



# REGIONE PUGLIA

## Provincia di Taranto

### COMUNE DI CASTELLANETA



OGGETTO

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 39,6 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)

PROPONENTE



**GREEN ENERGY 7 S.R.L.**

Corso Europa 13, 20122 Milano (MI)  
C.F./P.IVA: 12889060963  
email/PEC: green.energy7.srl@legalmail.it

SVILUPPO



**VALLEVERDE ENERGIA S.R.L.**

Via Foggia 174, 85025 Melfi (PZ)  
C.F./P.IVA: 02118870761  
email: info@valleverde-energia.it  
PEC: valleverde.energia@pec.it

Codice Commessa PHEEDRA: 23\_31\_EO\_CST

INGEGNERIA



PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90  
74121 - Taranto  
Tel. 099.7722302 - Fax 099.9870285  
e-mail: info@pheedra.it  
web: www.pheedra.it

Direttore Tecnico Ing. Angelo Micolucci



1	Ottobre 2023	PRIMA EMISSIONE	MS	AM	VS
REV	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO

OGGETTO DELL'ELABORATO

RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	FOGLI
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.		
A4	-	CST	AMB	REL	043	01	CST-AMB-REL-043_01	

Committente: <b>GREEN ENERGY 7 S.r.l.</b> Corso Europa, 13 20122 - Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 39,6 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)	Nome del file:  <b>CST-AMB-REL-043_01</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	UNITÀ DI MISURA E GLOSSARIO.....	2
3.	RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI.....	3
4.	NORME DI RIFERIMENTO .....	4
5.	LIMITI DI LEGGE E LIMITI DI QUALITÀ.....	5
6.	DESCRIZIONE IMPIANTO .....	6
7.	METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICO ED INDUZIONE MAGNETICA .....	8
7.1.	aerogeneratore .....	10
7.2.	Cavidotti .....	10
8.	CONCLUSIONI .....	18

Committente: <b>GREEN ENERGY 7 S.r.l.</b> Corso Europa, 13 20122 - Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 39,6 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)	Nome del file:  <b>CST-AMB-REL-043_01</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica specialistica si occupa di determinare i valori di campo elettrico e campo magnetico attesi (calcolo previsionale) e di valutare gli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003, in riferimento al progetto di realizzazione di un "Parco Eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile di tipo eolica, e la conseguente immissione dell'energia elettrica prodotta, attraverso la Rete di Trasmissione Nazionale.

Il progetto riguarda la realizzazione di un impianto eolico composto da 6 aerogeneratori ognuno da 6,6 MW nominali, per un totale di 39,6 MW da installare nel Comune di Castellaneta (TA), in località "Pezza del Dragone" e opere di connessione ricadenti nel medesimo Comune.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in alta tensione 36 kV interrato che collegherà l'impianto in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di trasformazione della RTN a 380/150 kV di Castellaneta.

Più in dettaglio l'impianto eolico in progetto presenta:

- n° 6 aerogeneratori – Tipo 170-6,6 della Siemens Gamesa e relative fondazioni - potenza totale dell'impianto: 39,6 MW
- n° 6 piazzole temporanee di montaggio
- n° 6 piazzole definitive per l'esercizio e la manutenzione degli aerogeneratori
- n° 6 cabine di trasformazione poste all'interno dell'aerogeneratore;
- Cavidotto interrato in alta tensione (36 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori, tra questi e lo stallo predisposto nell'ampliamento della SE di trasformazione della RTN a 380/150 kV di Castellaneta.
- Una linea in fibra ottica che collega tra di loro gli aerogeneratori e la sottostazione elettrica di trasformazione per il telecontrollo del parco eolico.

## 2. UNITÀ DI MISURA E GLOSSARIO

Un campo elettrico è una regione di spazio dove si manifestano forze sulle cariche elettriche, dando possibilmente origine, se le cariche sono libere di muoversi, a correnti elettriche; analogamente, un campo magnetico è una regione di spazio dove si manifestano forze sui dipoli magnetici e correnti elettriche sui conduttori; anche il campo magnetico è in grado di generare correnti nei materiali conduttori, poiché determina in essi un campo elettrico indotto, così come un campo elettrico può generare un campo magnetico indotto.

Numerosi parametri permettono di descrivere le caratteristiche fisiche dei campi; qui ci interessano in particolare l'ampiezza (che è una misura della intensità delle forze prodotte dai campi) e la frequenza (che indica quanto rapidamente l'ampiezza varia nel tempo); quest'ultima si misura in "hertz" (simbolo Hz), l'intensità del campo elettrico si misura in "volt/metro" (V/m), l'intensità del campo magnetico in "tesla" (T);

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO	Pagina 2 di 18
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------	----------------

Committente: <b>GREEN ENERGY 7 S.r.l.</b> Corso Europa, 13 20122 - Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 39,6 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)	Nome del file:  <b>CST-AMB-REL-043_01</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

essendo questa un'unità di misura molto grande, si utilizzano spesso i sottomultipli "millitesla" (mT) e "microtesla" ( $\mu$ T).

Gli elementi dell'ambiente e del progetto utili per l'identificazione e per la valutazione dell'impatto elettromagnetico sull'ambito territoriale in cui ricade il parco eolico sono riferibili alle caratteristiche:

- delle linee di trasporto della energia elettrica prodotta dal parco eolico
- del parco eolico stesso

L'inquinamento elettromagnetico che un parco eolico può determinare sull'ambiente può essere esclusivamente di tipo diretto, ossia generati dall'inserimento dell'opera nel contesto.

I campi elettromagnetici generati in un parco eolico possono essere attribuiti principalmente a due fonti:

- parti metalliche in rotazione
- linee di trasporto dell'energia elettrica.

In merito alla prima fonte, si può subito affermare che il campo elettromagnetico delle macchine di riferimento è nullo in quanto le loro pale sono realizzate in materiale composito (GRP o simile), materiale dielettrico e pertanto non metallico e ruotano ad una velocità massima per cui è da escludere la creazione di campi elettromagnetici.

In merito alla seconda fonte, il trasporto dell'energia elettrica dall'impianto eolico alla cabina di trasformazione (MT/AT) e versamento nella rete di trasmissione nazionale avverrà mediante un cavidotto interrato.

I campi elettrici e magnetici associati alla linea interrata sono trascurabili in considerazione della tensione di esercizio, della disposizione ravvicinata dei conduttori ed all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

### 3. RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI

Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza industriale di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz. Tali frequenze sono "estremamente basse" (rispetto alle radiofrequenze), e sono anche denominate con l'acronimo ELF. I campi ELF ovviamente non sono ionizzanti, tuttavia vi sono vari indizi della nocività per campi di elevata intensità.

