

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI FOGGIA

Comune:
Castelluccio dei Sauri - Deliceto
Località " Cisterna - Posta Cisternola - Sterparo"

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI
PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE EOLICA E RELATIVE
OPERE DI CONNESSIONE - 12 AEROGENERATORI -

Sezione:
STUDIO IMPATTO ELETTROMAGNETICO

Titolo elaborato:
RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO

N. Elaborato: **IE.SIA01**

Scala: -

Committente

WIND ENERGY CASTELLUCCIO S.r.l.

Via Caravaggio, 125
65125 Pescara (PE)
PEC: windcastellucciosrl@legpec.it

Amministratore Unico
Fabio MARESCA

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	MARZO 2018	FDM sigla	MO sigla	NF sigla	Emissione Progetto Definitivo	
Nome File sorgente		GE.CDS01.RD.SIA01.dwg	Nome file stampa		GE.CDS01.RD.SIA01.pdf	Formato di stampa A4

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO	5
4	DESCRIZIONE IMPIANTO	7
4.1	GENERELITÀ	7
5	METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO	9
5.1	DEFINIZIONI	9
5.2	CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO	9
5.3	METODO DI CALCOLO	10
6	METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO	11
6.1	CENNI TEORICI	11
7	CAMPO ELETTRICI E MAGNETICI AEROGENERATORE	12
7.1	STRUTTURA AEROGENERATORE	12
7.2	CABINA DI TRASFORMAZIONE MT/BT	12
8	LINEA IN CAVO INTERRATO MT	14
8.1	DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI	14
8.2	DETERMINAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA)	24
9	IMPATTO CUMULATIVO LINEE INTERRATE	25
10	CABINA DI RACCOLTA DELL'IMPIANTO	27
11	STAZIONE ELETTRICA AT/MT E CABINA MT DI STAZIONE	30

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 2 di 40
---	-------------------------	--	--

12 LINEA IN CAVO INTERRATO IN AT **37**

37

12.1 DETERMINAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA) **39**

13 CONCLUSIONI **40**

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 3 di 40
---	-------------------------	--	--

1 PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da 12 aerogeneratori ognuno da 3,6 MW da installare nel comune di Castelluccio dei Sauri (FG) in località “Cisterna”, “Posta Cisternola”, “Sterparo” e con opere di connessione ricadenti anche nel comune di Deliceto (FG). Proponente dell’iniziativa è la società Wind Energy Castelluccio S.r.l.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in media tensione interrato (detto “cavidotto interno”) che collegherà l’impianto alla cabina di smistamento di progetto prevista in prossimità della Strada Provinciale SP104 su territorio di Deliceto (FG).

Dalla cabina di smistamento 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 piste interpoderali, successivamente segue la SP120, quindi strade locali e strade a servizio di impianti eolici esistenti fino alla sottostazione.

La sottostazione di trasformazione è prevista in prossimità della stazione elettrica RTN “Deliceto” esistente e, tramite un cavidotto interrato in alta tensione, si collegherà al futuro ampliamento della stessa stazione RTN.

Più in dettaglio l’impianto eolico “Castelluccio dei Sauri” presenta:

- 12 aerogeneratori ad asse orizzontale da 3,6 MW con l’obiettivo di realizzare una centrale di potenza complessiva pari a 43,2 MW;
- 12 cabine di trasformazione poste all’interno della torre;
- Un cavidotto interrato in media tensione (30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori denominato cavidotto interno;
- Un cavidotto interrato in media tensione (30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta denominato cavidotto interno;
- Un cavidotto interrato in media tensione (30 kV) per il collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica 30/150 kV denominato cavidotto esterno;
- Una sezione in media ed alta tensione all’interno della stazione elettrica 30/150 kV ubicata nel comune di Deliceto (FG);
- Collegamento in cavo interrato AT della stazione elettrica 30/150 kV con la sezione 150 kV della stazione elettrica RTN “Deliceto” esistente.

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.

Secondo quanto ampiamente documentato nella letteratura sull’argomento, la presenza di campi elettrici e magnetici che possono indurre effetti nocivi sull’uomo può risultare significativa nel caso di linee elettriche aeree, soprattutto in alta ed altissima tensione. Per tali linee, infatti, sono spesso prese in considerazione soluzioni alternative di tipo interrato, proprio al fine di ridurre gli effetti elettromagnetici.

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 4 di 40
---	-------------------------	--	--

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.CDS01.PD.5.1.1_5.1.5 – PLANIMETRIA CATASTALE E SEZIONI TIPO CAVIDOTTO MT COLLEGAMENTO INTERNO;
- Documento di progetto GE.CDS01.PD.5.2 – CABINA DI RACCOLTA;
- Documento di progetto GE.CDS01.PD.5.3 – SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE;
- Documento di progetto GE.CDS01.PD.0.1a – RELAZIONE TECNICA.

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 5 di 40
---	-------------------------	--	--

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.

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 6 di 40
---	-------------------------	--	--

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 (μ 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 μ 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 μ 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 μ T per lunghe esposizioni e di 1000 μ 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).

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 7 di 40
---	-------------------------	--	--

4 DESCRIZIONE 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 (μ 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.

- Il cavidotto in MT di collegamento tra gli aerogeneratori denominato cavidotto interno;
- Il cavidotto in MT di collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta;
- Il cavidotto in MT di collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica 30/150 kV;
- La cabina di raccolta dell'impianto eolico denominato cavidotto esterno;
- La sezione in media ed alta tensione all'interno della stazione elettrica 30/150 kV;
- Il cavidotto in AT di collegamento tra la stazione elettrica 30/150 kV di utenza e la stazione RTN "Deliceto" esistente.

Linee di distribuzione in MT

Attraverso una rete di distribuzione in cavo interrato esercita in media tensione a 30 kV ci saranno le seguenti connessioni:

- Collegamento tra gli aerogeneratori;
- Collegamento tra gli aerogeneratori e la cabina di raccolta;
- Collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione elettrica 30/150 kV.

I cavi impiegati saranno del tipo saranno del tipo pre-cordato ad elica visibile o "trifoglio", in alluminio con sezioni da 95 mm², 185 mm², 300 mm², 400 mm², 630 mm². L'isolamento sarà costituito da una miscela elastomerica reticolata di propilene (XLPE), schermo in tubo Al, guaina in PE, corrispondente alle norme CEI 20-13.

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

Tabella 3: Caratteristiche dimensionale dei cavi.

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Spessore Isolante	Diametro cavo	Portata al limite termico
[mm ²]	[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
3x1x630	30,5	8	50,7	543

Si precisa che, i cavi MT ad elica visibile (di tipo pre-cordato) sono esclusi dalla metodologia di calcolo prevista dalla normativa di riferimento. Tuttavia al fine di dare evidenza dei rischi dovuti all'induzione magnetica ed al campo elettrico vengono di seguito esposti i risultati anche per cavi di questa tipologia.

Cabina di raccolta dell'impianto

All'interno della cabina di raccolta dell'impianto sono presenti le apparecchiature di media tensione (quadri MT), per la protezione ed il sezionamento delle linee elettriche, che collegano il parco eolico alla cabina ed alla stazione elettrica, il quadro di bassa tensione ed il trasformatore per i servizi ausiliari.

Edificio MT di stazione elettrica

All'interno della edificio MT di stazione sono ubicati i quadri in MT di arrivo dei rami provenienti dagli aerogeneratori e di partenza verso il trasformatore di potenza AT/MT.

Stazione elettrica di utenza 30/150 kV

La stazione elettrica di utenza sarà costituita da un'area di trasformazione MT/AT (30/150 kV) composta da un edificio di controllo con una sezione di arrivo MT dal parco; una sezione di trasformazione ed una sezione di partenza in linea in cavo interrato in AT per la connessione con la stazione elettrica RTN "Deliceto" esistente.

Cavidotto in Alta Tensione

Dalla stazione elettrica utente MT/AT l'energia prodotta viene trasferita alla sezione 150 kV della trazione elettrica RTN "Deliceto" attraverso un cavidotto interrato in alta tensione 150 kV.

Ai fini della simulazione di calcolo dei campi elettrici e magnetici è stata considerata la sezione 3x1x1600 mm² che presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

Tabella 4: Caratteristiche dimensionale cavo AT.

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Diametro cavo	Tipologia	Portata
[mm ²]	[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 μ_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

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 10 di 40
---	-------------------------	--	---

verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con **P_k** il punto dove il generico conduttore **C_k** interseca la *sezione normale*, e con **I_k** 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).

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 11 di 40
---	-------------------------	--	---

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:

- λ = densità lineare di carica sul conduttore
- ϵ_0 = permittività del vuoto
- d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo
- u_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 12 di 40
---	-------------------------	--	---

7 CAMPO ELETTRICI E MAGNETICI AEROGENERATORE

7.1 Struttura aerogeneratore

Gli aerogeneratori possono essere fonte di interferenza elettromagnetica a causa della riflessione e della diffusione delle onde radio che investono la struttura. L'origine di disturbi elettromagnetici dovuti alla presenza di aerogeneratori è da ricercare nella interferenza delle pale (specialmente se in materiali metallici o riflettenti o se dotate di strutture metalliche all'interno) e dei sostegni con campi elettromagnetici, supporto di telecomunicazioni (televisione, segnali di ponti radio, mezzi di aiuto alla radionavigazione, ecc.).

