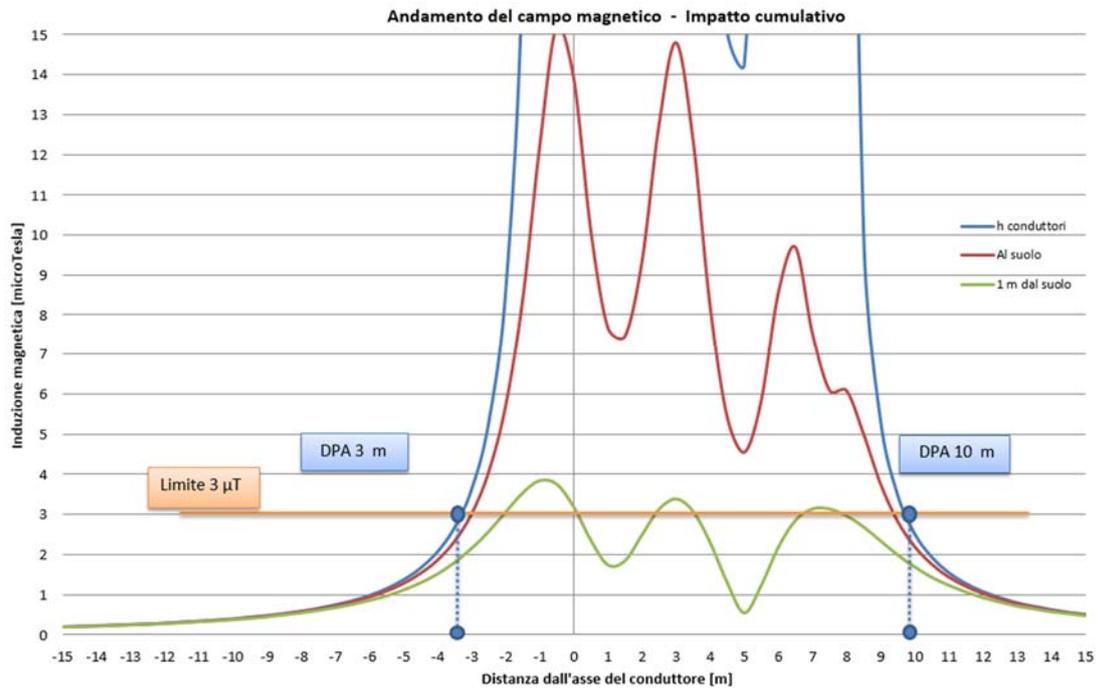
Il progetto dell'impianto eolico denominato "Ascoli Satriano", secondo quanto riportato in progetto, sarà ubicato in prossimità di altri impianti eolici di progetto ed impianti eolici esistenti; pertanto per diversi tratti ha in comune il suo cavidotto in media tensione con quello dei detti impianti eolici esistenti e di progetto, in una configurazione che prevede una trincea di posa affiancata tra di loro ad una distanza minima di realizzazione.

Per questo motivo nella valutazione delle distanze di prima approssimazione è opportuno tener conto dell'impatto cumulativo dei cavidotti di progetto con i cavidotti degli impianti eolici esistenti e di progetto di altri produttori.

Nella valutazione dell'impatto cumulativo, ovvero del parallelismo di posa tra i cavidotti di progetto e i cavidotti esistenti e di progetto relativi ad altri produttori si sono ipotizzate le seguenti condizioni:

- Una trincea di posa, una per ciascun cavidotto in media tensione relativo all'impianto da realizzare, ad una mutua distanza di 3,00 m (condizione peggiore al fine della valutazione dell'impatto cumulativo);
- Per il cavidotto di progetto si considera una configurazione di posa costituita da n. 2 terne interrate aventi sezione del conduttore pari a 630 mm<sup>2</sup> (caso peggiore, più rilevante ai fini del calcolo dei valori del campo magnetico nel tratto in cui di verifica il parallelismo);
- Per il cavidotto di progetto di altro produttore si considera una configurazione di posa costituita da n. 3 terne interrate aventi sezione del conduttore pari a 630 mm<sup>2</sup> (caso peggiore, più rilevante ai fini del calcolo dei valori del campo magnetico nel tratto in cui di verifica il parallelismo);
- Per il cavidotto esistente di altri produttori, si ipotizza una trincea di scavo costituita da n.6 terne interrate avente sezione del conduttore pari a 300 mm<sup>2</sup>; le 6 terne sono suddivise in due gruppi di 3 terne con una mutua distanza di 1 m (caso peggiore, più rilevante ai fini del calcolo dei valori del campo magnetico nel tratto in cui di verifica il parallelismo);

In figura 10 si riporta la simulazione (**S9**) del parallelismo tra i cavidotti MT di progetto e i cavidotti MT dell'impianti eolici esistenti.