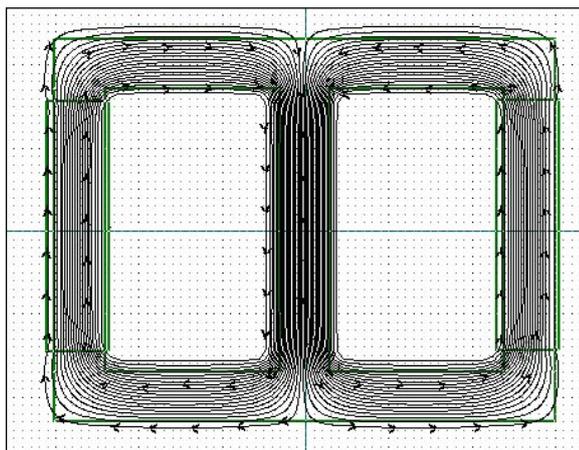
Alla frequenza di 50 Hz, come nel caso del campo vicino in radiofrequenza, le componenti del campo magnetico ed elettrico devono essere considerate separatamente.

L'intensità del campo elettrico in un punto dello spazio circostante un singolo conduttore è correlata alla tensione ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza dal conduttore. L'intensità del campo induzione magnetica è invece proporzionale alla corrente nel conduttore ed inversamente proporzionale alla distanza dal conduttore stesso.

Nel caso di macchine elettriche i campi generati vanno in funzione della tipologia di macchina (alternatore, trasformatore, ecc.) ed anche del singolo modello di macchina. **In generale si può affermare che il campo generato dalle macchine elettriche decade nello spazio più velocemente che con il quadrato della distanza** (vedi Figura 1).

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO	Pagina 3 di 18
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------	----------------

In ogni caso per l'abbattimento del campo elettromagnetico generato dai trasformatori saranno posti degli schermi all'interno delle cabine costituiti da lastre di alluminio. Per lo studio dell'effetto dei campi generati dal nuovo elettrodotto è quindi possibile fare riferimento ai campi indotti dalla sola linea, trascurando i campi generati dai trasformatori e dalle macchine elettriche. Per quanto riguarda il campo elettromagnetico generato dalle singole apparecchiature installate in sottostazione, non esistendo un modello matematico che ne permetta il calcolo preliminare, si sottolinea comunque che tutte le apparecchiature installate rispetteranno i requisiti di legge e tutte le normative tecniche di prodotto riguardo la compatibilità e le emissioni elettromagnetiche.



*Figura 1 - Armatura di un trasformatore linee di isoinduzione, rappresentazione qualitativa*

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.

#### 4. NORME 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".

Committente: <b>GREEN ENERGY 7 S.r.l.</b> Corso Europa, 13 20122 - Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 39,6 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)	Nome del file:  <b>CST-AMB-REL-043_01</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

- - DM 21 marzo 1988, n. 449 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne” e s.m.i.”.
- CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV”.
- - CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- - CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I”.
- - CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche”.
- - Rapporto CESI-ISMES A7034603 “Linee Guida per l'uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0”.
- - Rapporto CESI-ISMES A8021317 “Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie”.

## 5. LIMITI DI LEGGE E LIMITI DI QUALITÀ

Prima di definire i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici è necessario introdurre alcune definizioni: esposizione, la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici di origine artificiale;

- limite di esposizione, il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- valore di attenzione, valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici, e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate;
- obiettivi di qualità, valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definito ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003. “*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti*”.

Nel caso di campo elettrico il limite di esposizione deve risultare inferiore al valore fissato di **5 kV/m**.

Nel caso di campo magnetico i limiti di esposizione sono:

- **100  $\mu$ T**: limite di esposizione ai fini della tutela da effetti acuti;
- **10  $\mu$ T**: valore di attenzione da intendersi applicato ai fini della protezione da effetti a lungo termine, come mediana dei valori lungo l'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio;

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 – Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 – Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it – web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO	Pagina 5 di 18
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------	----------------

Committente: <b>GREEN ENERGY 7 S.r.l.</b> Corso Europa, 13 20122 - Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 39,6 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)	Nome del file:  <b>CST-AMB-REL-043_01</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

- **3  $\mu$ T**: obiettivo di qualità da intendersi applicato ai fini della protezione da effetti a lungo termine come mediana dei valori lungo l'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

I livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE fissano a **100  $\mu$ T**: limite di esposizione da induzione magnetica e **5 kV/m** il limite di esposizione al campo elettrico

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).

È opportuno definire il concetto di mediana: "data una successione di valori disposti in ordine non decrescente di grandezza, è quel valore preceduto e seguito da uno stesso numero di valori. Se il numero delle grandezze è dispari, la mediana è quel valore che occupa il posto centrale della successione; se è pari, essendo due i valori centrali, la mediana è qualunque valore compreso fra di essi (in genere si considera la semisomma dei due valori centrali)". Poiché in sede preliminare è difficile stabilire quale possa essere la variazione del carico (corrente) lungo gli elettrodotti e conseguentemente è altresì impossibile determinare la mediana dei valori del campo magnetico nell'arco di 24 ore in condizioni di normale esercizio, ai fini cautelativi si è proceduto al calcolo del campo magnetico nella condizione più sfavorevole di massimo carico transitante lungo l'elettrodotto in esame: sicuramente la mediana dei valori nelle 24 ore non potrà essere superiore al valore così calcolato.

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).

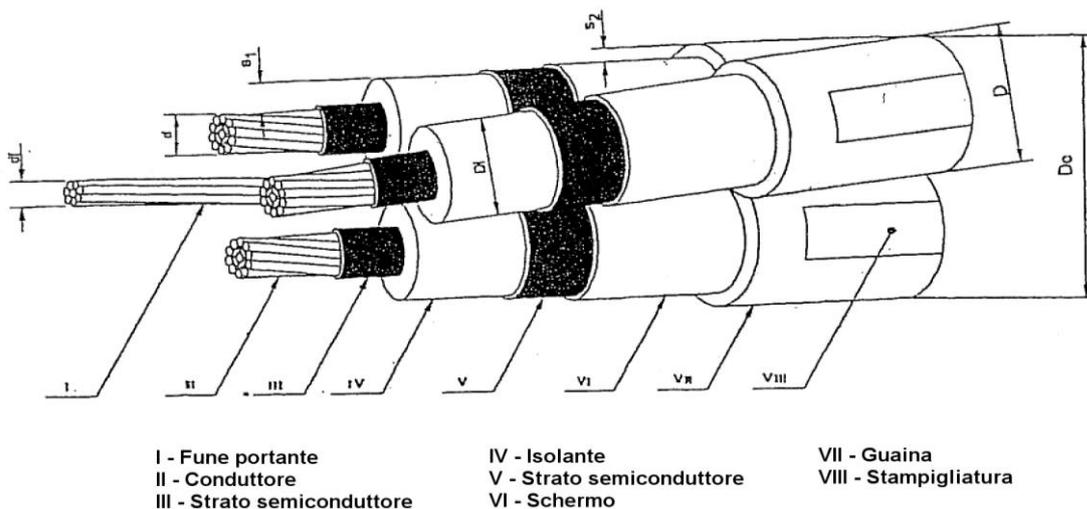
Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