Gli effetti di questo fenomeno possono essere studiati e calcolati facendo ricorso a modelli matematici predittivi che permettono di individuare, in maniera conservativa, la zona oltre la quale il rapporto tra segnale e disturbo è tale da non incidere sulla qualità del radioservizio. La misurazione degli effetti è possibile attraverso prove sperimentali.

Sulla base di quanto riportato a questo proposito in letteratura sulla caratterizzazione di macchine di media taglia, considerando che l'impianto è costituito da un solo aerogeneratore e che lo stesso non si frappone a ripetitori di segnali di telecomunicazione, si ritiene che il rischio di tali disturbi possa considerarsi irrilevante. Si consideri altresì che i moderni aerogeneratori utilizzano pale in materiale non metallico e antiriflettente, cosa che come detto riduce ulteriormente il disturbo.

7.2 Cabina di trasformazione MT/BT

Il sistema elettrico degli aerogeneratori è costituito da apparecchiature in bassa tensione collocati sulla navicella e cavi di bassa tensione che da quest'ultima raggiungono il trasformatore MT/BT. Per i cavi in BT non è applicabile la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (art. 3.2 DM 29/05/2008).

Riguardo i trasformatori MT/BT il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore. Per distanze comprese tra 1 m e 10 m da un trasformatore in resina si può calcolare il valore del campo magnetico con la seguente formula:

$$B = 5 \frac{u_{cc}}{6} \sqrt{\frac{S_r}{630}} \left(\frac{3}{a}\right)^{2,8}$$

Dove

- **U_{cc}** è la tensione percentuale di cortocircuito;
- **S_r** è la potenza nominale del trasformatore (kVA);
- **a** è la distanza dal trasformatore.

La tabella seguente mostra i valori dell'induzione magnetica al variare della potenza del trasformatore e della distanza dal trasformatore stesso.

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 13 di 40
---	-------------------------	--	---

Tabella 5: Valori di campo magnetico di un trasformatore in resina in base alla distanza dallo stesso.

Potenza TRAF0 (kVA)	DISTANZA DAL TRASFORMATORE				
	1 m	2 m	3 m	5 m	7 m
800	122.12	17.53	5.63	1.35	0.53
1000	136.53	19.60	6.30	1.51	0.59
1250	152.65	21.92	7.04	1.68	0.66
3900	269,63	38,72	12,44	2,98	1,16

Per un trasformatore in olio delle stesse caratteristiche e nelle stesse condizioni l'induzione magnetica risulta inferiore rispetto ai valori riportati in tabella. La potenza del trasformatore MT/BT posto all'interno dell'aerogeneratore è pari a 3900 kVA pertanto, un valore di DPA pari a 5 m attorno al trasformatore garantisce valori di campo magnetico inferiori al limite consentito dalla legge.

	<p style="text-align: center;">TITOLO ELABORATO</p>	<p>Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina</p>	<p>GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 14 di 40</p>
---	--	---	--

8 LINEA IN CAVO INTERRATO MT

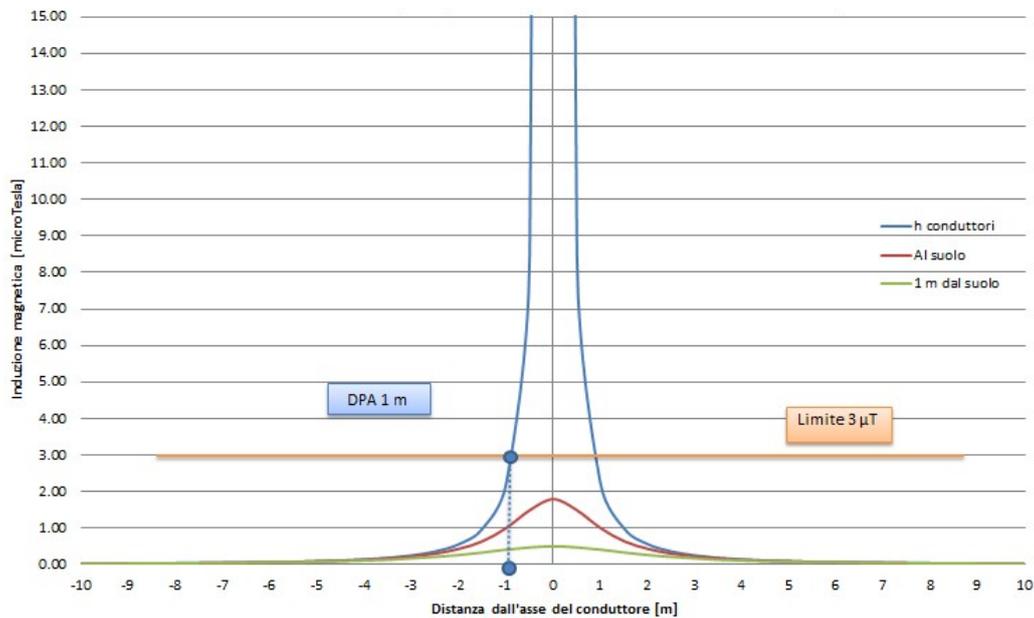
8.1 Determinazione dei campi magnetici

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.

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

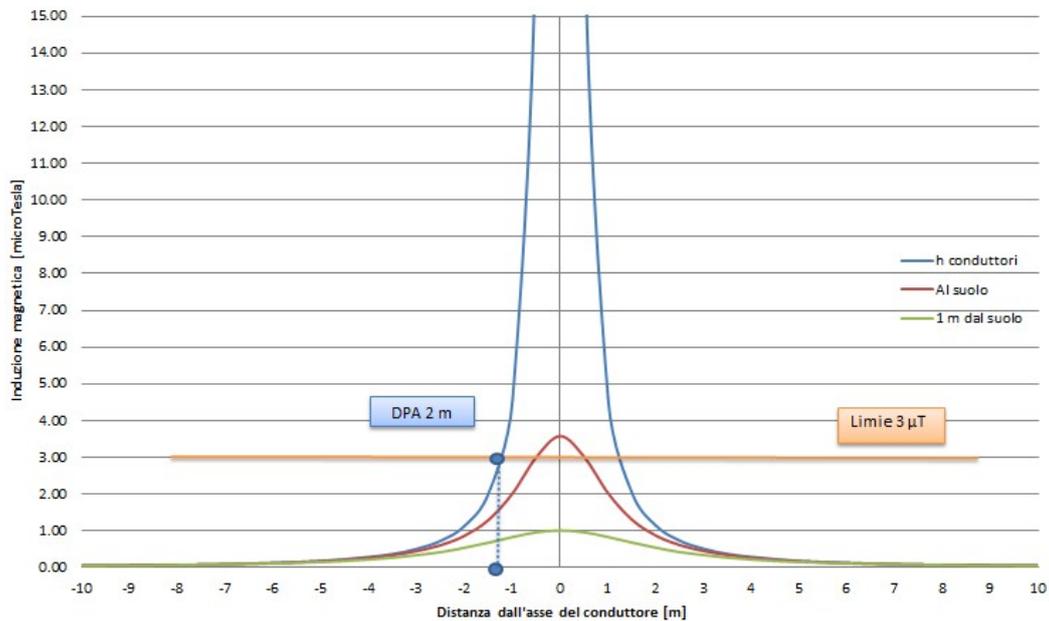
- **S1:** una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 95 mm² percorsa da corrente massima pari a 252 A ed interrata ad una profondità di 1,20 m;
- **S2:** due terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 95 mm² percorsa da corrente massima pari a 252 A ed interrata ad una profondità di 1,20 m;
- **S3:** una terna di conduttori di sezione 95 mm² ed una terna di sezione 185 mm², disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 252 A e 364 A ed interrate ad una profondità di 1,20 m;
- **S4:** una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 185 mm² percorsa da corrente massima pari a 364 A ed interrata ad una profondità di 1,20 m;
- **S5:** una terna di conduttori di sezione 95 mm² e una terna di sezione 400 mm², disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 252 A e 543 A ed interrate ad una profondità di 1,20 m;
- **S6:** una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 400 mm² percorsa da corrente massima pari a 543 A ed interrata ad una profondità di 1,20 m;
- **S7:** una terna di conduttori di sezione 300 mm² e una terna di sezione 400 mm², disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 475 A e 543 A ed interrate ad una profondità di 1,20 m;
- **S8:** tre terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 400 mm² percorsa da corrente massima pari a 543 A ed interrata ad una profondità di 1,20 m;
- **S9:** tre terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 630 mm² percorsa da corrente massima pari a 703 A ed interrata ad una profondità di 1,20 m;

I valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori, al suolo e ad 1,20 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.