**Figura 10: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S9.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori[<math>\mu</math>T]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu</math>T]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu</math>T]</i>
-15,00	0,19	0,19	0,19
-14,00	0,22	0,21	0,21
-13,00	0,25	0,24	0,24
-12,00	0,28	0,28	0,27
-11,00	0,33	0,33	0,32
-10,00	0,39	0,38	0,37
-9,00	0,47	0,46	0,44
-8,00	0,58	0,57	0,54
-7,00	0,74	0,71	0,67
-6,00	0,97	0,93	0,85
-5,00	1,36	1,27	1,11
-4,00	2,06	1,85	1,51
-3,00	2,85	2,65	2,15
-2,00	8,56	5,69	3,06
-1,00	53,58	12,19	3,85
0,00	239,19	13,89	3,19
1,00	16,98	7,67	1,74
2,00	24,62	9,32	2,49
3,00	519,79	14,79	3,39
4,00	27,06	8,21	2,30
5,00	14,24	4,54	0,54
6,00	121,77	8,54	2,18
7,00	54,36	7,53	3,14
8,00	36,90	6,08	2,97
9,00	5,33	3,75	2,34
10,00	2,51	2,19	1,69
11,00	1,54	1,43	1,23
12,00	1,07	1,02	0,92
13,00	0,79	0,77	0,71
14,00	0,62	0,60	0,57
15,00	0,50	0,49	0,47

**Tabella 14: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S9.**

Dalle figura 10 si evince che l'esistenza del parallelismo tra il cavidotto di progetto e il cavidotto dell'impianto eolico esistente comporta un incremento della DPA (7 m) rispetto al caso **S8**; in particolare l'incremento della DPA si verifica solo in corrispondenza del lato dove esiste il parallelismo, mentre sul lato dove non esiste il parallelismo la DPA rimane la stessa del caso **S8**. Inoltre dalla simulazione **S9**, si deduce che i valori di campo magnetico in corrispondenza del suolo e a 1 m dal suolo si mantengono inferiori a **3  $\mu$ T** come previsto dalla normativa.

## 9 CABINA DI RACCOLTA

Il calcolo del campo elettrico e magnetico per la cabina di raccolta dell'impianto, è stato effettuato sulle sbarre a 30 kV dei quadri in MT. I parametri geometrici utilizzati per il calcolo risultano i seguenti:

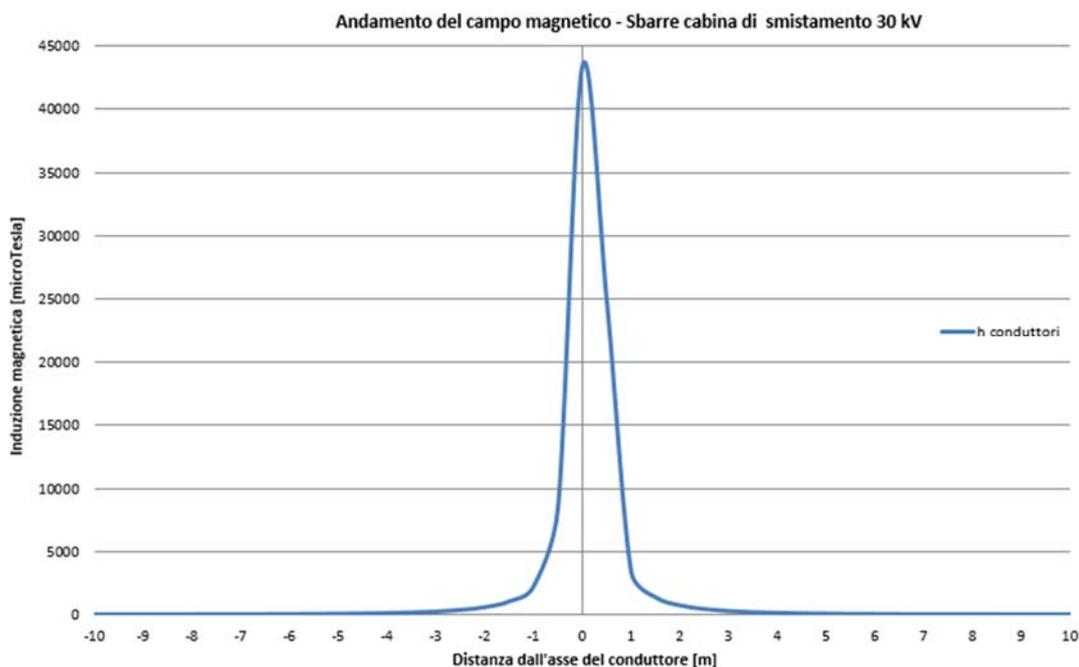
- Altezza delle sbarre: 1.60 m;
- Distanza tra le sbarre: 0.3 m;

I parametri elettrici riportati nel software risultano, invece, i seguenti:

- Valore efficace della corrente delle sbarre: 750 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 17341 V;

A favore della sicurezza, i valori di corrente utilizzati nella simulazione di calcolo sono quelli relativi alle correnti termiche nominali delle sbarre a 30 kV.