## 6. DESCRIZIONE IMPIANTO

### Linee di distribuzione in AT

Per la trasmissione di energia elettrica saranno utilizzati cavi per alta tensione unipolari posati a trifoglio con conduttore a corda rotonda compatta di rame rosso, isolamento in mescola di gomma G7, schermo a filo di rame rosso, guaina in PVC di qualità Rz:

<b>PHEEDRA Srl</b> Servizi di Ingegneria Integrata Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto (Italy) Tel. +39.099.7722302 - Fax: +39.099.9870285 Email: info@pheedra.it - web: www.pheedra.it	RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO	Pagina 6 di 18
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------	----------------



*Figura 2 - Esempio di cavo*

Essi avranno sezioni dei conduttori pari a  $95 \text{ mm}^2$ ,  $185 \text{ mm}^2$ ,  $240 \text{ mm}^2$  e presenteranno le seguenti caratteristiche:

Tabella 1 - Caratteristiche dei cavi AT



**RG7H1R da 1,8/3kV a 26/45 kV**  
(UNIPOLARI)

Model Product: 701-705-710-713-716-724-730 - 20160412

**ALTA TENSIONE U<sub>o</sub>/U : 26/45 kV - U max : 52 kV (EX GRADO 67)**

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Diametro indicativo isolante	Diametro indicativo esterno	Peso indicativo del cavo	Flaggio minimo curvatura
Conductor Number	Nominal Section	Approx conductor diameter	Approx insulation diameter	Approx external production diameter	Approx cable weight	Minimum radius bending
(N°)	(mmq)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)
Unipolare / Single core						
1x	70	9.0	33.3	43.0	1000	550
1x	95	11.5	34.0	44.0	2300	580
1x	120	12.0	36.5	45.0	2030	585
1x	150	14.2	30.85	40.0	2790	500
1x	185	15.0	38.85	47.0	3200	610
1x	240	18.3	40.05	49.5	3820	650
1x	300	20.7	43.4	53.0	4040	600
1x	400	23.5	46.2	56.0	5430	730
1x	500	26.5	49.3	59.0	6000	770
1x	630	31.2	53.3	64.0	8200	850

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Capacità a 50 Hz	Resistenza apparente a 00°C e 50 Hz		Reattanza di fase		Portata di corrente			
			A trifoglio	In piano	A trifoglio	In piano	In aria a trifoglio	In aria in Piano	Interrato a trifoglio	Interrato in piano
			Apparent resistance at 00°C and 50 Hz		Phase Reactance		Current carrying capacities			
Formation	Electric Resistance 20°C	Capacities 50 Hz	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation	Flat	Trefoil formation in air	Flat in air	Trefoil formation in ground	Flat in ground
(N° x mmq)	(Ohm/km)	(microF/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(Ohm/km)	(A)	(A)	(A)	(A)
Unipolare / Single core										
1x70	0.208	0.15	0.342	0.342	0.15	0.21	280	315	255	200
1x95	0.193	0.16	0.246	0.246	0.14	0.20	340	380	300	310
1x120	0.153	0.18	0.100	0.100	0.14	0.20	395	440	355	305
1x150	0.124	0.20	0.150	0.158	0.13	0.19	445	405	385	305
1x185	0.0991	0.21	0.128	0.127	0.13	0.19	510	570	440	450
1x240	0.0754	0.23	0.0985	0.0972	0.12	0.18	600	605	510	520
1x300	0.0601	0.26	0.0797	0.0779	0.12	0.18	695	700	570	580
1x400	0.0470	0.28	0.0638	0.0616	0.11	0.17	800	875	650	655
1x500	0.0360	0.31	0.0517	0.0489	0.11	0.17	930	1010	735	740
1x630	0.0283	0.34	0.0425	0.0389	0.10	0.16	1070	1180	835	845

**Note**

Le portate dei cavi interrati sono stati calcolati con resistività termica del Terreno 100°C cm/W

**Note**

The current carrying capacities of underground cables have been calculated with thermal resistivity of the Land 100 ° C cm / W

## 7. METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICO ED INDUZIONE MAGNETICA

Il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, con Decreto 29 maggio 2008 ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti, elaborata dall'APAT. In tale documento si evidenzia che la metodologia di calcolo si applica per le DPA (distanze di prima approssimazione) delle cabine elettriche, mentre non si applica alle linee in media tensione in cavo cordato a elica (interrate o aeree), come nel caso delle linee AT in oggetto.

Il metodo di calcolo adottato dal progettista dell'opera per la stima dei campi elettromagnetici è conforme alla norma CEI 211-4 "Guida ai Metodi di Calcolo dei Campi Elettrici e Magnetici Generati da Linee Elettriche".

Committente: <b>GREEN ENERGY 7 S.r.l.</b> Corso Europa, 13 20122 - Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 39,6 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)	Nome del file:  <b>CST-AMB-REL-043_01</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

Il campo elettrico  $E$  generato da un conduttore interrato risente molto dello smorzamento dovuto alla presenza del terreno ed è dato dalla formula seguente

$$E = \rho \frac{I}{2\pi r^2}$$

Dove  $\rho$  è la densità di carica volumica del terreno, che nel caso in esame vale  $10^2 \Omega m$ ,  $I$  è la corrente circolante nel cavo,  $r$  è la distanza a cui si calcola il valore del campo elettrico.

Il campo induzione magnetica  $B$  in ogni punto  $P$  dello spazio è calcolato integrando numericamente per ogni singolo conduttore l'equazione seguente:

$$B = \mu_0 \mu_r \oint \frac{i}{r^3} (r \times s) ds$$

in cui  $i$  è la corrente,  $r$  il vettore distanza tra il generico tratto elementare  $ds$  di conduttore ed il punto  $P$ , e  $\mu_0$  la permeabilità magnetica del vuoto. Nel calcolo si è assunto il valore di  $1,25 \cdot 10^{-6} N/A^2$  per la permeabilità magnetica  $\mu_0$  dell'aria ed un valore unitario per la permeabilità magnetica relativa  $\mu_r$  del terreno<sup>1</sup>. L'intensità del campo generato da ogni conduttore è stata successivamente sommata vettorialmente, tenendo conto sia degli sfasamenti di corrente che della diversa posizione di ogni conduttore.

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 basata 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).

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:

<sup>1</sup> Valore adottato alla luce dell'analisi geomorfologica del sito.

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

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

Si precisa che per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno. Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico sulla verticale dei cavidotti e sulle immediate vicinanze.

## 7.1. AEROGENERATORE

Gli aerogeneratori producono energia elettrica in bassa tensione. Dalla navicella l'energia viene trasferita al trasformatore AT/BT mediante dei cavi BT installati all'interno della struttura. 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 AT/BT il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza da esso.