S1 - Cavidotto MT ad una terna di sezione 95 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

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

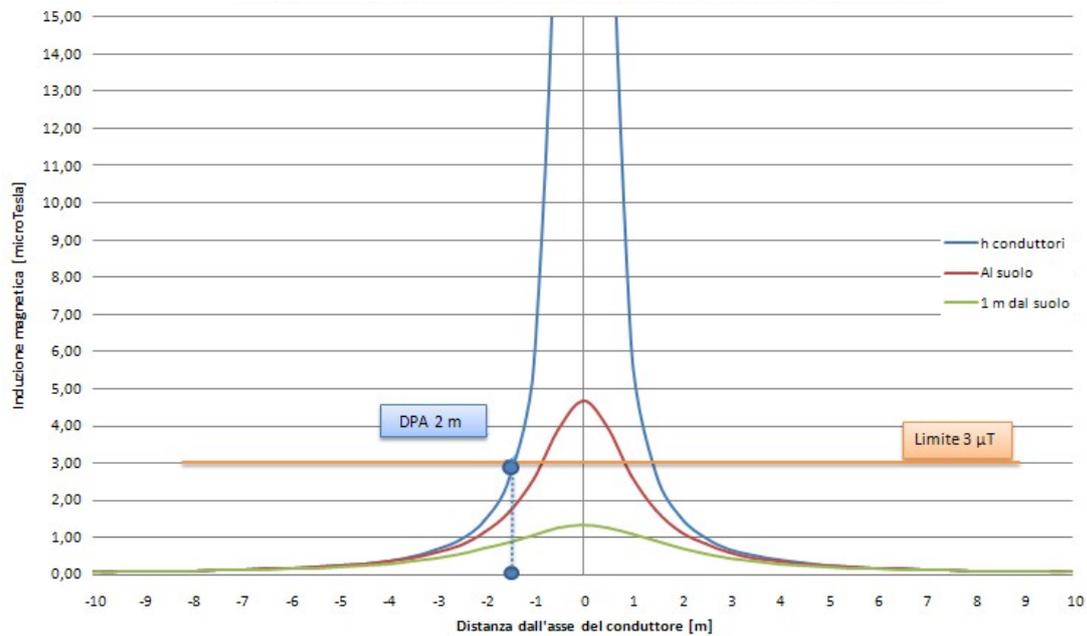
<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,02	0,02	0,02
-9,00	0,03	0,03	0,03
-8,00	0,04	0,03	0,03
-7,00	0,05	0,04	0,04
-6,00	0,06	0,06	0,06
-5,00	0,09	0,09	0,08
-4,00	0,14	0,13	0,11
-3,00	0,25	0,22	0,17
-2,00	0,56	0,43	0,26
-1,00	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 6: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S1.

S2 - Cavidotto MT due terne di sezione 95 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

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

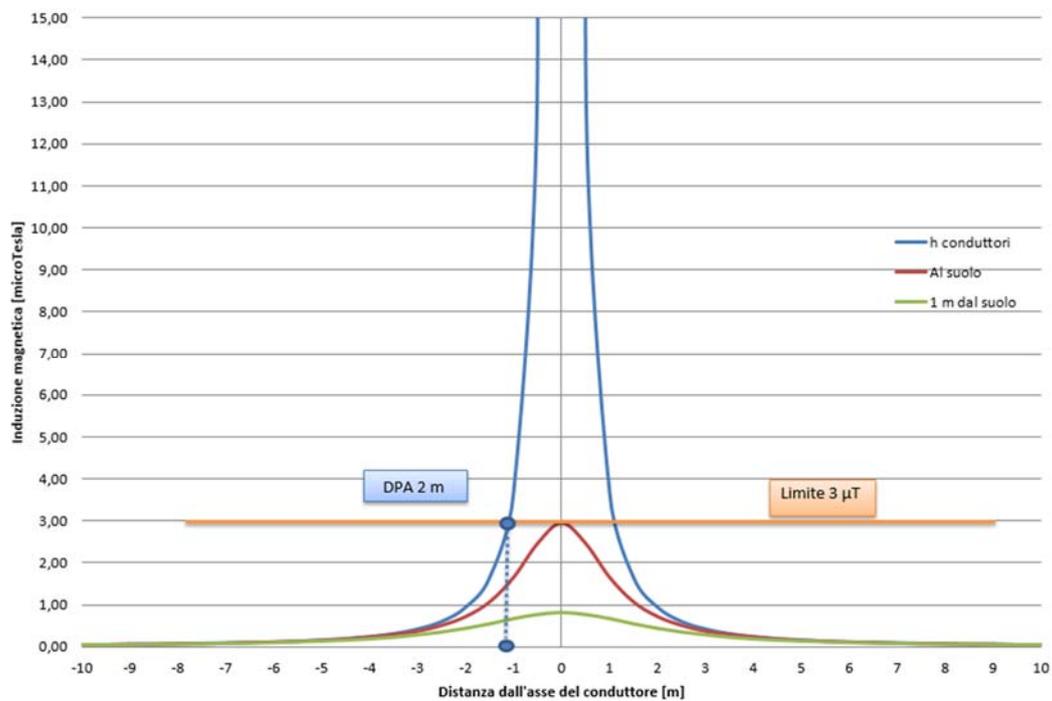
<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,05	0,05	0,04
-9,00	0,06	0,06	0,05
-8,00	0,07	0,07	0,07
-7,00	0,09	0,09	0,09
-6,00	0,13	0,12	0,11
-5,00	0,18	0,17	0,15
-4,00	0,29	0,26	0,22
-3,00	0,51	0,45	0,34
-2,00	1,14	0,87	0,54
-1,00	4,57	2,02	0,83
0,00	108,62	3,58	1,01
1,00	4,57	2,02	0,83
2,00	1,14	0,87	0,54
3,00	0,51	0,45	0,34
4,00	0,29	0,26	0,22
5,00	0,18	0,17	0,15
6,00	0,13	0,12	0,11
7,00	0,09	0,09	0,09
8,00	0,07	0,07	0,07
9,00	0,06	0,06	0,05
10,00	0,05	0,05	0,04

Tabella 7: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S2.

S3 - Cavidotto MT una terna di sezione 95 mm² e una terna da 185 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

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

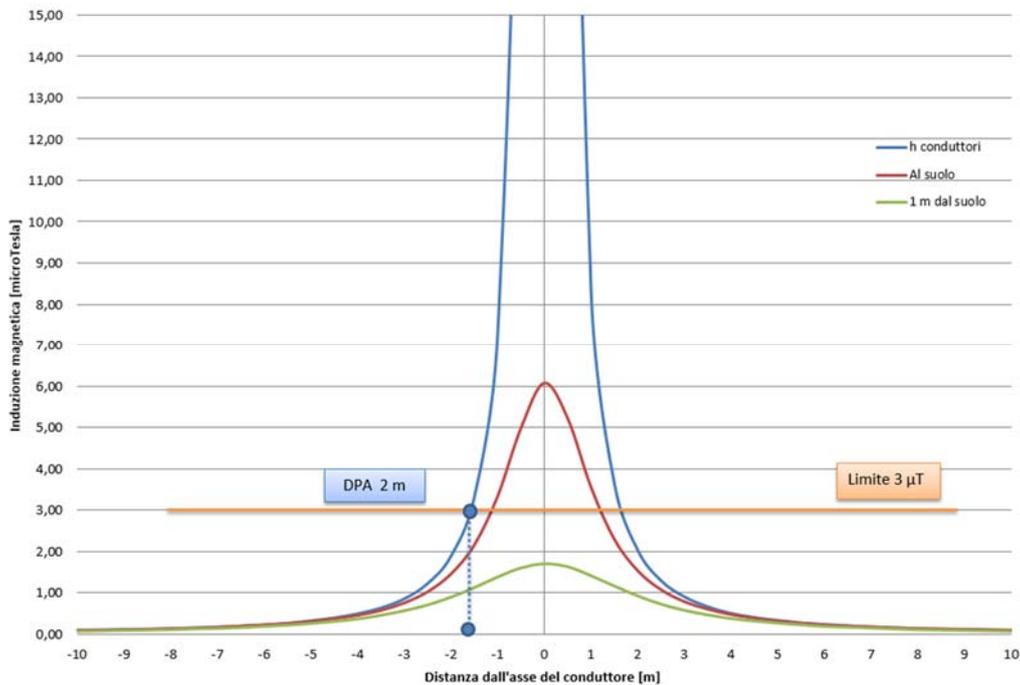
<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori[μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,04	0,04	0,04
-9,00	0,05	0,05	0,05
-8,00	0,06	0,06	0,06
-7,00	0,08	0,08	0,08
-6,00	0,10	0,10	0,15
-5,00	0,15	0,14	0,13
-4,00	0,41	0,36	0,28
-3,00	0,9	0,72	0,55
-2,00	1,75	1,40	0,87
-1,00	7,50	3,45	1,33
0,00	157,20	5,76	1,63
1,00	7,50	3,45	1,33
2,00	1,75	1,40	0,87
3,00	0,9	0,72	0,55
4,00	0,41	0,36	0,28
5,00	0,15	0,14	0,13
6,00	0,10	0,10	0,15
7,00	0,08	0,08	0,08
8,00	0,06	0,06	0,06
9,00	0,05	0,05	0,05
10,00	0,04	0,04	0,04

Tabella 8: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S3.