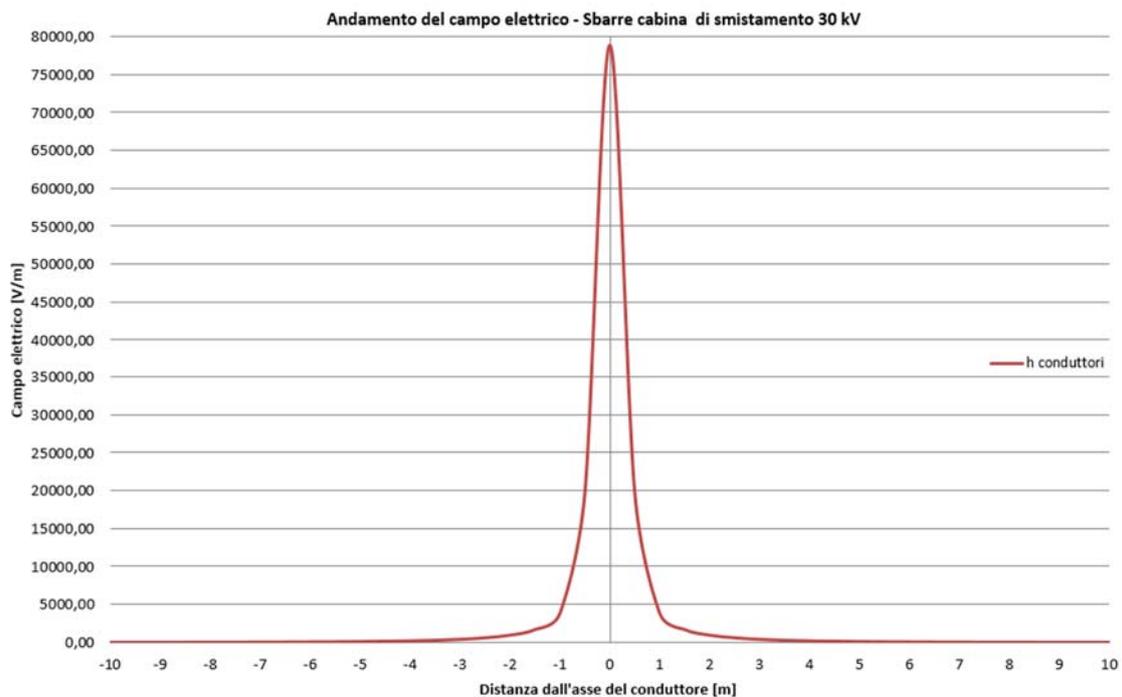
I valori di campo magnetico sono stati calcolati ad altezza conduttori, più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse delle sbarre e su di un asse ortogonale alle stesse.



**Figura 11: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT della cabina di raccolta.**

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo magnetico [<math>\mu</math>T]</i>
	<i>Altezza conduttori</i>
-10,00	0,78
-9,00	0,96
-8,00	1,22
-7,00	1,59
-6,00	2,46
-5,00	3,13
-4,00	4,90
-3,00	8,75
-2,00	19,96
-1,00	85,79
0,00	1558,85
1,00	85,79
2,00	19,96
3,00	8,75
4,00	4,90
5,00	3,13
6,00	2,46
7,00	1,59
8,00	1,22
9,00	0,96
10,00	0,78

**Tabella 15: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare - Sbarre MT della cabina di raccolta.**



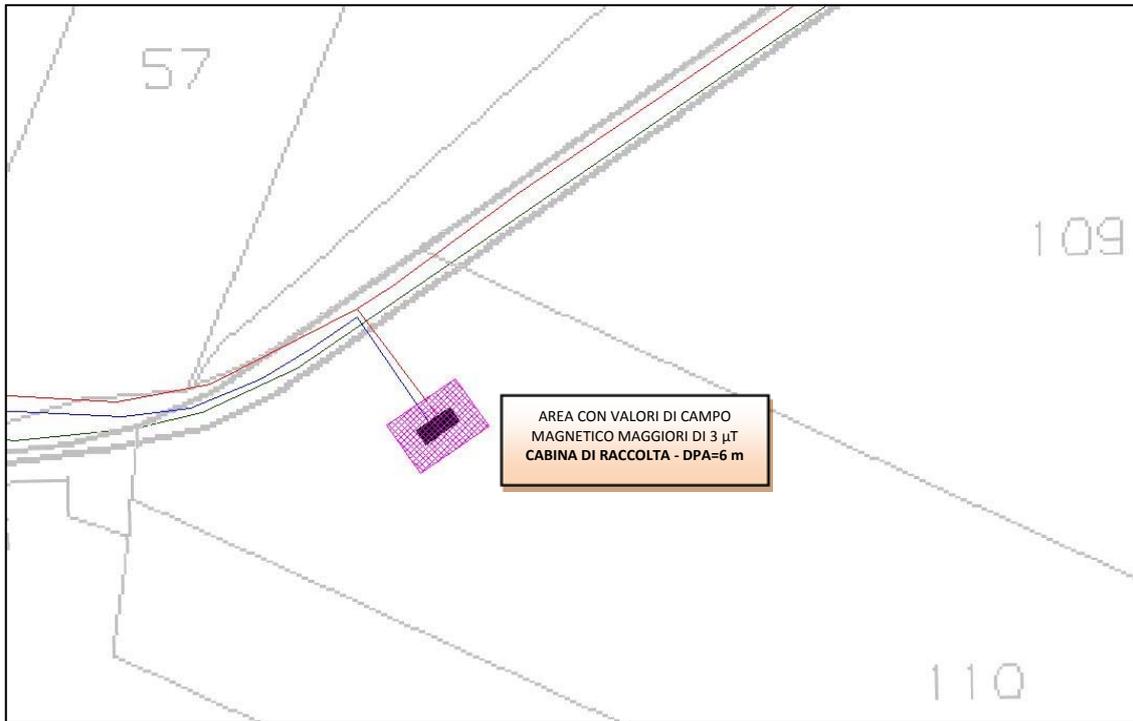
**Figura 12: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT della cabina di raccolta.**

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo elettrico [V/m]</i>
	<i>Altezza conduttori</i>
0,00	78925,50
0,50	19701,50
1,00	3846,20
1,50	1714,70
2,00	983,20
2,50	632,90
3,00	435,50
3,50	313,50
4,00	233,60
4,50	178,90
5,00	140,20
5,50	112,10
6,00	91,20
6,50	75,40
7,00	63,10
7,50	53,50
8,00	45,80
8,50	39,70
9,00	34,60
9,50	30,40
10,00	27,00

**Tabella 16: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare - Sbarre MT della cabina di raccolta.**

Come si evince dalla simulazione del calcolo (figura 11 e relativa tabella) i valori di campo magnetico ad altezza conduttori restano al di sotto dei 3  $\mu\text{T}$  ad una distanza di circa 6 m dal muro perimetrale della cabina. Tale valore di induzione magnetica è indicato nel DPCM 08/07/2003 come obiettivo di qualità previsto per le 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.