La tabella seguente mostra i valori dell'induzione magnetica [ $\mu T$ ] al variare della distanza dal trasformatore stesso.

*Tabella 2 - Campo magnetico [ $\mu T$ ] generato da un trasformatore*

Potenza TRAFO (kVA)	DISTANZA DAL TRASFORMATORE				
	1 m	2 m	3 m	5 m	7 m
<b>3900</b>	269,63	38,72	12,44	2,98	1,16

Il trasformatore AT/BT è posto all'interno della navicella dell'aerogeneratore pertanto, a quota terreno si garantisce certamente un valore di campo magnetico compatibile perfino con gli obiettivi di qualità.

## 7.2. CAVIDOTTI

I cavidotti saranno installati adottando tutti gli accorgimenti per minimizzare gli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. La scelta di installare linee AT 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.

Per le simulazioni si sono presi in esame i tratti dei cavidotti più significativi e rappresentativi della totalità dei casi. In particolare saranno simulati i seguenti tratti di cavidotto:

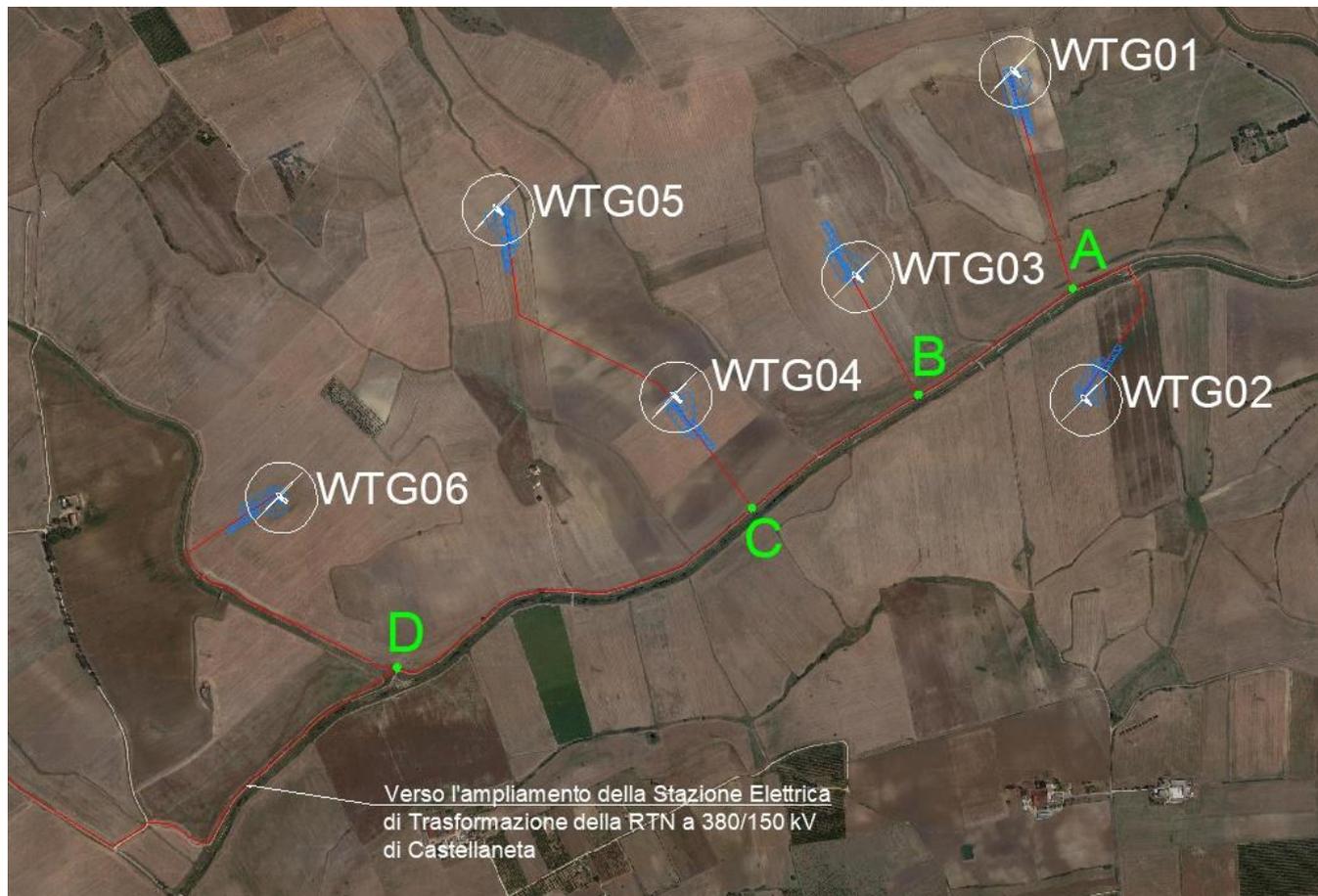


Figura 3 - Inquadramento su ortofoto del layout impianto

- Tratto di cavidotto interrato tra l'aerogeneratore **WTG02** e il punto **A**:  
(Le valutazioni coincidono con il cavidotto **WTG05 – WTG04**)  
RG7H1R 26/45 kV  
Sezione 3x1x95 mm<sup>2</sup>  
Corrente di linea 106 A
  - Tratto di cavidotto interrato tra l'aerogeneratore **WTG01** e il punto **A**:  
(Le valutazioni coincidono con il cavidotto **WTG04 - C**)  
RG7H1R 26/45 kV  
Sezione 3x1x95 mm<sup>2</sup>  
Corrente di linea 106 A  
Sezione 3x1x185 mm<sup>2</sup>  
Corrente di linea 212 A
- Tratto di cavidotto interrato tra il punto **A** ed il punto **B**:  
RG7H1R 26/45 kV  
Sezione 3x1x185 mm<sup>2</sup>  
Corrente di linea 212 A

Committente: <b>GREEN ENERGY 7 S.r.l.</b> Corso Europa, 13 20122 - Milano (MI)	PROGETTO PER LA COSTRUZIONE DI UN PARCO EOLICO DELLA POTENZA DI 39,6 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI CASTELLANETA (TA)	Nome del file:  <b>CST-AMB-REL-043_01</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

- Tratto di cavidotto interrato tra l'aerogeneratore **WTG03** e il punto **B**:  
 (Le valutazioni coincidono con il cavidotto **WTG06 - D**)

RG7H1R 26/45 kV  
 Sezione 3x1x185 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 212 A  
 Sezione 3x1x240 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 318 A

Tratto di cavidotto interrato tra il punto **B** ed il punto **C**:

RG7H1R 26/45 kV  
 Sezione 3x1x240 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 318 A

Tratto di cavidotto interrato tra il punto **C** ed il punto **D**:

RG7H1R 26/45 kV  
 Sezione 3x1x240 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 318 A  
 Sezione 3x1x185 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 212 A

Tratto di cavidotto interrato tra il punto **D** e la **SE della RTN**:

RG7H1R 26/45 kV  
 Sezione 3x1x240 mm<sup>2</sup>A  
 Corrente di linea 318 A  
 Sezione 3x1x240 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 318 A

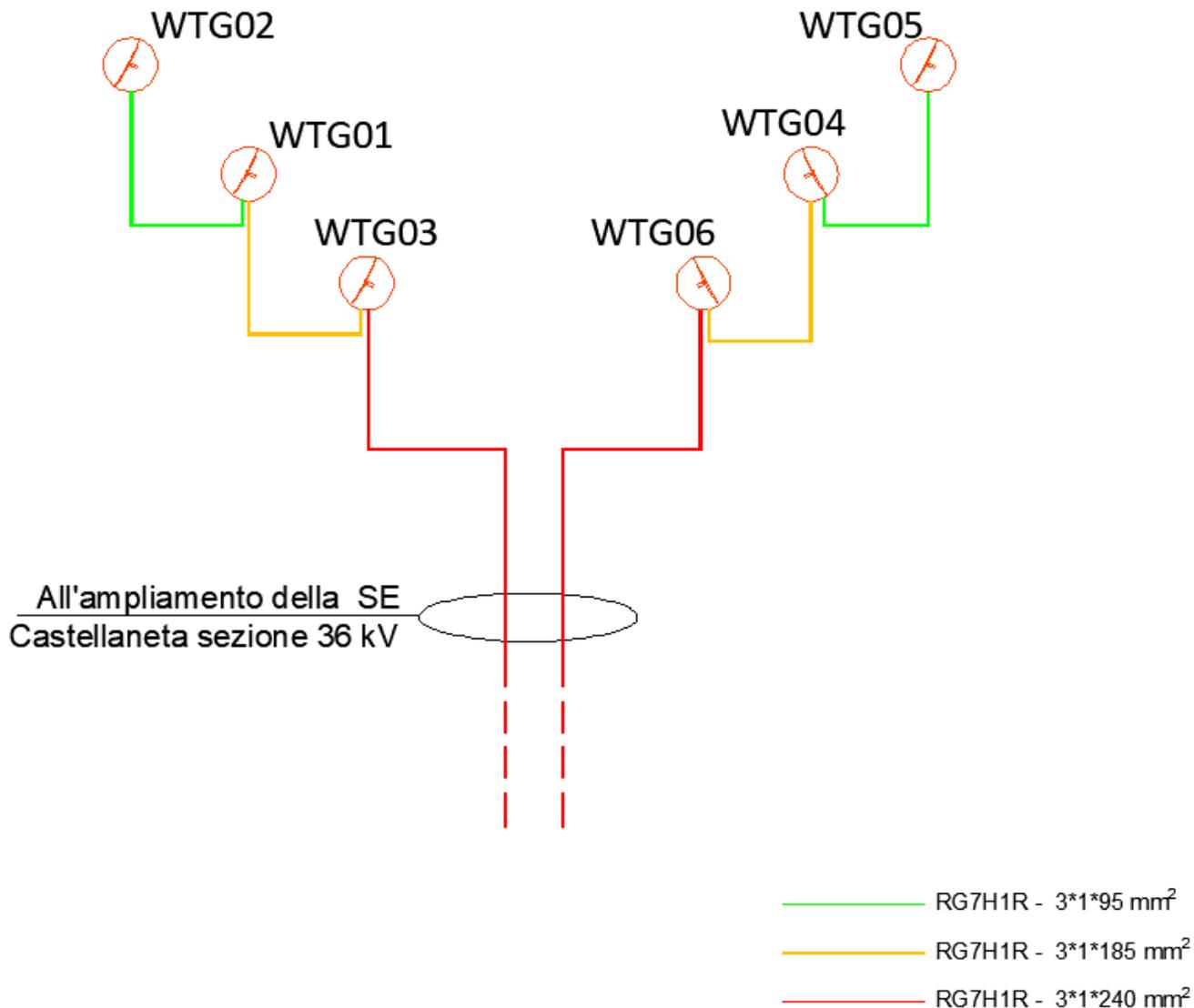
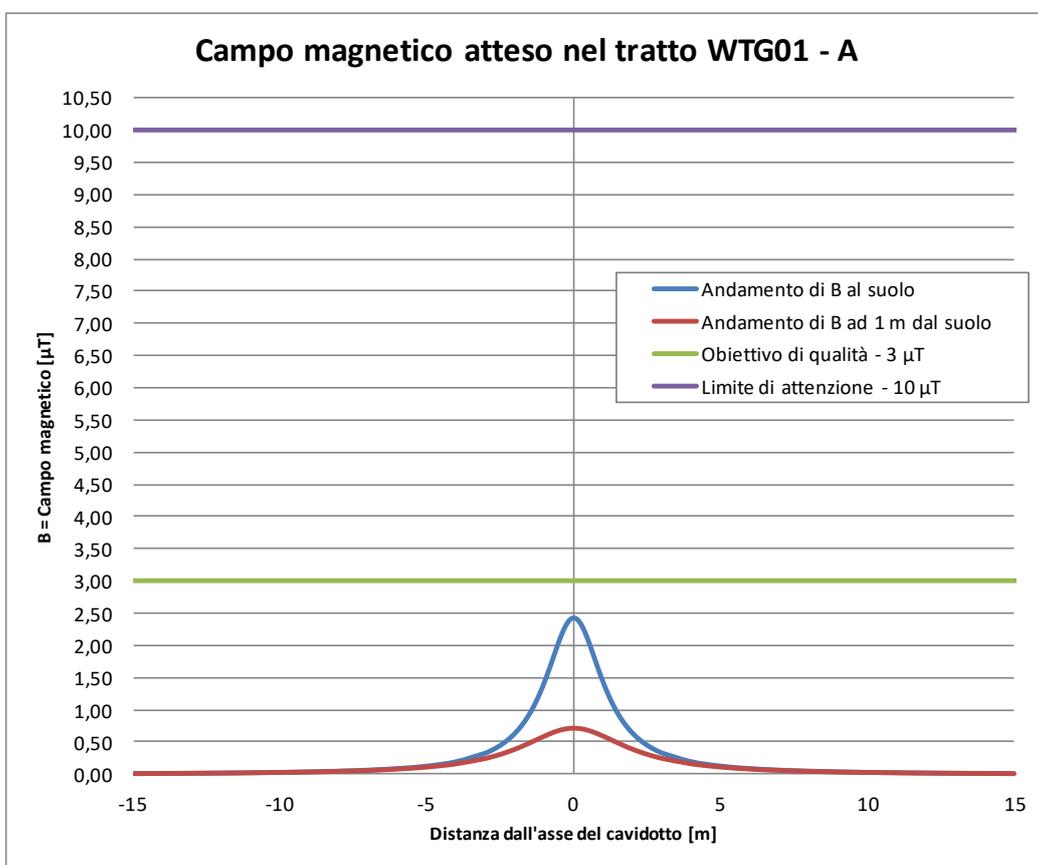