S4 - Cavidotto MT ad una terna di sezione 185 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

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

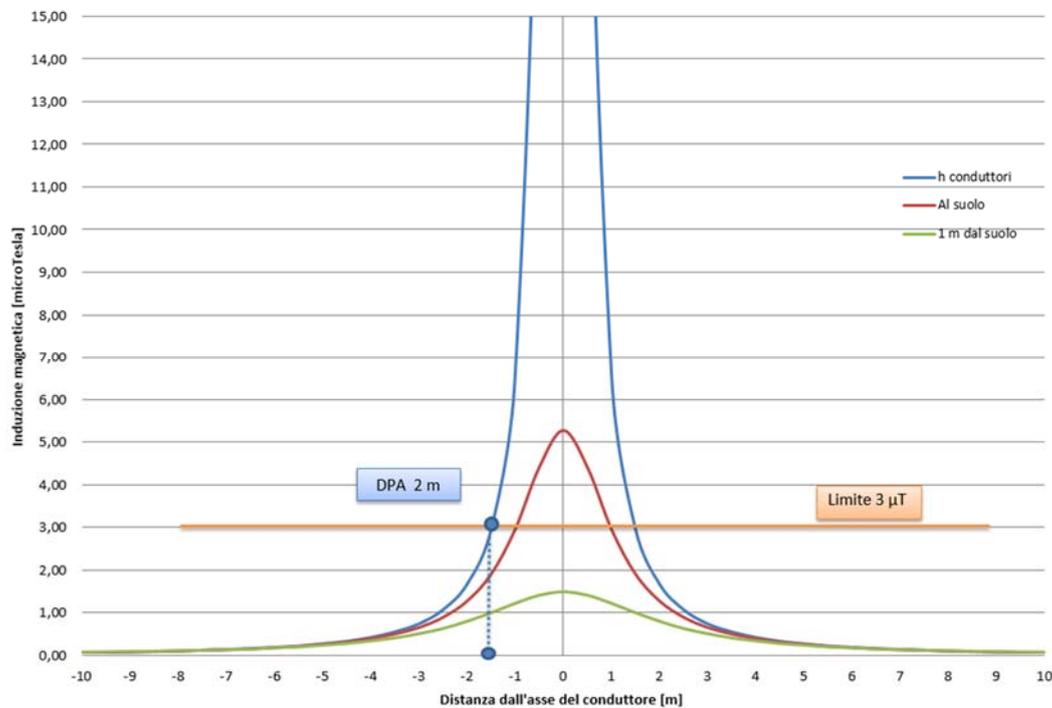
<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori[μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,04	0,04	0,04
-9,00	0,05	0,05	0,04
-8,00	0,06	0,06	0,05
-7,00	0,08	0,07	0,07
-6,00	0,10	0,10	0,09
-5,00	0,15	0,14	0,13
-4,00	0,23	0,22	0,18
-3,00	0,41	0,36	0,28
-2,00	0,93	0,71	0,44
-1,00	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 9: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S4.

S5 - Cavidotto MT una terna di sezione 95 mm² e una terna da 400 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

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[µT]</i>	<i>Al suolo [µT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [µT]</i>
-10,00	0,08	0,08	0,07
-9,00	0,10	0,09	0,09
-8,00	0,12	0,12	0,11
-7,00	0,16	0,15	0,14
-6,00	0,21	0,21	0,19
-5,00	0,31	0,29	0,26
-4,00	0,48	0,44	0,37
-3,00	0,84	0,74	0,57
-2,00	1,87	1,44	0,90
-1,00	7,23	3,32	1,39
0,00	193,40	6,06	1,71
1,00	8,36	3,54	1,42
2,00	2,02	1,52	0,93
3,00	0,89	0,77	0,58
4,00	0,49	0,46	0,38
5,00	0,32	0,30	0,27
6,00	0,22	0,21	0,19
7,00	0,16	0,16	0,15
8,00	0,12	0,12	0,11
9,00	0,10	0,10	0,09
10,00	0,08	0,08	0,07

Tabella 10: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S5.

S6 - Cavidotto MT ad una terna di sezione 400 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio

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[μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,07	0,07	0,06
-9,00	0,08	0,08	0,08
-8,00	0,10	0,10	0,10
-7,00	0,14	0,13	0,13
-6,00	0,19	0,18	0,17
-5,00	0,27	0,26	0,23
-4,00	0,42	0,39	0,33
-3,00	0,74	0,65	0,50
-2,00	1,67	1,27	0,79
-1,00	6,60	2,95	1,21
0,00	416,78	5,26	1,48
1,00	6,60	2,95	1,21
2,00	1,67	1,27	0,79
3,00	0,74	0,65	0,50
4,00	0,42	0,39	0,33
5,00	0,27	0,26	0,23
6,00	0,19	0,18	0,17
7,00	0,14	0,13	0,13
8,00	0,10	0,10	0,10
9,00	0,08	0,08	0,08
10,00	0,07	0,07	0,06

Tabella 11: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S6.

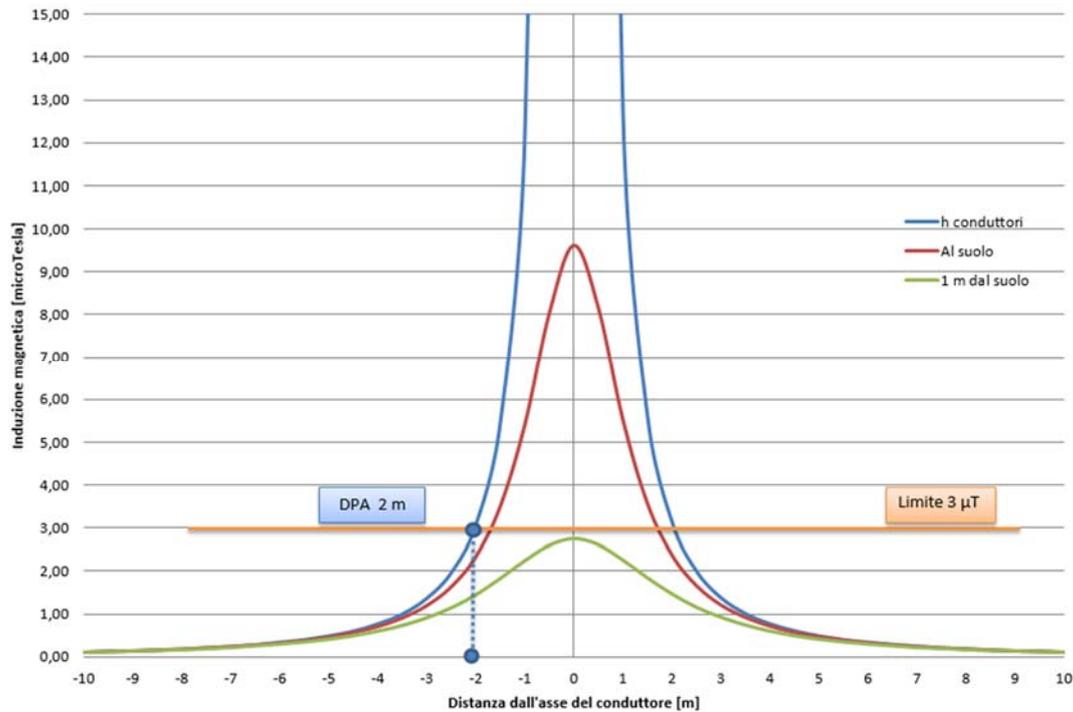
S7 - Cavidotto MT una terna di sezione 300 mm² e una terna da 400 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio


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[μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</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	2,50	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	2,75	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 12: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S7.

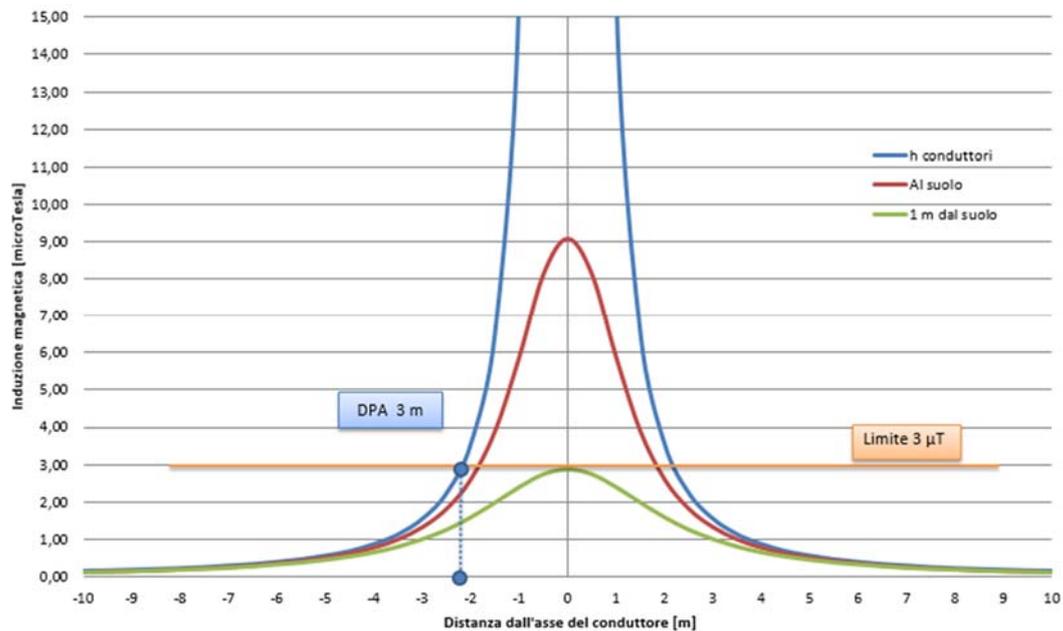
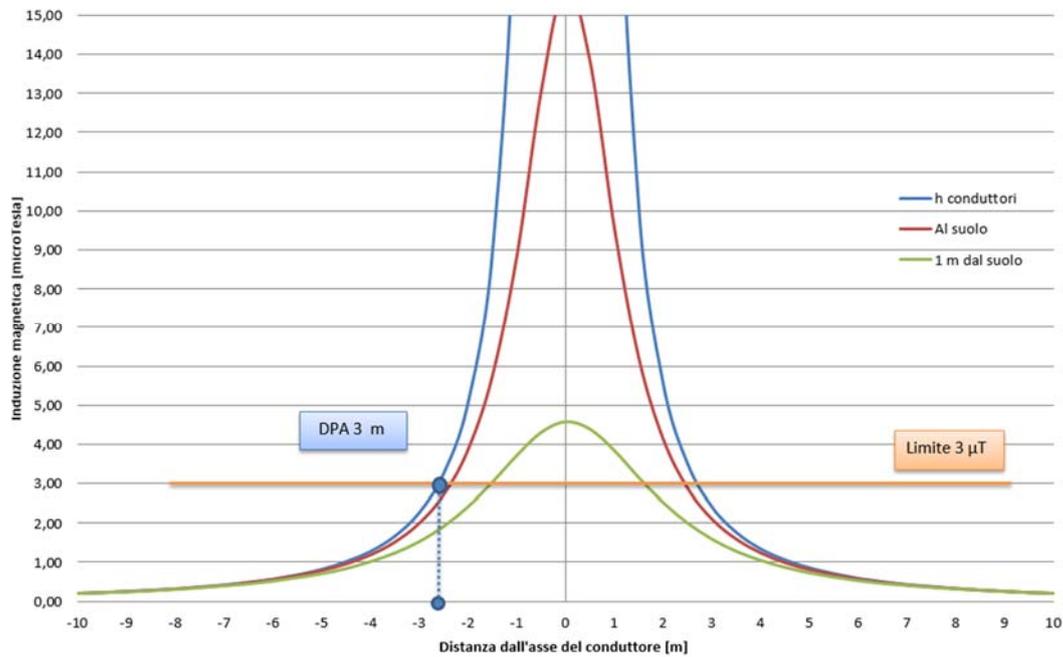
S8 - Cavidotto MT due terne di sezione 400 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna – terna disposta a trifoglio