La rappresentazione grafica della DPA della cabina di raccolta è riportata nella figura 13.



**Figura 13: Rappresentazione grafica della DPA cabina di raccolta.**

Per quanto riguarda il campo elettrico (figura 12 e relativa tabella), l'intensità risulta massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Considerando il campo elettrico calcolato ad altezza conduttori si ottengono valori di campo elettrico inferiore ai limiti di 5000 V/m imposti dalla normativa a solo 1 m dalle sbarre.

## 10 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA 30/150 kV

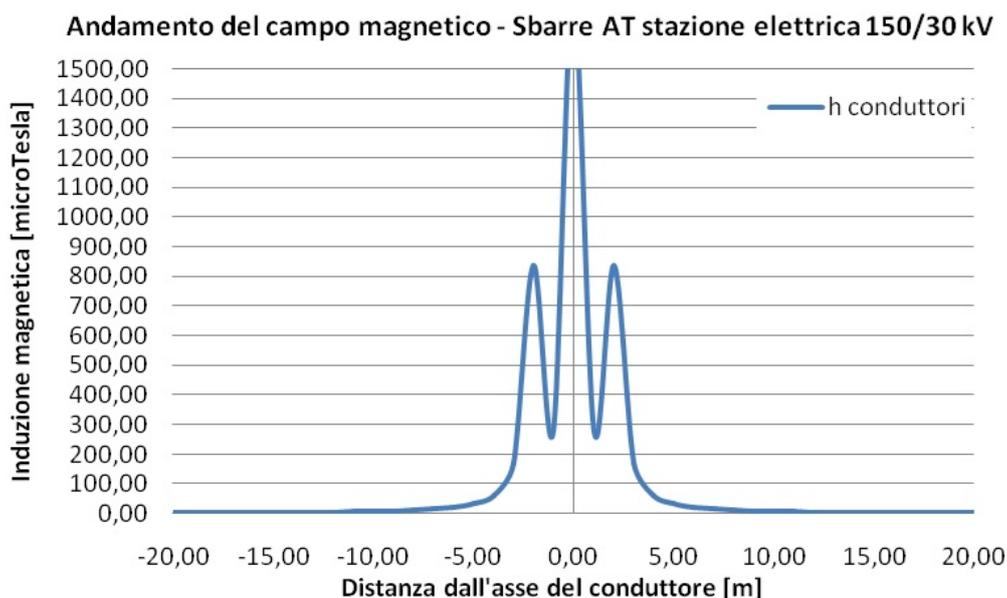
Il calcolo del campo elettrico e magnetico per stazione elettrica di utenza 30/150 kV è stato effettuato sulle sbarre a 150 kV all'interno dell'area di stazione e sulle sbarre a 30 kV dei quadri in MT ubicati all'interno del locale MT anch'esso all'interno della recinzione della stazione.

I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 150 kV risultano i seguenti:

- Altezza delle sbarre: 7,7 m;
- Distanza tra le sbarre: 2,2 m;
- Valore efficace della corrente delle sbarre: 870 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 86705 V.

I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 30 kV risultano, invece, i seguenti:

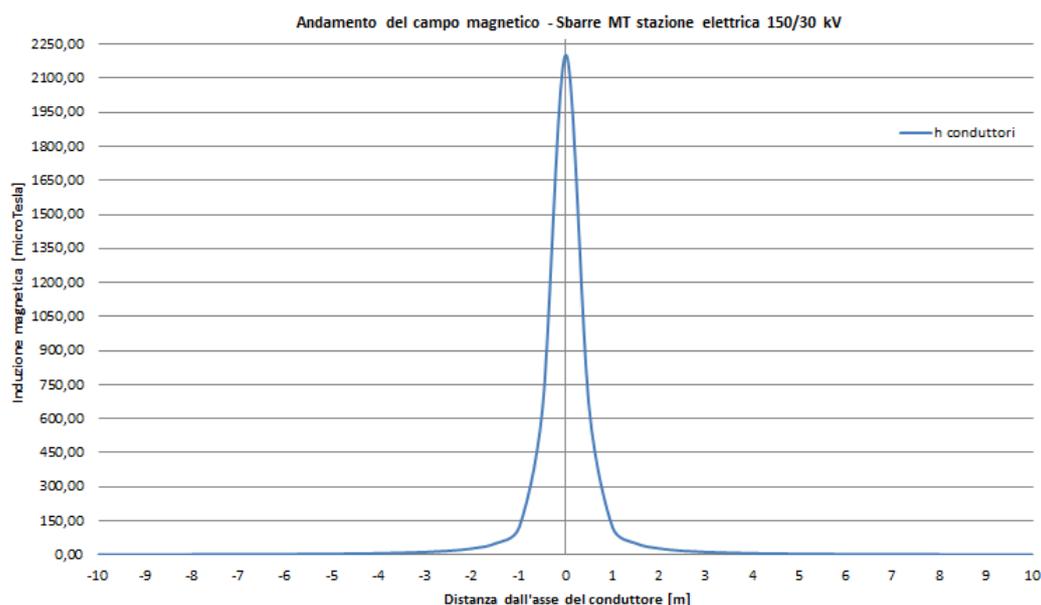
- Altezza delle sbarre: 1,6 m;
- Distanza tra le sbarre: 0,37 m;
- Valore efficace della corrente delle sbarre: 1250 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 17341 V.