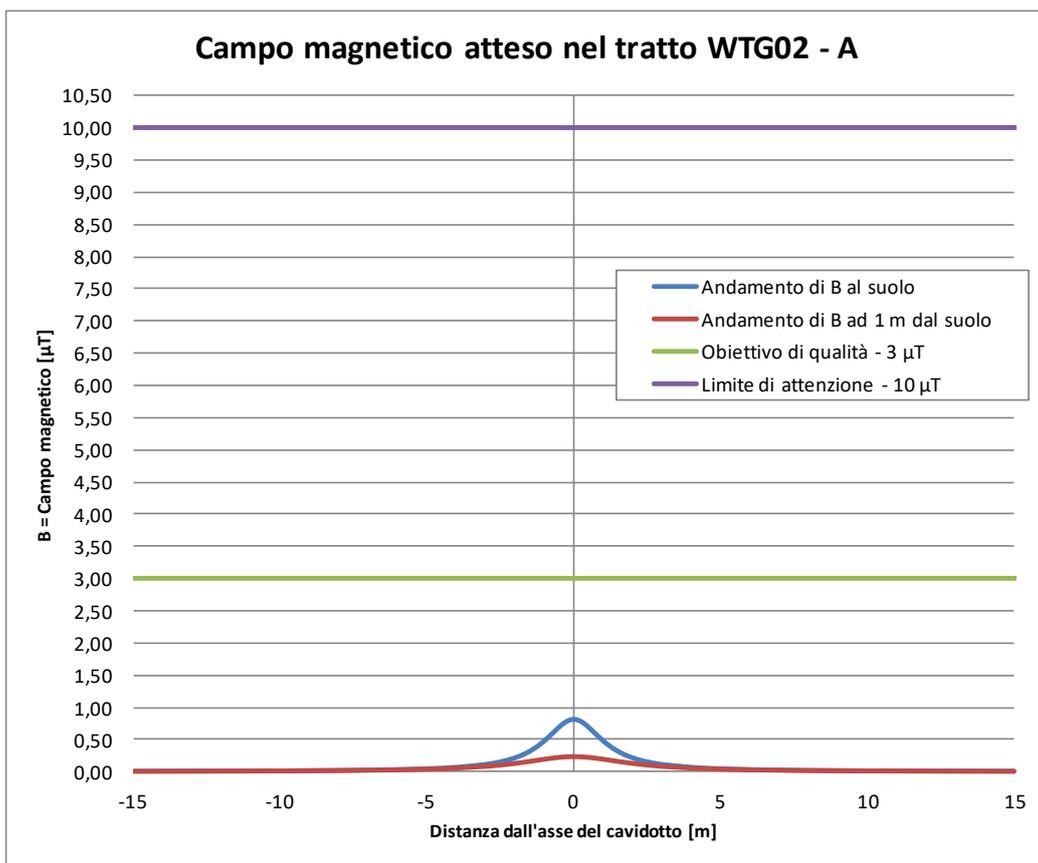
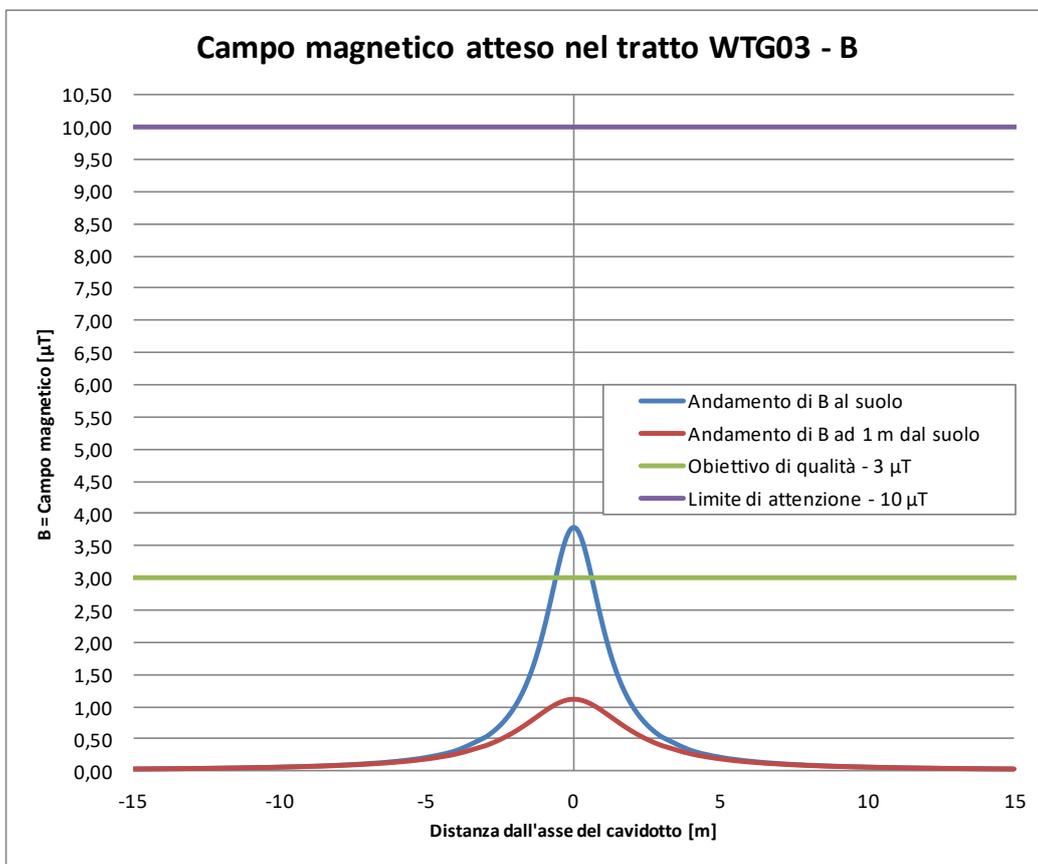
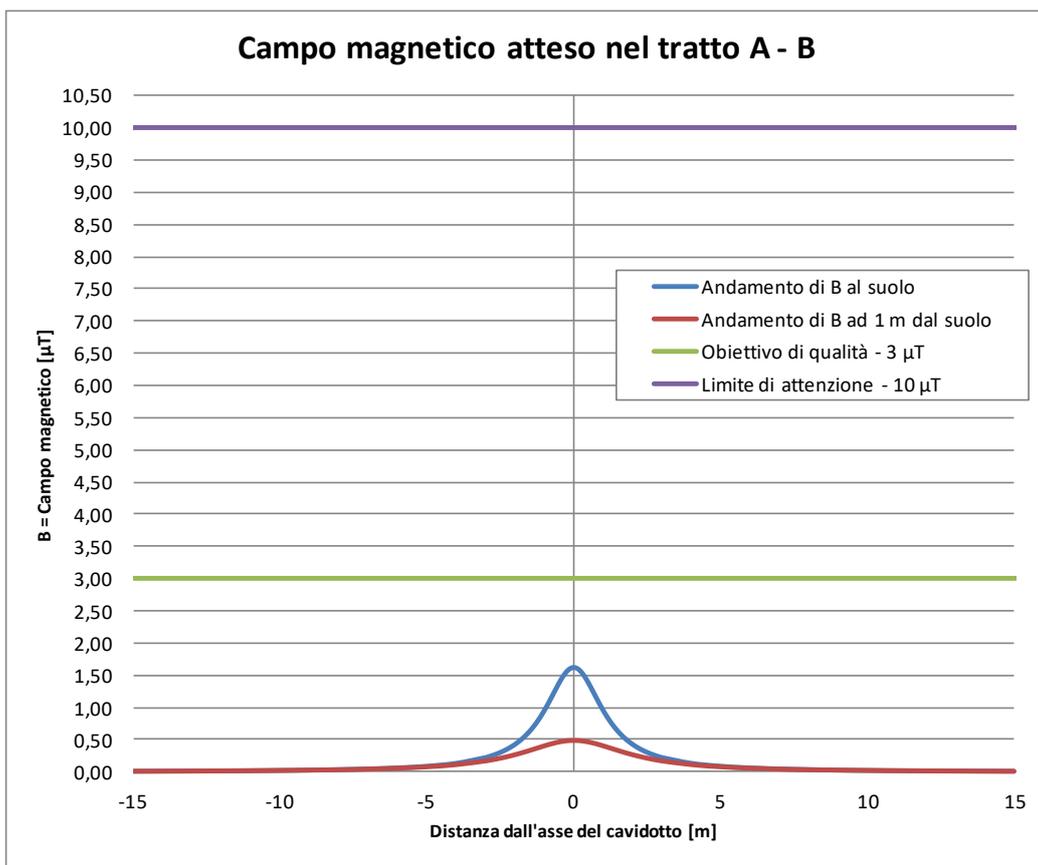
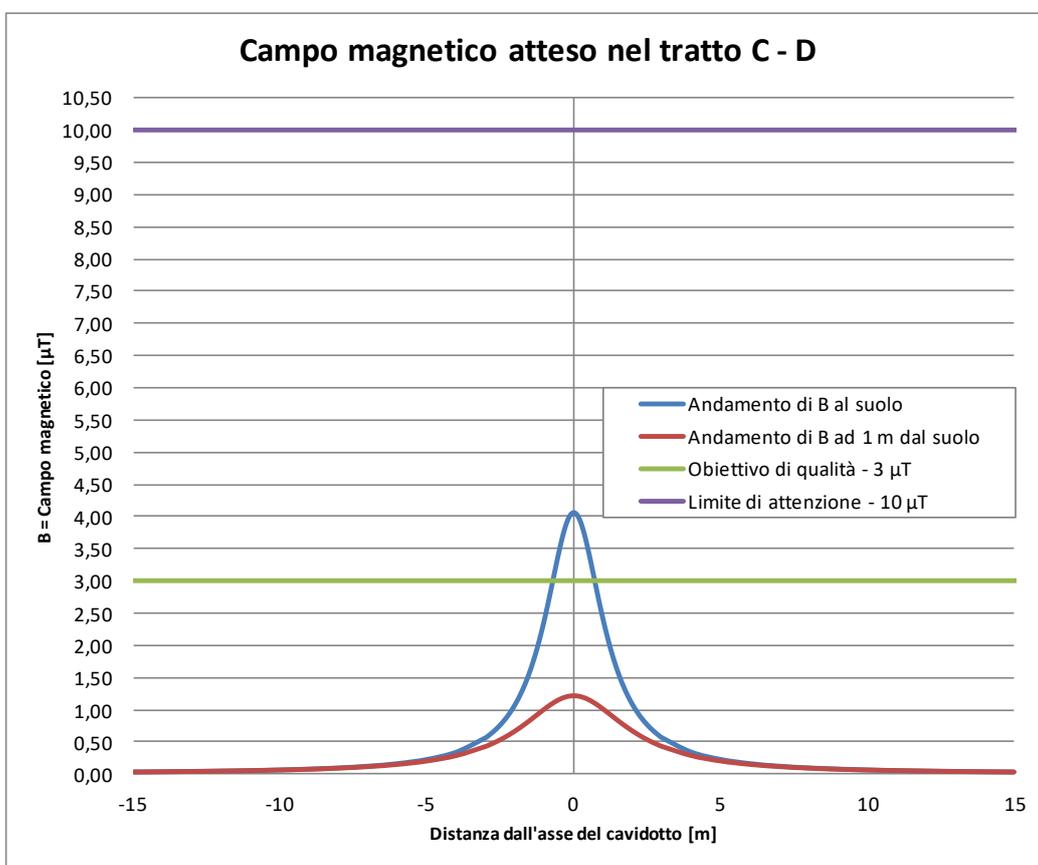
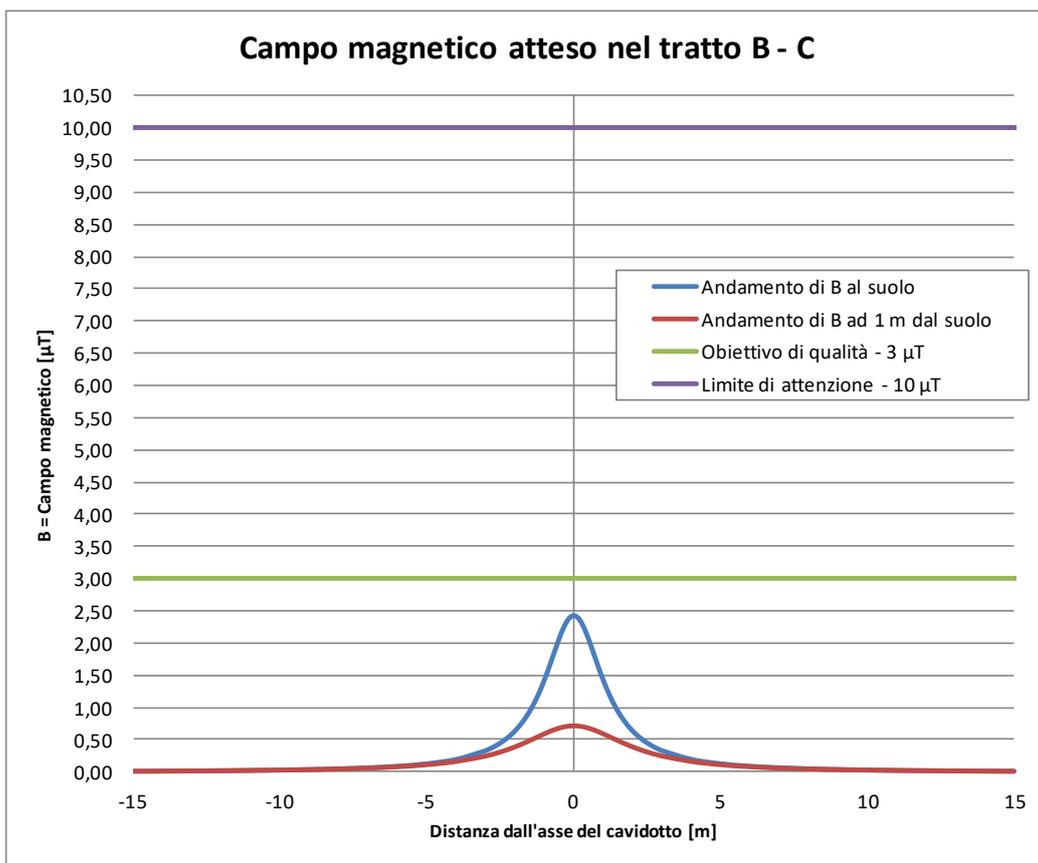
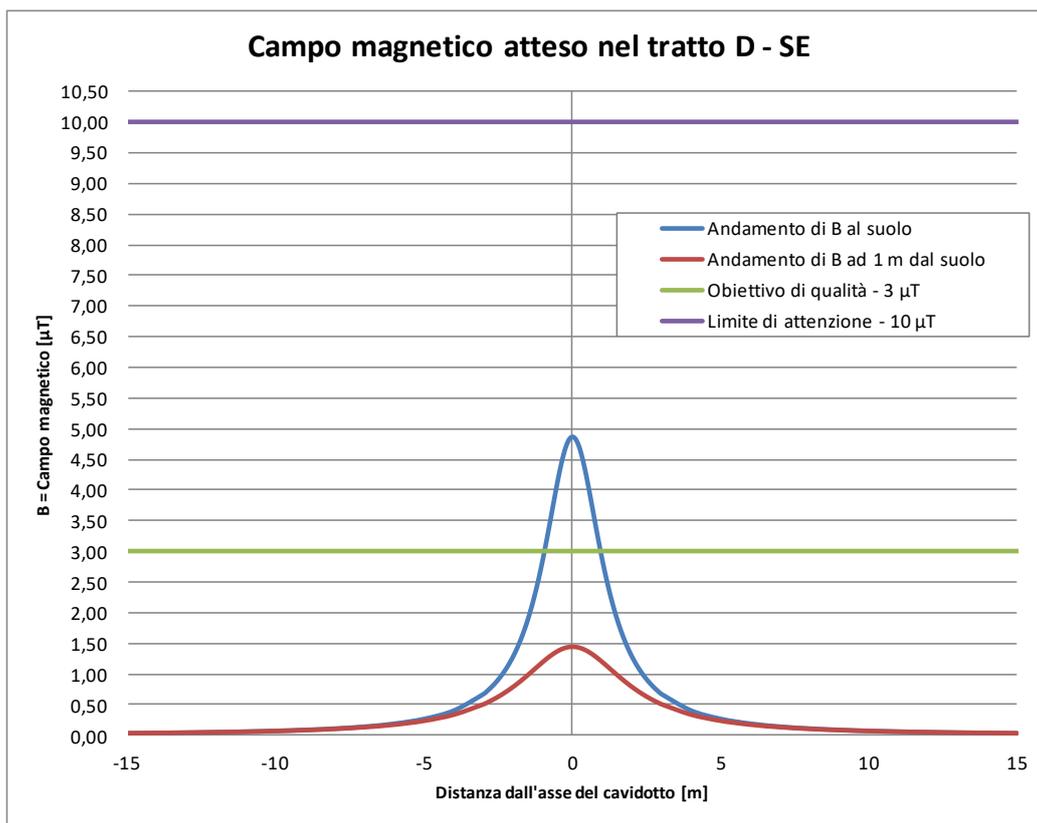