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[μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,14	0,13	0,13
-9,00	0,17	0,16	0,16
-8,00	0,21	0,21	0,20
-7,00	0,28	0,27	0,25
-6,00	0,38	0,37	0,34
-5,00	0,55	0,52	0,46
-4,00	0,86	0,79	0,66
-3,00	1,54	1,34	1,01
-2,00	3,55	2,62	1,59
-1,00	16,24	5,89	2,39
0,00	96,93	9,08	2,86
1,00	16,24	5,89	2,39
2,00	3,55	2,62	1,59
3,00	1,54	1,34	1,01
4,00	0,86	0,79	0,66
5,00	0,55	0,52	0,46
6,00	0,38	0,37	0,34
7,00	0,28	0,27	0,25
8,00	0,21	0,21	0,20
9,00	0,17	0,16	0,16
10,00	0,14	0,13	0,13

Tabella 13: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S8.

**S9 - Cavidotto MT due terne di sezione 630 mm² interrata a 1.20 m dal piano di campagna –
 terna disposta a trifoglio**

Figura 9: 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[μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,21	0,21	0,20
-9,00	0,26	0,25	0,24
-8,00	0,32	0,32	0,30
-7,00	0,42	0,41	0,39
-6,00	0,57	0,56	0,51
-5,00	0,82	0,79	0,70
-4,00	1,28	1,19	1,01
-3,00	2,27	2,00	1,52
-2,00	5,07	3,87	2,41
-1,00	20,05	8,85	3,71
0,00	522,14	15,80	4,57
1,00	23,75	9,55	3,83
2,00	5,54	4,13	2,51
3,00	2,41	2,10	1,58
4,00	1,34	1,24	1,04
5,00	0,86	0,81	0,72
6,00	0,59	0,57	0,52
7,00	0,43	0,42	0,40
8,00	0,33	0,33	0,31
9,00	0,26	0,26	0,25
10,00	0,21	0,21	0,20

Tabella 14: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S8.

8.2 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 μ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame:

Tabella 15: Distanza di prima approssimazione per cavidotti di collegamento del parco eolico.

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONI [mm ²]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
S1	1	3x1x95	Posa a trifoglio	30	1
S2	2	3x1x95	Posa a trifoglio	30	2
S3	2	3x1x95 3x1x185	Posa a trifoglio	30	2
S4	2	3x1x185	Posa a trifoglio	30	2
S5	2	3x1x95 3x1x400	Posa a trifoglio	30	2
S6	1	3x1x400	Posa a trifoglio	30	2
S7	3	3x1x300 3x1x400	Posa a trifoglio	30	2
S8	3	3x1x400	Posa a trifoglio	30	3
S9	3	3x1x630	Posa a trifoglio	30	3

9 IMPATTO CUMULATIVO LINEE INTERRATE

Il progetto dell'impianto eolico denominato "Castelluccio", secondo quanto riportato in progetto, sarà ubicato in prossimità di altri impianti eolici esistenti; pertanto per diversi tratti ha in comune il suo cavidotto in media tensione con quello dei detti impianti eolici esistenti, 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 di altri produttori.

Nella valutazione dell'impatto cumulativo, ovvero del parallelismo di posa tra i cavidotti di progetto e i cavidotti esistenti 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. 3 terne interrate aventi sezione del conduttore pari a 630 mm² (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 mm²; 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 (**S10**) del parallelismo tra i cavidotti MT di progetto e il cavidotti MT dell'impianti eolici esistenti.

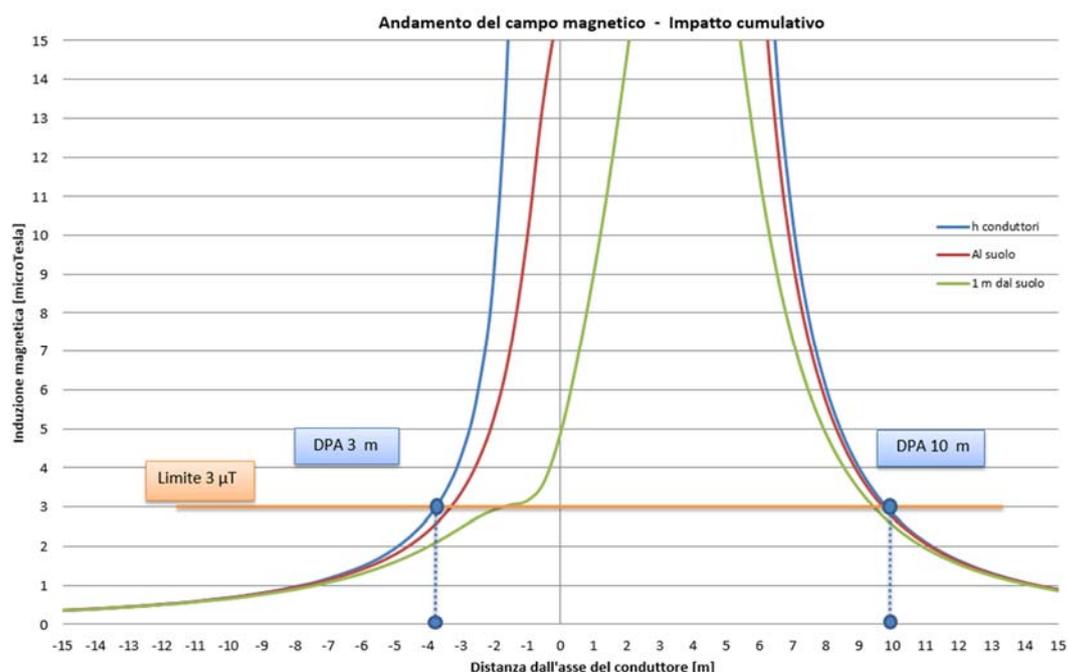


Figura 10: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S10.

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori[μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-15,00	0,35	0,35	0,34
-14,00	0,39	0,39	0,38
-13,00	0,45	0,44	0,43
-12,00	0,51	0,50	0,49
-11,00	0,58	0,57	0,56
-10,00	0,68	0,66	0,64
-9,00	0,80	0,78	0,75
-8,00	0,96	0,93	0,88
-7,00	1,17	1,12	1,06
-6,00	1,47	1,39	1,28
-5,00	1,93	1,77	1,58
-4,00	2,70	2,36	1,97
-3,00	2,80	2,40	1,90
-2,00	9,01	5,26	2,91
-1,00	53,07	9,88	3,14
0,00	242,22	15,89	4,84
1,00	23,41	17,94	8,94
2,00	47,98	29,50	14,52
3,00	195,56	56,90	20,80
4,00	529,37	72,97	22,89
5,00	90,36	41,50	17,92
6,00	22,32	17,99	11,54
7,00	10,46	9,41	7,32
8,00	6,10	5,72	4,88
9,00	4,01	3,83	3,44
10,00	2,84	2,74	2,54
11,00	2,11	2,06	1,94
12,00	1,64	1,60	1,53
13,00	1,31	1,28	1,24
14,00	1,07	1,05	1,02
15,00	0,89	0,88	0,85

Tabella 16: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S10.

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 **S9**; 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 **S9**. 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 μ T** come previsto dalla normativa.

10 Cabina di raccolta dell'impianto

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.