**Figura 14: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.**

Valutazione Distanza di prima approssimazione			
Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [ $\mu T$ ]	Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [ $\mu T$ ]
-20	1,68	1	277,17
-19	1,87	2	835,8
-18	2,08	3	171,7
-17	2,34	4	62,23
-16	2,65	5	33,91
-15	2,96	6	21,74
-14	3,48	7	15,26
-13	4,06	8	11,35
-12	4,79	9	8,79
-11	5,75	10	7,02
-10	7,02	11	5,75
-9	8,79	12	4,79
-8	11,35	13	4,06
-7	15,26	14	3,48
-6	21,74	15	2,96
-5	33,91	16	2,65
-4	62,23	17	2,34
-3	171,7	18	2,08
-2	835,8	19	1,87
-1	277,17	20	1,68
0	1741,79		

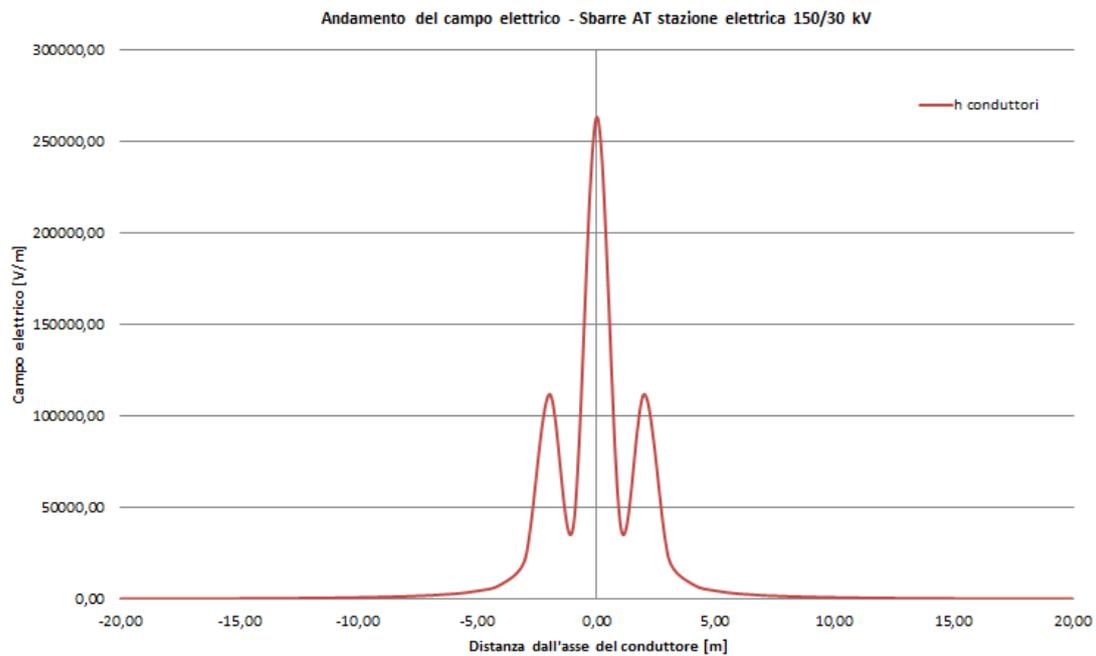
**Tabella 17: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.**



**Figura 15: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.**

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo magnetico [<math>\mu T</math>]</i>
	<i>Altezza conduttori</i>
-10,00	1,10
-9,00	1,36
-8,00	1,72
-7,00	2,25
-6,00	3,07
-5,00	4,42
-4,00	6,93
-3,00	12,37
-2,00	28,20
-1,00	121,25
0,00	2203,17
1,00	121,25
2,00	28,20
3,00	12,37
4,00	6,93
5,00	4,42
6,00	3,07
7,00	2,25
8,00	1,72
9,00	1,36
10,00	1,10

