



# REGIONE PUGLIA

Provincia di Bari (BA)

TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED  
ACQUAVIVA DELLE FONTI



OGGETTO

PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO, CONVERSANO, CASAMASSIMA ED ACQUAVIVA DELLE FONTI (BA)

COMMITTENTE



**BayWa r.e.**

OCEANO RINNOVABILI Srl  
Largo Augusto, 3  
Cap: 20122  
Milano (MI)  
PEC/mail: oceanorinnovabili@legalmail.it

PROGETTAZIONE

Codice Commessa PHEEDRA: 23\_22\_EO\_TUR



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: **Dott. Ing. Angelo Micolucci**



01	Gennaio 2024	PRIMA EMISSIONE	MS	AM	VS
REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

OGGETTO DELL'ELABORATO

## RELAZIONE DI IMPATTO ELETTROMAGNETICO

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

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>TUR-AMB-REL-043_01</b></p>
---	---	---

## Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	UNITÀ DI MISURA E GLOSSARIO .....	3
3.	NORME DI RIFERIMENTO .....	4
4.	LIMITI DI LEGGE E LIMITI DI QUALITÀ.....	4
5.	DESCRIZIONE IMPIANTO .....	6
6.	METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICO ED INDUZIONE MAGNETICA .....	8
6.1.	Aerogeneratore.....	9
6.2.	Cavidotti .....	10
6.3.	Area BESS e Cabina utente a 36 kV .....	19
7.	CONCLUSIONI .....	20

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <b>TUR-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 6,8 MW nominali, per un totale di 40,8 MW da installare nei Comuni di Turi, Rutigliano e Conversano (BA), in località "Cisterne" con opere di connessione ricadenti nei medesimi Comuni e nei Comuni di Casamassima e Acquaviva delle Fonti (BA). Inoltre l'opera comprende la realizzazione di un impianto di accumulo di energia elettrica (BESS) di potenza nominale pari a 30 MW, e l'autorizzazione per la costruzione della futura stazione elettrica in agro del Comune di Casamassima (BA) comprensiva di opere di connessione alla linea esistente della RTN a 380 kV.

Gli aerogeneratori saranno collegati tra di loro mediante un cavidotto in alta tensione 36 kV interrato, che collegherà l'impianto, così come il sistema di accumulo BESS, in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Andria – Brindisi Sud ST".

L'aerogeneratore preso in considerazione per tale progetto (tipo V162-6,8 della Vestas) fa parte di una classe di macchine che possono essere dotate di generatore di diversa potenza, in funzione delle esigenze progettuali. Si precisa che le macchine in progetto avranno potenza nominale pari a 6,8 MW ognuna.

L'impianto BESS sarà costituito da 8 gruppi (composti da 4 unità BESS e un trasformatore a 36 kV), per una potenza totale di 30 MW.

In dettaglio le opere da autorizzare sono:

- n° 6 aerogeneratori da 6,8 MW – Modello V (Vestas) 162 - 6,8 con altezza al mozzo 119 m e diametro 162 m per una potenza totale pari a 40,8 MW;
- opere di fondazione degli aerogeneratori;
- n° 6 piazzole temporanee di montaggio con adiacenti piazzole di stoccaggio;
- n° 6 piazzole definitive per l'esercizio e la manutenzione degli aerogeneratori e piste di accesso;
- Cavidotto interrato per il collegamento tra gli aerogeneratori, tra questi e la cabina utente a 36 kV;
- Cavidotto interrato per il collegamento tra la cabina di campo dell'impianto BESS e la cabina utente a 36 kV;
- Cavidotto interrato per il collegamento della cabina utente a 36 kV e lo stallo predisposto nella Futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150/36 kV;
- Cabina utente a 36 kV ubicata in agro Acquaviva delle Fonti (BA);
- Impianto di accumulo Bess con Tecnologia Tesla o similari da 30 MW;

<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	<b>RELAZIONE DI IMPATTO          ELETTROMAGNETICO</b>	Pagina 2 di 20
---	---	----------------

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>TUR-AMB-REL-043_01</b></p>
---	---	---

- Cabina di campo a servizio dell'impianto BESS;
- Una linea in fibra ottica che collega tra di loro gli aerogeneratori e la stazione elettrica di trasformazione per il telecontrollo del parco eolico;
- Futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150/36 kV da inserire in entra-esce alla linea RTN a 380 kV "Andria – Brindisi Sud ST";
- Elettrodotto aereo a 380 kV dalla nuova SE della RTN fino alla linea RTN a 380 kV "Andria – Brindisi Sud ST", e relative opere di connessione alla stessa linea 380 kV per realizzare l'entra-esce.