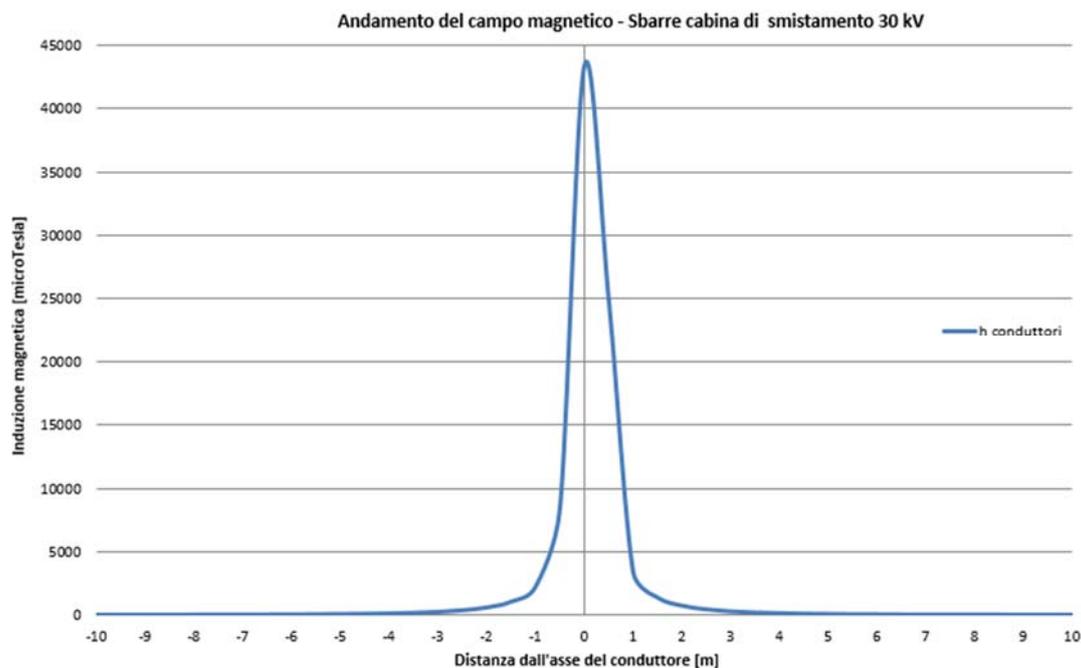


Figura 11: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT della cabina di raccolta.

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo magnetico [μT]</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 17: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare - Sbarre MT della cabina di raccolta.

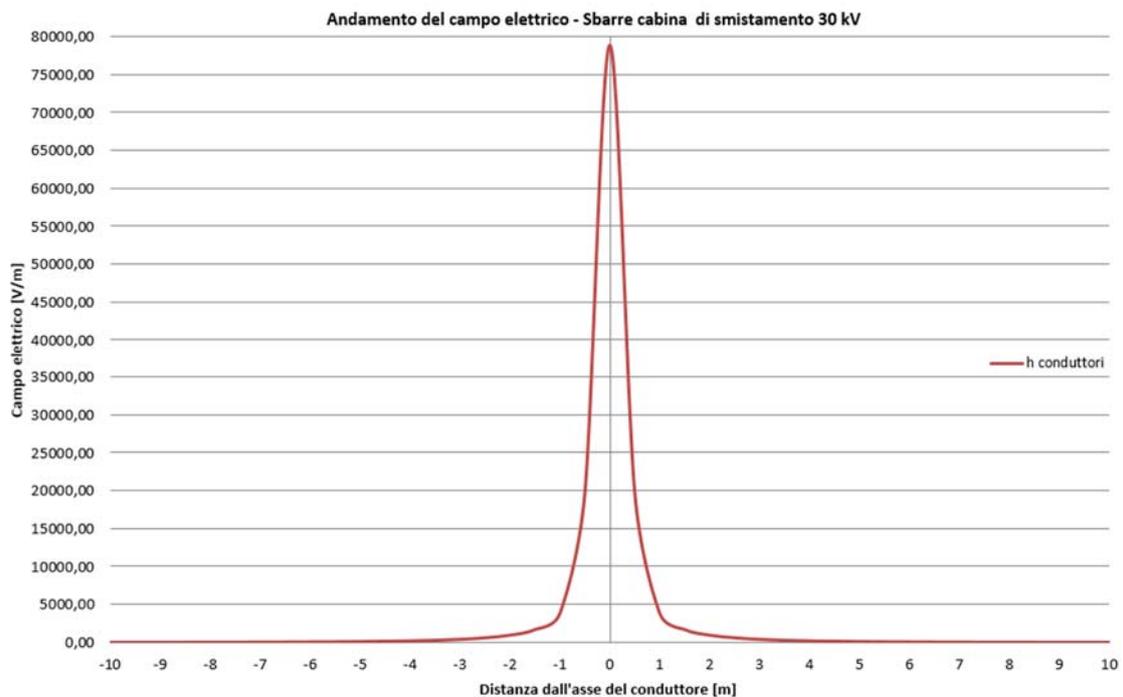


Figura 12: Andamento del campo elettrico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT della cabina di raccolta.

<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 18: 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 μT 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.

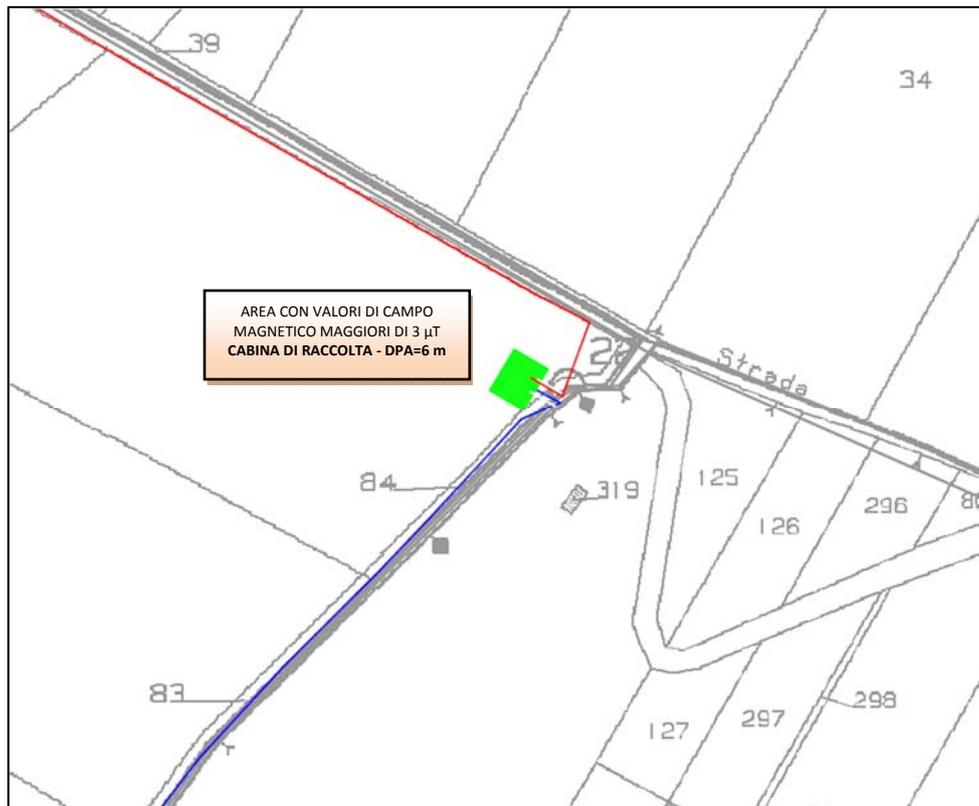


Figura 13: Rappresentazione grafica della DPA cabina di raccolta.

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.

11 Stazione elettrica AT/MT e cabina MT di stazione

Il calcolo del campo elettrico e magnetico per la 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 localizzati anch'essi 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 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

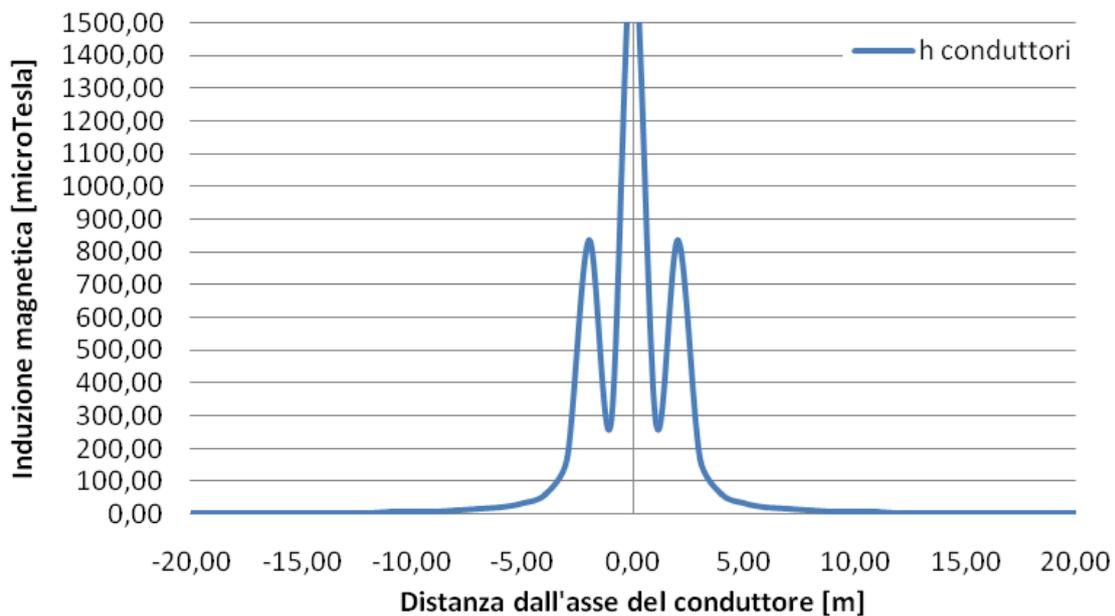


Figura 14: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.

Valutazione Distanza di prima approssimazione			
Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μT]	Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μT]
-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 19: 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.