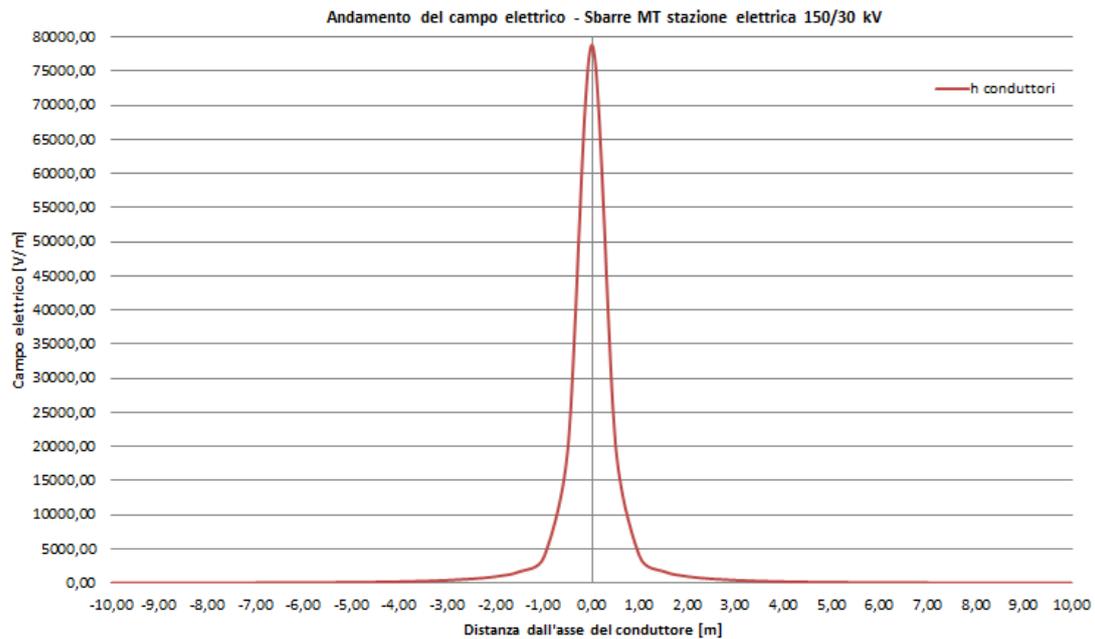
**Tabella 18: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare – Sbarre MT stazione elettrica 150/30 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.**



**Figura 16: Andamento del campo elettrico in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV.**

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo elettrico [V/m]</i>
	<i>Altezza conduttori</i>
0	263460,50
1	39261,50
2	112013,90
3	22797,40
4	8360,50
5	4645,20
6	3040,60
7	2173,40
8	1640,30
9	1283,90
10	1031,40
11	844,70
12	702,40
13	591,20
14	502,60
15	431,10
16	372,50
17	324,00
18	283,60
19	249,50
20	220,70

**Tabella 19: Andamento del campo elettrico in forma tabellare –  
Sbarre AT stazione elettrica 150/30 kV.**



**Figura 17: Andamento del campo elettrico in forma grafica – edificio MT in stazione elettrica 30/150 kV.**

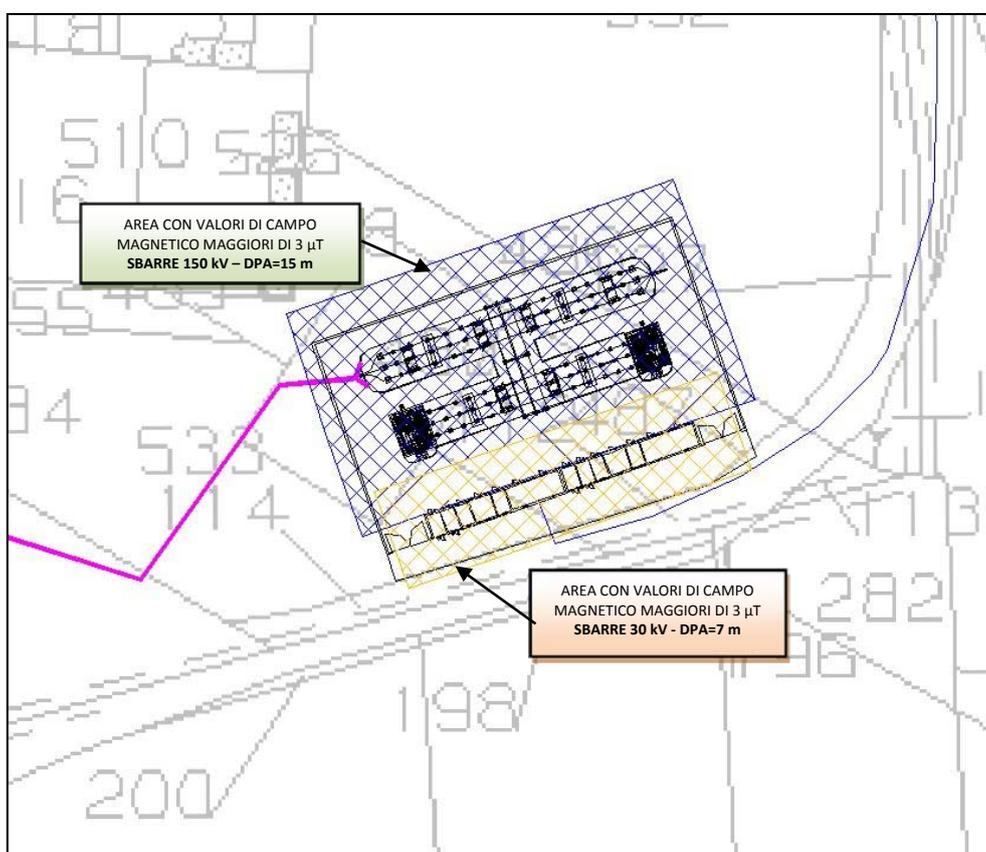
<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo magnetico [<math>\mu</math>T]</i>
	<i>Altezza conduttori</i>
0,00	78925,50
0,50	19701,50
1,00	3846,20
1,50	1714,70
2,00	983,20
2,50	632,90
3,00	435,50
3,50	313,50
4,00	233,60
4,50	178,90
5,00	140,20
5,50	112,10
6,00	91,20
6,50	75,40
7,00	63,10
7,50	53,50
8,00	45,80
8,50	39,70
9,00	34,60
9,50	30,40
10,00	27,00

**Tabella 20: Andamento del campo elettrico in forma tabellare –  
Cabina MT in stazione elettrica 30/150 kV.**

Come si evince dalla simulazione del calcolo, dalle figure 10 e 11 e dalle relative tabelle, sia i valori di campo magnetico ad altezza conduttori sia quelli ad 1 m dal suolo restano al di sotto dei  $3 \mu\text{T}$  ad una distanza di circa 15 m dall'asse delle sbarre in AT e 7 m circa dal confine della cabina MT della stazione 30/150 kV.