Figura 4 - Schema di connessione elettrica dell'impianto eolico in progetto









Le simulazioni del campo magnetico atteso in prossimità dei cavidotti MT in progetto si traduce nell'individuazione delle DPA; in sostanza si individua la 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 al limite di 3  $\mu\text{T}$  che si ricorda essere l'obiettivo di qualità (mentre 10  $\mu\text{T}$  rappresenta il valore di attenzione da intendersi applicato ai fini della protezione da effetti a lungo termine, come mediana dei valori lungo l'arco di 24 ore, e tra l'altro si applica in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno). Come si evince dai grafici di studio, il campo magnetico sull'asse dei cavi, non supera in nessun caso i 10  $\mu\text{T}$ . In alcuni rami si supera il valore di 3  $\mu\text{T}$ , che comunque si riduce al disotto di tale valore al più a circa 0,95 m dall'asse del cavidotto. Si consideri che il cavidotto in progetto seguirà per quanto possibile strade esistenti, in un contesto esclusivamente agricolo, pertanto, nell'ambito del percorso del cavidotto non si prevede la permanenza di persone per tempi considerati critici dai limiti citati. Inoltre si ricorda che i valori considerati nei calcoli rappresentano le condizioni peggiori, cioè di funzionamento a piena potenza di ogni macchina. Siccome i limiti di esposizione fanno riferimento alla mediana delle condizioni di esercizio valutata nell'arco di 24 ore, si può certamente desumere che in condizioni reali di esercizio la probabilità del verificarsi delle condizioni di studio sia pressoché bassa, pertanto la valutazione si considera estremamente cautelativa.

Di seguito si riportano i valori delle DPA dall'asse dei cavidotti oggetto di studio che risultano rappresentativi della totalità dei cavidotti dell'impianto in progetto.

*Tabella 3 - Riepilogo DPA cavidotti MT*

<b>TRATTO DI STUDIO</b>	<b>DPA</b> <b>Rispetto alla valutazione</b> <b>di B al suolo</b> <b>[m]</b>
<b>WTG03 - B</b>	0,60
<b>C - D</b>	0,70
<b>D - SE</b>	0,95

## 8. CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la suddetta distanza. Dalle analisi effettuate si può desumere quanto segue:

- Per i cavidotti in AT le DPA sono state determinate al più nell'intorno di 0,95 m dall'asse del cavidotto al livello del suolo.

Ad ogni modo si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili 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) nelle zone interessate.

A conforto di ciò che è stato fin qui detto, a lavori ultimati si potranno eseguire prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

Si può quindi concludere che le opere elettriche relative alla realizzazione dell'impianto eolico in progetto rispetta la normativa vigente.