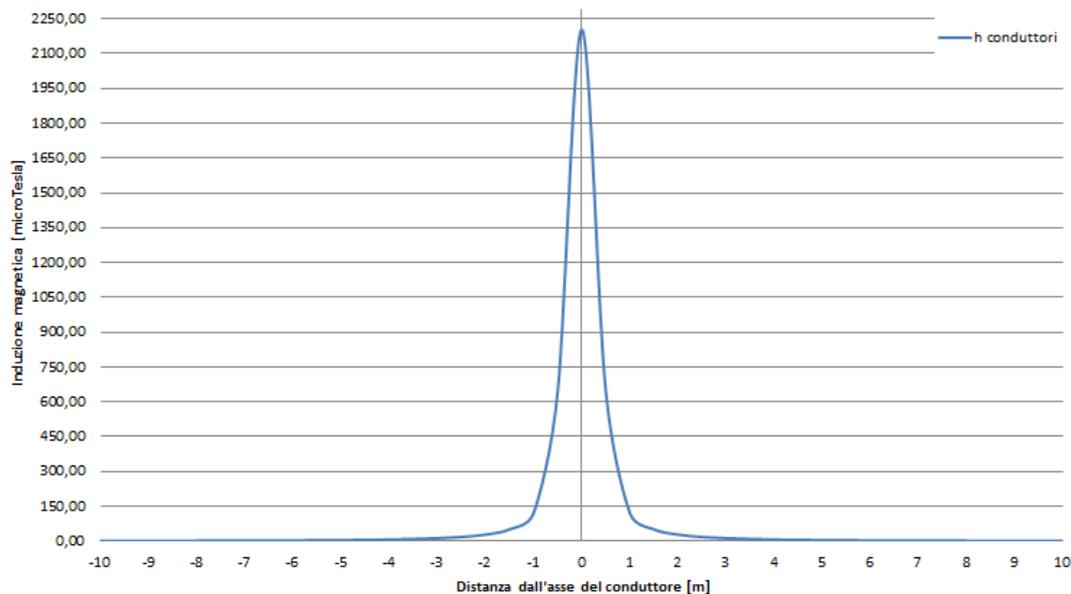


Figura 15: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo magnetico [μT]</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 20: 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.

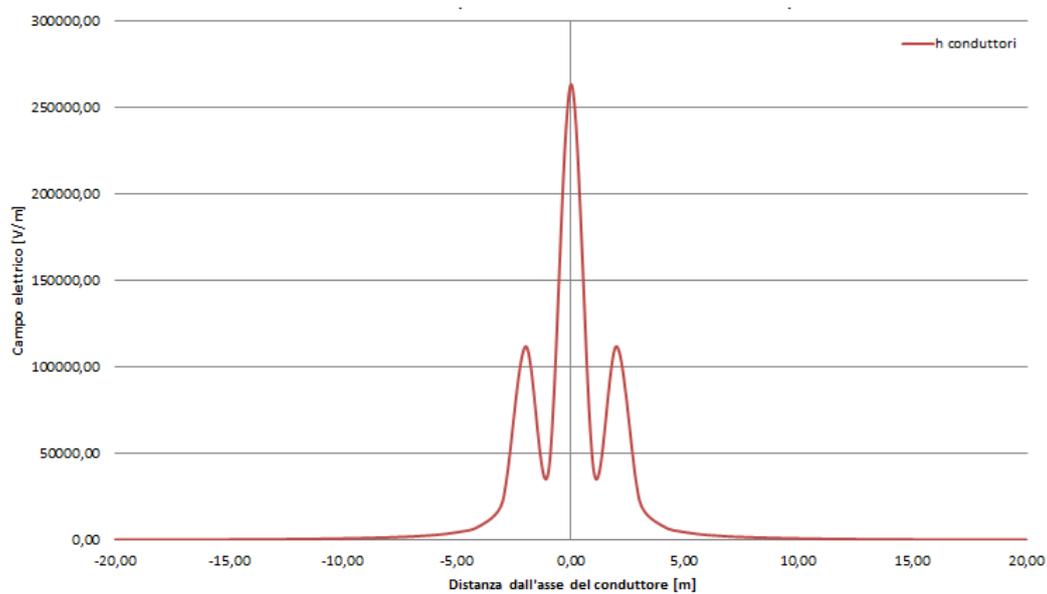


Figura 16: Andamento del campo elettrico in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV.

<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 21: Andamento del campo elettrico in forma tabellare – Sbarre AT stazione elettrica 150/30 kV.

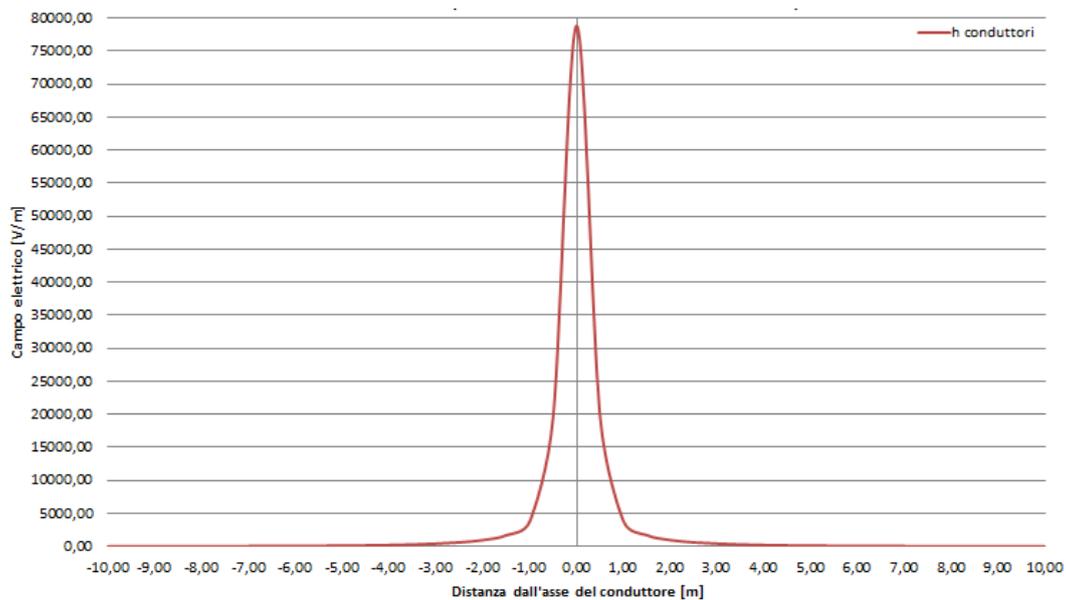


Figura 17: Andamento del campo elettrico in forma grafica - Cabina MT in stazione elettrica 30/150 kV.

<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 22: Andamento del campo elettrico in forma tabellare –
Cabina MT in stazione elettrica 30/150 kV.**

Come si evince dalla simulazione del calcolo, (figure 14 e 15 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 μ 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 16 e 17 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. In figura 18, si rappresenta la DPA all'interno della stazione di utenza 30/150 kV.

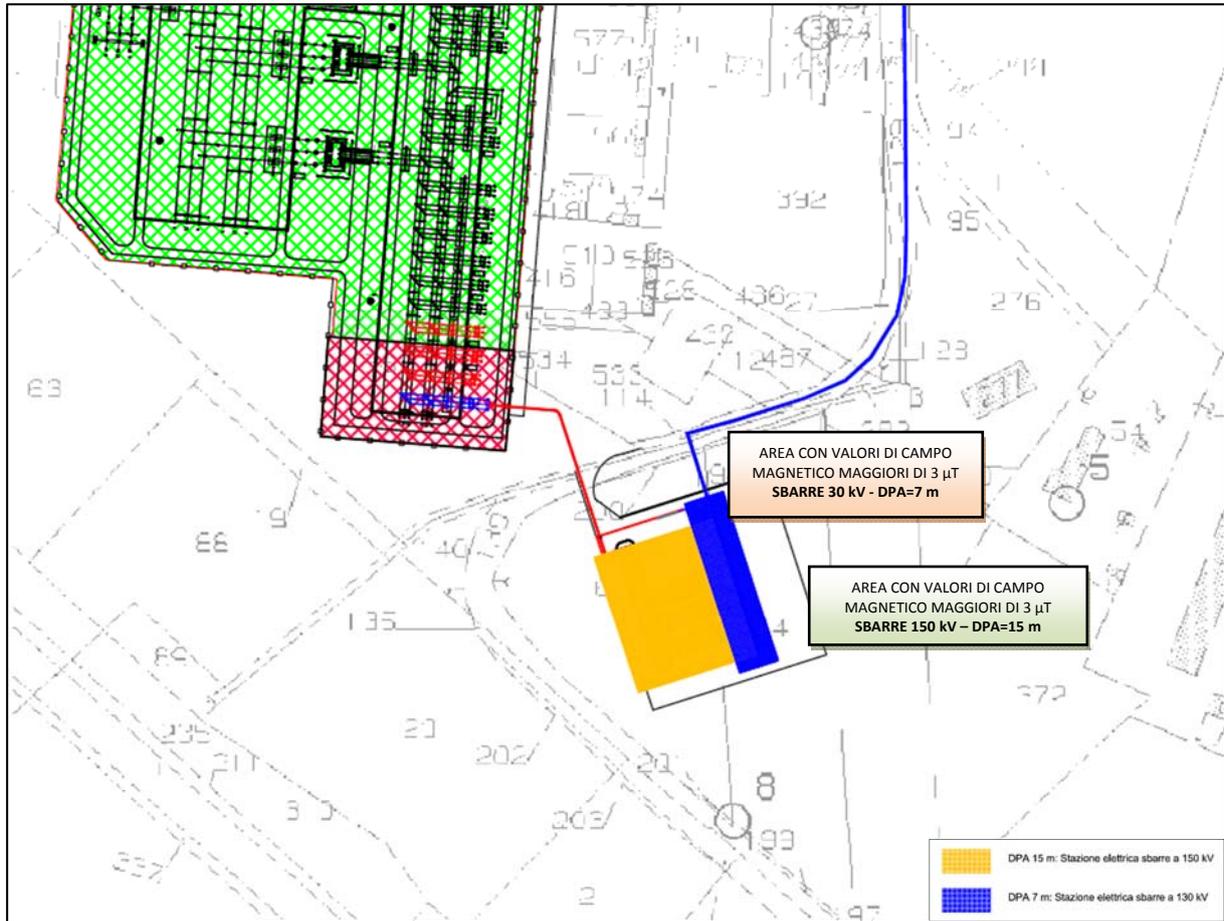


Figura 18: Rappresentazione grafica delle DPA della stazione d'utenza 30/150 kV.