Riguardo al campo elettrico, dai risultati delle simulazioni (figure 12 e 13 e relative tabelle), si ottengono valori di intensità inferiore ai limiti di 5000 V/m imposti dalla normativa a soli 5 m dalle sbarre in AT ed 1 m da quelle in MT.

Nell'allegato 3 viene riportata la rappresentazione grafica della DPA relativa alla stazione elettrica di utenza 30/150 kV.



**Figura 18: Rappresentazione grafica delle DPA della stazione d'utenza 30/150 kV.**

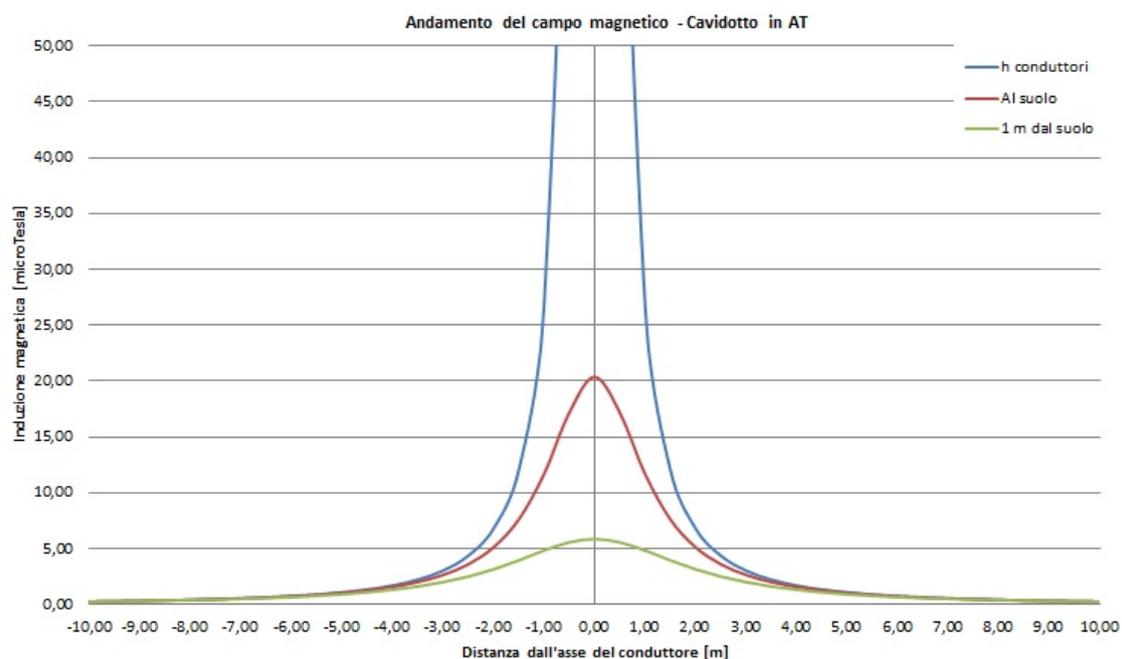
## 11 LINEA IN CAVO INTERRATO IN AT

Per la realizzazione del cavidotto di collegamento in AT, tra la stazione elettrica di utenza e la stazione elettrica di trasformazione 150/380 kV esistente denominata "Deliceto" di proprietà Terna; saranno considerati tutti gli accorgimenti 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. Nel caso in questione, lo studio del campo magnetico è stato effettuato, alla tensione nominale di 150 kV, sul seguente tratto di cavidotto così costituito:

- **S10:** una terna di conduttori di sezione 1600 mm<sup>2</sup> percorsa da corrente massima pari a 1060 A;

I valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori, al suolo e ad 1 m dal suolo. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano, per ognuna delle situazioni richiamate, l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.

### S12 - Cavidotto AT ad una terna di sezione 1600 mm<sup>2</sup> interrata a 1.5 m dal piano di campagna.



**Figura 18: Rappresentazione grafica delle DPA della stazione d'utenza 30/150 kV.**

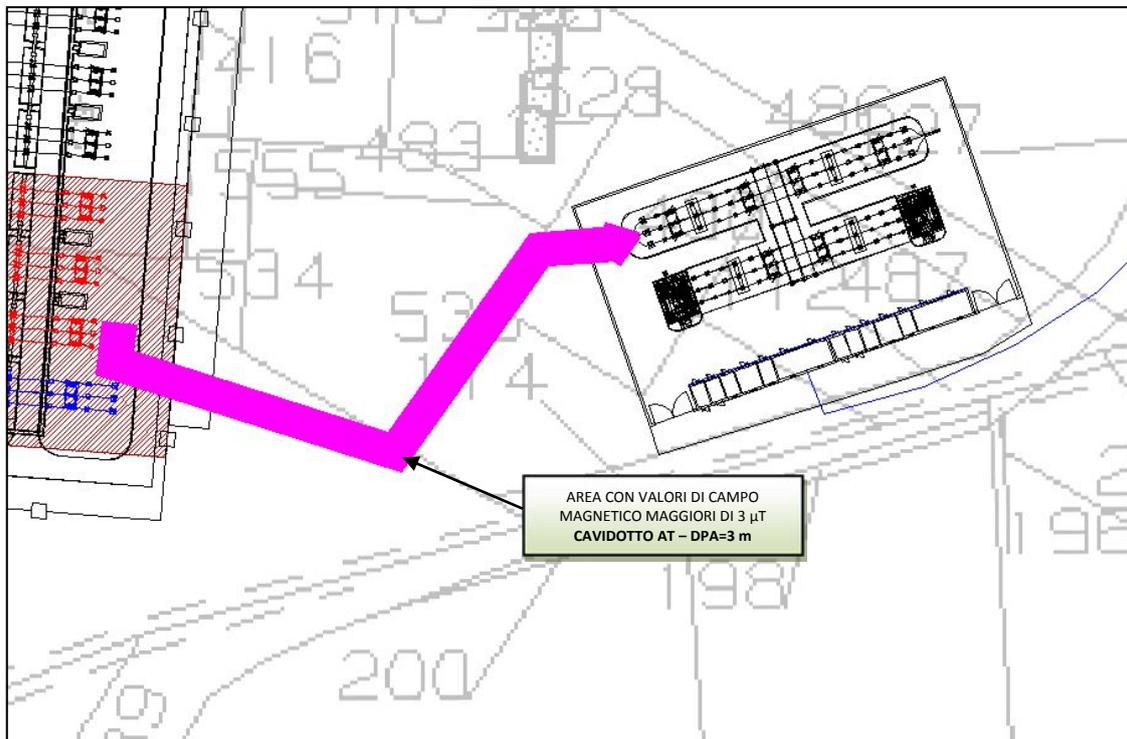
<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [<math>\mu T</math>]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu T</math>]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu T</math>]</i>
-10,00	0,27	0,27	0,26
-9,00	0,34	0,33	0,32
-8,00	0,43	0,42	0,40
-7,00	0,56	0,54	0,51
-6,00	0,76	0,73	0,67
-5,00	1,10	1,04	0,92
-4,00	1,71	1,58	1,33
-3,00	2,98	2,65	2,01
-2,00	6,81	5,13	3,16
-1,00	26,76	11,68	4,84
0,00	1196,73	20,37	5,87
1,00	26,76	11,68	4,84
2,00	6,81	5,13	3,16
3,00	2,98	2,65	2,01
4,00	1,71	1,58	1,33
5,00	1,10	1,04	0,92
6,00	0,76	0,73	0,67
7,00	0,56	0,54	0,51
8,00	0,43	0,42	0,40
9,00	0,34	0,33	0,32
10,00	0,27	0,27	0,26

**Tabella 21: Andamento del campo elettrico in forma tabellare – Cavidotto AT 150 kV.**

### 11.1 Determinazione della prima approssimazione (DPA)

Il calcolo della DPA per il cavidotto di collegamento in AT simulato si traduce anch'esso graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3  $\mu T$ . Per il caso specifico il valore di 3  $\mu T$  è facilmente riscontrabile nella tabella 16 dalla quale si evince che la distanza di prima approssimazione risulta essere pari a  $\pm 3$  m rispetto all'asse del cavidotto.

In figura 19, viene riportata la rappresentazione grafica della DPA del cavidotto di collegamento in AT precedentemente simulato.



**Figura 19: Rappresentazione grafica delle DPA del cavidotto in AT.**

## 12 CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la summenzionata DPA. Dalle analisi, i cui risultati sono riassunti nei grafici e tabelle riportati nei paragrafi precedenti si può desumere quanto segue:

- Per la stazione elettrica 30/150 kV, la distanza di prima approssimazione è stata valutata in  $\pm 15$  m per le sbarre in alta tensione (150 kV) e 7 m per le sbarre in media tensione (30 kV) dell'edificio utente. Si fa presente tali DPA ricadono all'interno delle particelle catastali dell'area di stazione elettrica. **In particolare, all'interno delle aree summenzionate delimitate dalle DPA non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.**
- Per i cavidotti del collegamento interno in media tensione del parco eolico la distanza di prima approssimazione non eccede il range di  $\pm 2$  m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per i cavidotti del collegamento esterno in media tensione del parco eolico la distanza di prima approssimazione non eccede il range di  $\pm 3$  m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per il cavidotto in alta tensione la distanza di prima approssimazione non eccede il range di  $\pm 3$  m rispetto all'asse del cavidotto,

I valori di campo elettrico risultano rispettare i valori imposti dalla norma ( $<5000$  V/m) in quanto le aree con valori superiori ricadono all'interno del locale MT ed all'interno della stazione elettrica il cui accesso è consentito al solo personale autorizzato.

**Tutte le aree summenzionate delimitate dalla DPA ricadono all'interno di aree nelle quali non risultano recettori 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 relative al parco eolico sito nelle località "San Martino - Lignano" di proprietà Winderg s.r.l. ubicato nel comune di Ascoli Satriano (FG) rispetta la normativa vigente.**