12 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 RTN "Deliceto", sono stati 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 interrate 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:

- S1: una terna di conduttori di sezione 1600 mm² 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.

S1 - Cavidotto AT ad una terna di sezione 1600 mm² interrata a 1.5 m dal piano di campagna.

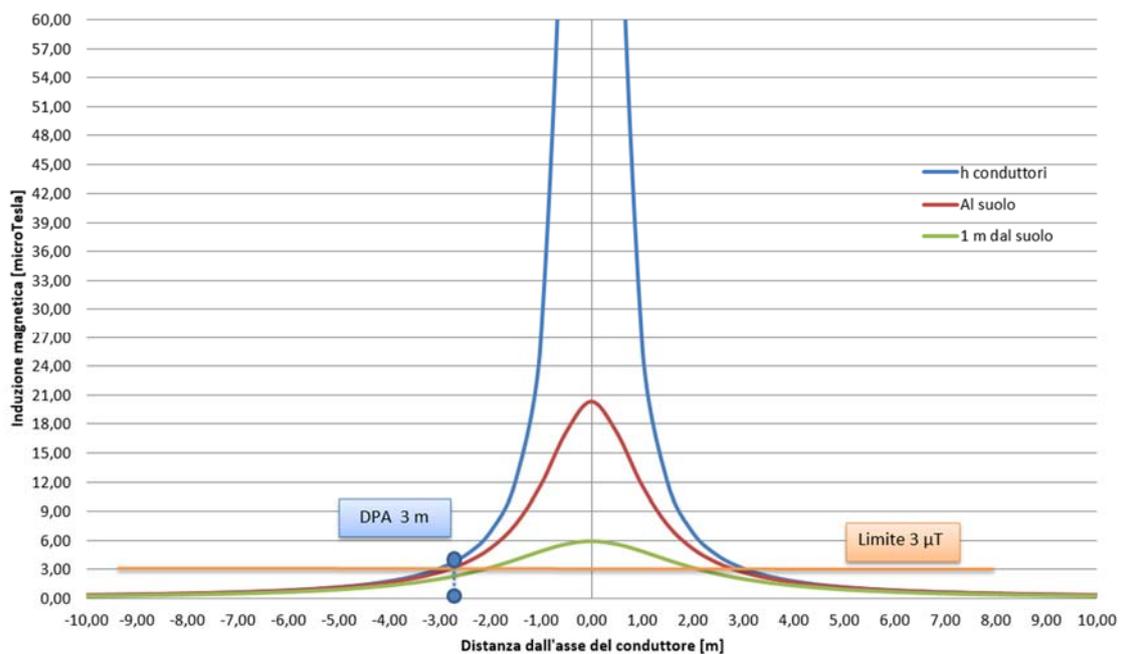


Figura 19: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Cavidotto AT.

<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	0,27	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 23: Andamento del campo magnetico in forma tabellare – Cavidotto AT 150 kV.

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 μ T. Per il caso specifico il valore di 3 μ T è facilmente riscontrabile nella tabella 23 dalla quale si evince che la distanza di prima approssimazione risulta essere pari a ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto.

12.1 Determinazione della distanza di 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 $3 \mu\text{T}$. Per il caso specifico il valore di $3 \mu\text{T}$ è facilmente riscontrabile nella tabella 18 dalla quale si evince che la distanza di prima approssimazione risulta essere pari a $\pm 3 \text{ m}$ rispetto all'asse del cavidotto.

Nella figura 20 viene illustrata la rappresentazione grafica della DPA del cavidotto di collegamento in AT precedentemente simulato.

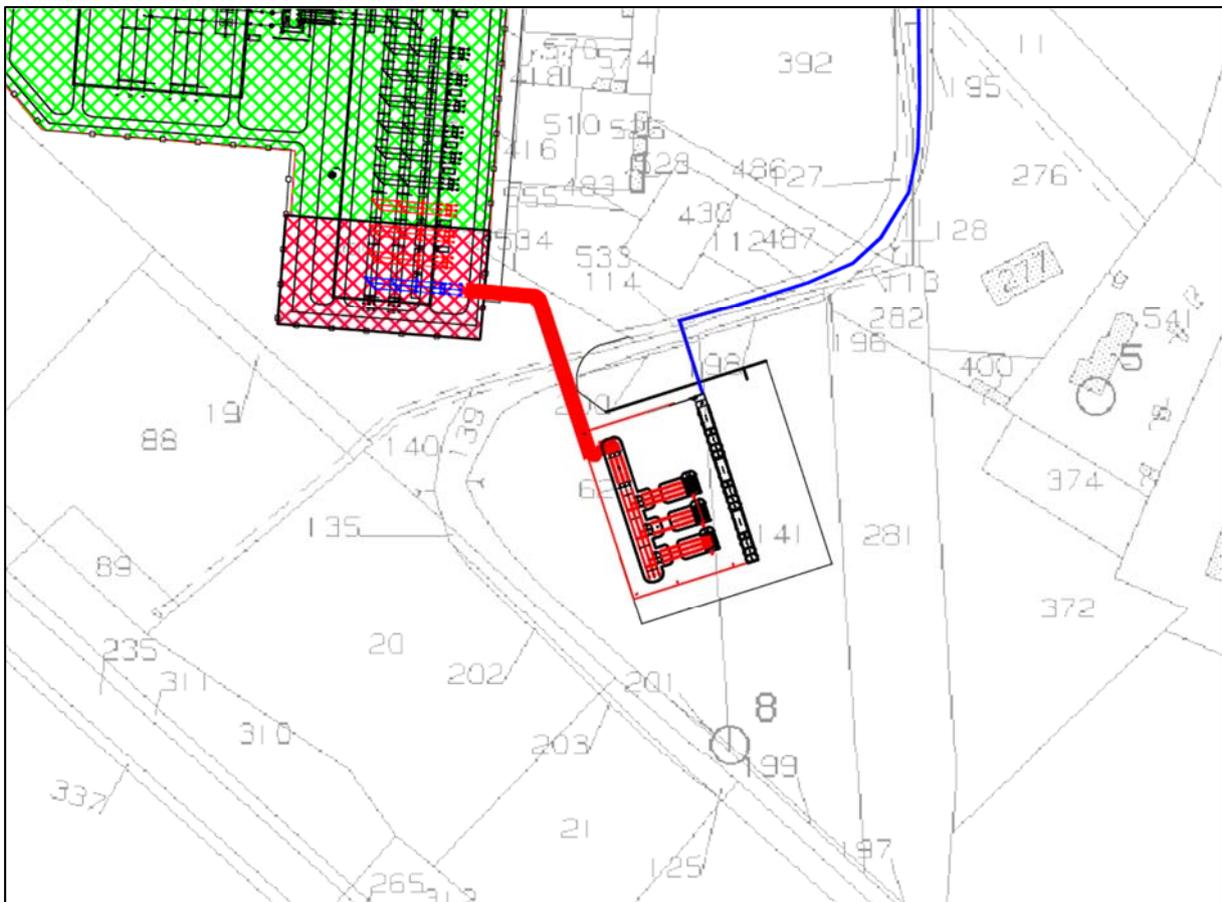


Figura 20: Rappresentazione grafica delle DPA del cavidotto AT.

	TITOLO ELABORATO	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	GE.CDS01.PD 00 04/05/2018 05/05/2018 40 di 40
---	-------------------------	--	---

13 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 i cavidotti di collegamento in MT del parco la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 3 m rispetto all'asse del cavidotto.
- Per la cabina di raccolta la distanza di prima approssimazione per le sbarre in media tensione è pari a 6 m dal muro perimetrale.
- Per la stazione elettrica 150/30 kV, la distanza di prima approssimazione è stata valutata in ± 15 m per le sbarre in AT e 7 m per la cabina MT. Si fa presente tali DPA ricadono all'interno della recinzione della stazione tranne che per l'edificio MT la cui DPA comunque ricade all'interno della particella catastale dell'area di stazione.
- Per il cavidotto in alta tensione la distanza di prima approssimazione non eccede il range di ± 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 delle cabine MT ed all'interno della stazione elettrica il cui accesso è consentito al solo personale autorizzato.

Le considerazioni e calcoli simulati per il tracciato del cavidotto MT di progetto valgono anche per il tracciato alternativo del cavidotto in MT.

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.

Si può quindi concludere che le opere elettriche relative alla realizzazione di un impianto eolico di proprietà WIND ENERGY CASTELLUCCIO S.r.l. composto da n.12 aerogeneratori di grande taglia con potenza complessiva pari a 43,2 MW, in località "Cisterna", "Posta Cisternola", "Sterparo" nel comune di Castelluccio dei Sauri rispetta la normativa vigente.