## 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); 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, l'impianto BESS e le opere di connessione ad essi correlate sono riferibili alle caratteristiche:

- delle linee di trasporto della energia elettrica a 36 kV;
- del parco eolico stesso;
- dell'impianto BESS stesso;
- della cabina di campo dell'impianto BESS;
- della cabina utente a 36 kV;

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

I campi elettromagnetici generati possono essere in definitiva attribuiti principalmente alle linee di trasporto dell'energia elettrica ed alla cabine elettriche.

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <b>TUR-AMB-REL-043_01</b>
---	---	---

### 3. 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”.
- - 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”.

### 4. 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.

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>TUR-AMB-REL-043_01</b></p>
---	---	---

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 µT**: limite di esposizione ai fini della tutela da effetti acuti;
- **10 µT**: 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;
- **3 µT**: 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 µT**: limite di esposizione da induzione magnetica e **5 kV/m** il limite di esposizione al campo elettrico

Il valore di attenzione di 10 µT 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 µT 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 interrato, 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

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <b>TUR-AMB-REL-043_01</b>
---	---	---

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).


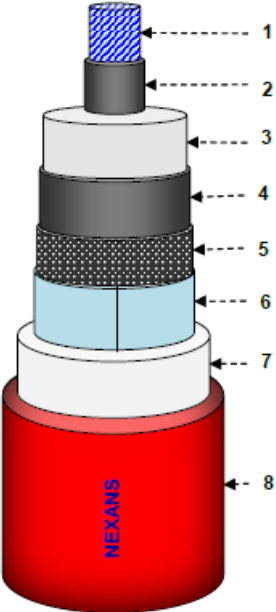
Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

## 5. DESCRIZIONE IMPIANTO

### Linee di distribuzione a 36kV

Per la trasmissione di energia elettrica saranno utilizzati cavi del tipo unipolare, adatti a posa interrata, con conduttore a corda rotonda compatta di alluminio, isolamento in XLPE, schermo a nastro di alluminio, guaina in PE. Essi avranno sezioni dei conduttori pari a 95 mm<sup>2</sup>, 240 mm<sup>2</sup>, 400 mm<sup>2</sup>, 630 mm<sup>2</sup> e presenteranno le caratteristiche seguenti.

Tabella 1 - Caratteristiche dei cavi AT

	<p><b>ARE4H5EE</b>  <b>20,8/36 kV</b>  <b>1x... SK2</b></p>												
<p><b>HIGH VOLTAGE CABLE</b>  <b>SINGLE CORE CABLE WITH ALUMINIUM CONDUCTOR, REDUCED THICKNESS XLPE INSULATION, ALUMINIUM TAPE SCREEN AND DOUBLE PE SHEATH, SHOCK RESISTANT.</b></p>													
<p><b>APPLICATIONS AND CHARACTERISTICS</b>          In HV energy distribution networks for voltage systems up to 42kV. Suitable for fixed installation indoor or outdoor laying in air or directly or indirectly buried, also in wet location.  <b>SHOCK PROOF SK2</b> has a very good shock resistance characteristics. The two special outer sheaths provide an excellent protection against impact and mechanical abuse during the lifetime of the cable.  <b>Shock Proof SK2</b> cable performances has been evaluated against mechanical protection by the abrasion test and the impact test included in CEI 20-68 standard.  <b>This type of cable can be directly buried without additional protections because it is comparable to an armoured cable.</b></p>													
<p><b>FUNCTIONAL CHARACTERISTICS</b></p> <table border="0"> <tr> <td>Rated voltage <math>U_0/U</math>:</td> <td>20,8/36 kV</td> </tr> <tr> <td>Maximum voltage <math>U_m</math>:</td> <td>42 kV</td> </tr> <tr> <td>Test voltage:</td> <td>2,5 <math>U_0</math></td> </tr> <tr> <td>Max operating temperature of conductor:</td> <td>90 °C</td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature:</td> <td>250 °C (for max 5 s)</td> </tr> <tr> <td>Max short-circuit temperature (screen):</td> <td>150 °C</td> </tr> </table>		Rated voltage $U_0/U$ :	20,8/36 kV	Maximum voltage $U_m$ :	42 kV	Test voltage:	2,5 $U_0$	Max operating temperature of conductor:	90 °C	Max short-circuit temperature:	250 °C (for max 5 s)	Max short-circuit temperature (screen):	150 °C
Rated voltage $U_0/U$ :		20,8/36 kV											
Maximum voltage $U_m$ :	42 kV												
Test voltage:	2,5 $U_0$												
Max operating temperature of conductor:	90 °C												
Max short-circuit temperature:	250 °C (for max 5 s)												
Max short-circuit temperature (screen):	150 °C												
<p><b>CONSTRUCTION</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conductor <i>stranded, compacted, round, aluminium - class 2 acc. to IEC 60228</i></li> <li>2. Conductor screen <i>extruded semiconducting compound</i></li> <li>3. Insulation <i>extruded cross-linked polyethylene (XLPE) compound</i></li> <li>4. Insulation screen <i>extruded semiconducting compound - fully bonded</i></li> <li>5. Longitudinal watertightness <i>semiconducting water blocking tape</i></li> <li>6. Metallic screen and radial water barrier <i>aluminium tape longitudinally applied (nominal thickness = 0,20 mm)</i></li> <li>7. First sheath - 1 <i>extruded PE compound</i></li> <li>8. Second sheath - 2 <i>extruded PE compound - colour: red with improved impact resistance</i></li> </ol>													



Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <b>TUR-AMB-REL-043_01</b>
---	---	---

## 6. 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 a 36 kV 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".

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 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:

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

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>TUR-AMB-REL-043_01</b></p>
---	---	---

- 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:

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

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.

## 6.1. AEROGENERATORE

Gli aerogeneratori producono energia elettrica in bassa tensione. Dalla navicella l'energia viene trasferita al trasformatore MT/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 MT/BT il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza da esso.

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>TUR-AMB-REL-043_01</b></p>
---	---	---

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

*Tabella 2 - Campo magnetico [ $\mu\text{T}$ ] generato da un trasformatore (tipologico)*

Potenza TRAF0 (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

La tabella esposta, sebbene tratta un trasformatore tipo di taglia inferiore a quello installato nelle macchine prese in considerazione in questo progetto, dà l'idea di come il campo magnetico decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore stesso. Il trasformatore è posto all'interno della navicella dell'aerogeneratore (che è a più di 100 m da terra) pertanto, a quota terreno si garantisce certamente un valore di campo magnetico compatibile perfino con gli obiettivi di qualità.

## 6.2. CAVIDOTTI

I cavidotti saranno installati adottando tutti gli accorgimenti per minimizzare gli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. La scelta di installare linee a 36 kV 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 1 - Inquadramento su ortofoto del layout impianto

- Tratto di cavidotto interrato tra l'aerogeneratore **WTG05** e il punto **A**:  
(Le valutazioni coincidono con il cavidotto **WTG06** e **A**, **WTG01** e **WTG02**)  
ARE4H5EE 20,8/36 kV  
Sezione 3x1x95 mm<sup>2</sup>  
Corrente di linea 109 A
- Tratto di cavidotto interrato tra il punto **A** ed il punto **B**:  
ARE4H5EE 20,8/36 kV  
Sezione 3x1x95 mm<sup>2</sup>  
Corrente di linea 109 A  
Sezione 3x1x95 mm<sup>2</sup>  
Corrente di linea 109 A

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <p style="text-align: right;"><b>TUR-AMB-REL-043_01</b></p>
---	---	---

- Tratto di cavidotto interrato tra l'aerogeneratore **WTG04** e il punto **B**:

ARE4H5EE 20,8/36 kV  
 Sezione 3x1x95 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 109 A  
 Sezione 3x1x95 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 109 A  
 Sezione 2x(3x1x400) mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 328 A
  
- Tratto di cavidotto interrato tra il punto **B** ed il punto **C**:

ARE4H5EE 20,8/36 kV  
 Sezione 2x(3x1x400) mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 328 A
  
- Tratto di cavidotto interrato tra l'aerogeneratore **WTG02** e il punto **C**:

ARE4H5EE 20,8/36 kV  
 Sezione 3x1x240 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 218 A
  
- Tratto di cavidotto interrato tra il punto **C** ed il punto **D**:  
 (Le valutazioni coincidono con il cavidotto **WTG03** e **D**)

ARE4H5EE 20,8/36 kV  
 Sezione 3x1x240 mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 218 A  
 Sezione 2x(3x1x400) mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 328 A
  
- Tratto di cavidotto interrato tra il punto **D** ed il punto **E**:

ARE4H5EE 20,8/36 kV  
 Sezione 2x(3x1x400) mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 328 A  
 Sezione 2x(3x1x400) mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 328 A
  
- Tratto di cavidotto interrato tra il punto **E** e la **Cabina Utente 36 kV**:

ARE4H5EE 20,8/36 kV  
 Sezione 2x(3x1x400) mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 328 A  
 Sezione 2x(3x1x400) mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 328 A  
 Sezione 4x(3x1x630) mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 1137A
  
- Tratto di cavidotto interrato tra il punto **E** e la **futura SE della RTN**:

ARE4H5EE 20,8/36 kV  
 Sezione 4x(3x1x630) mm<sup>2</sup>  
 Corrente di linea 1137 A

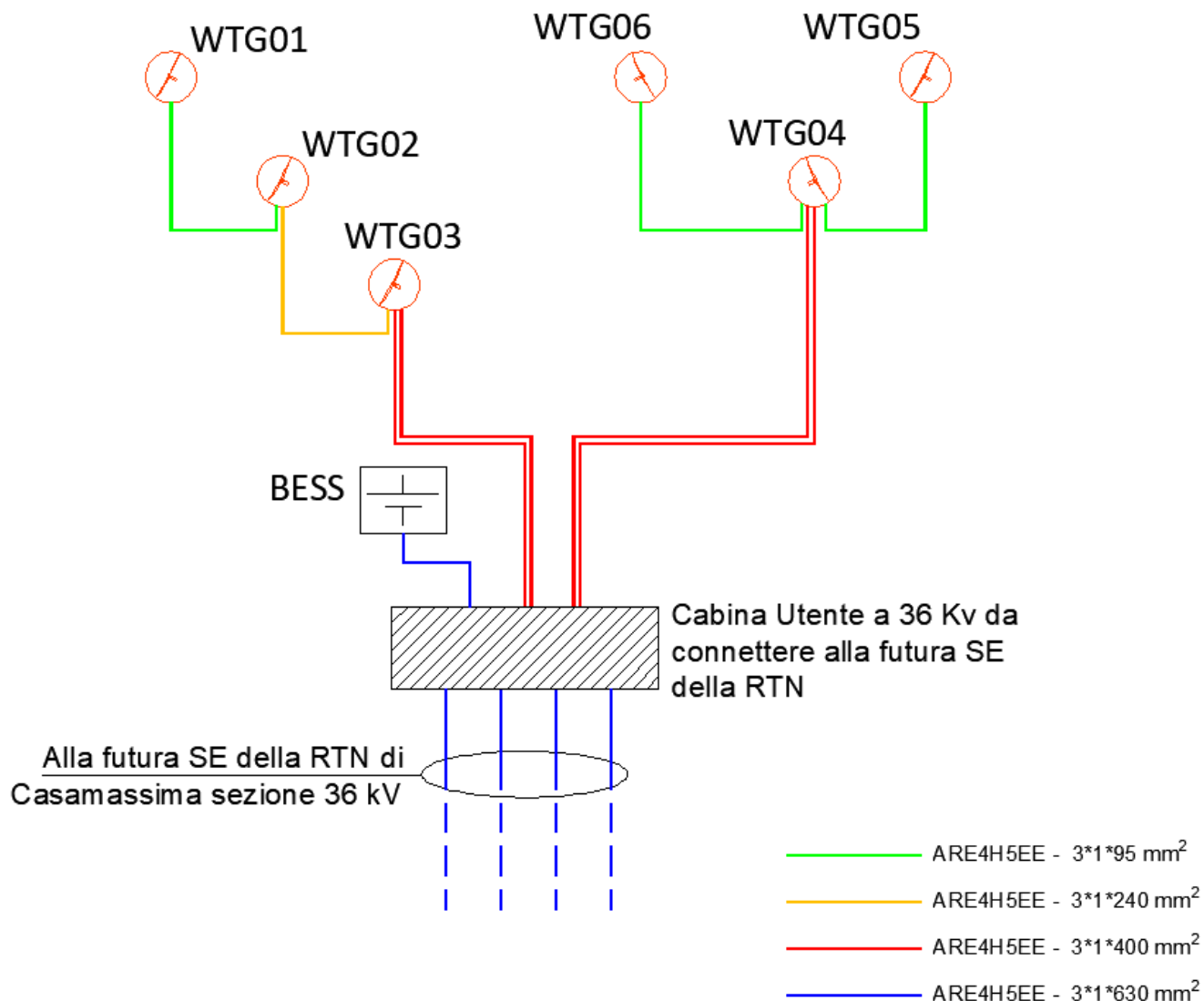
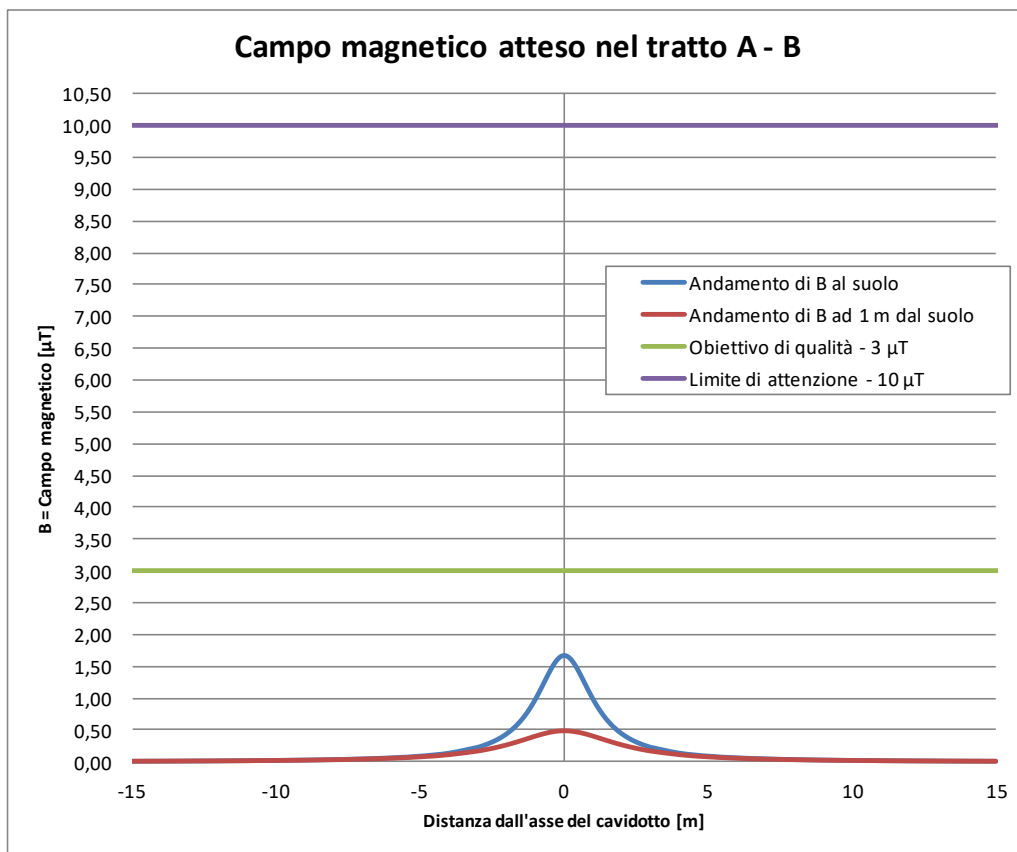
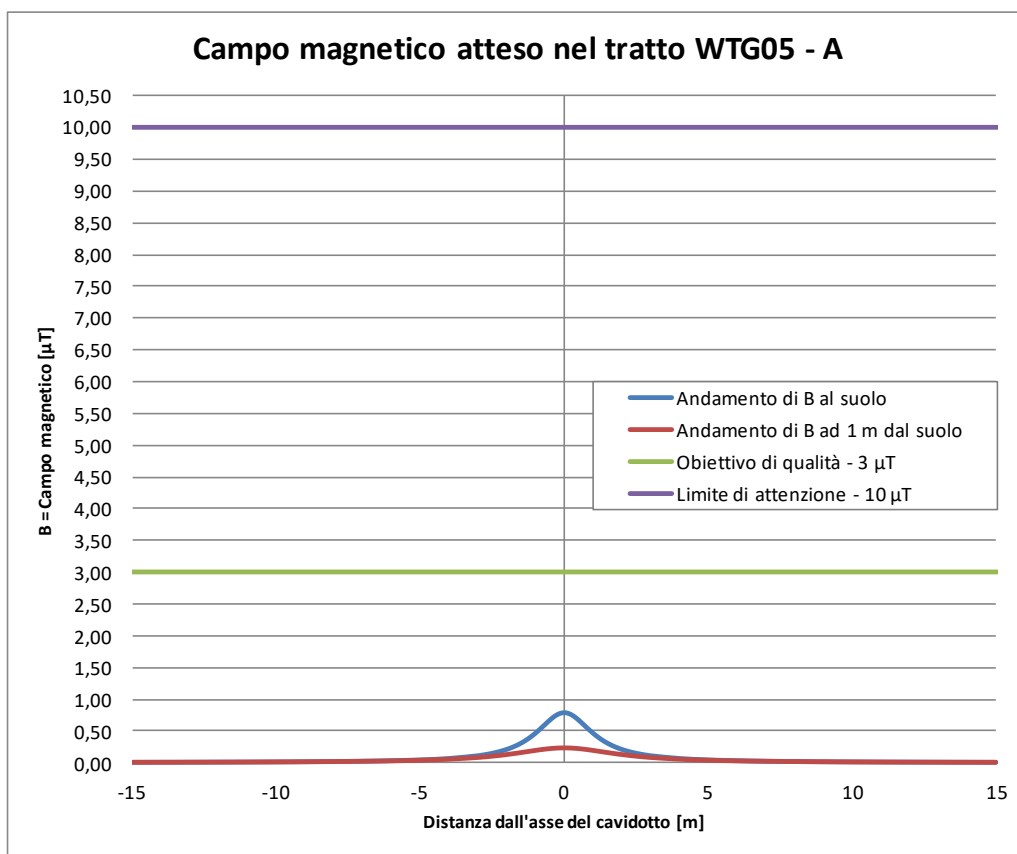
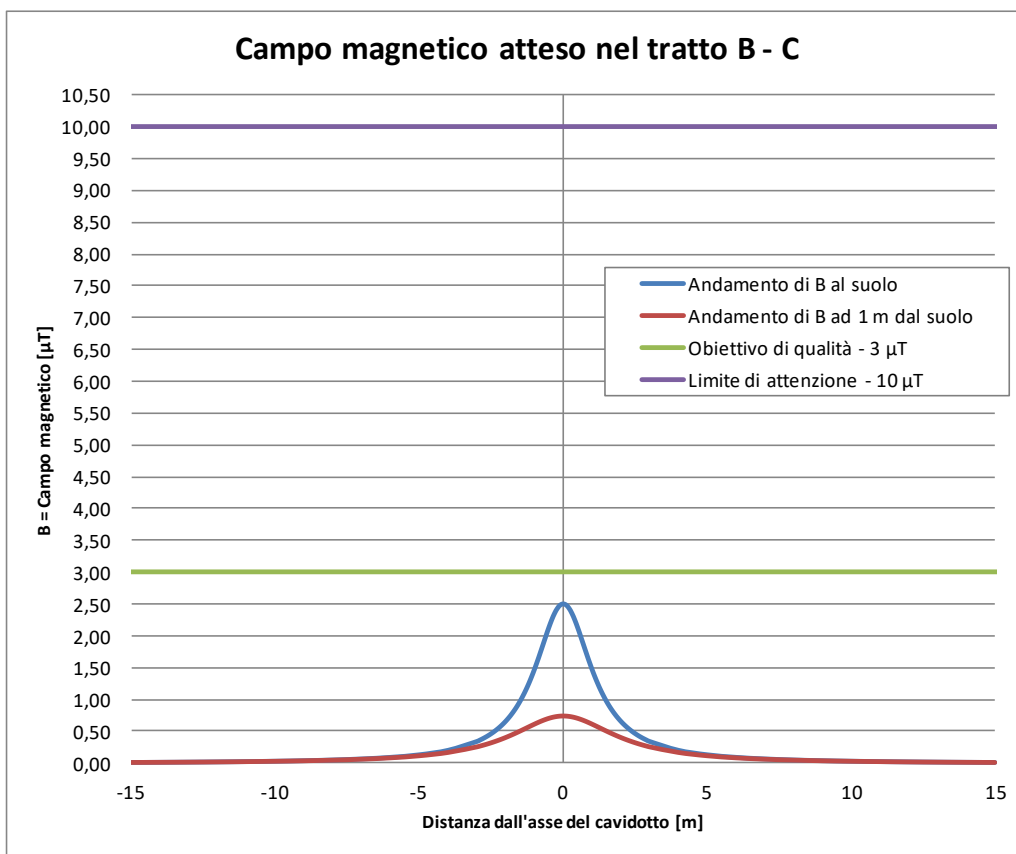
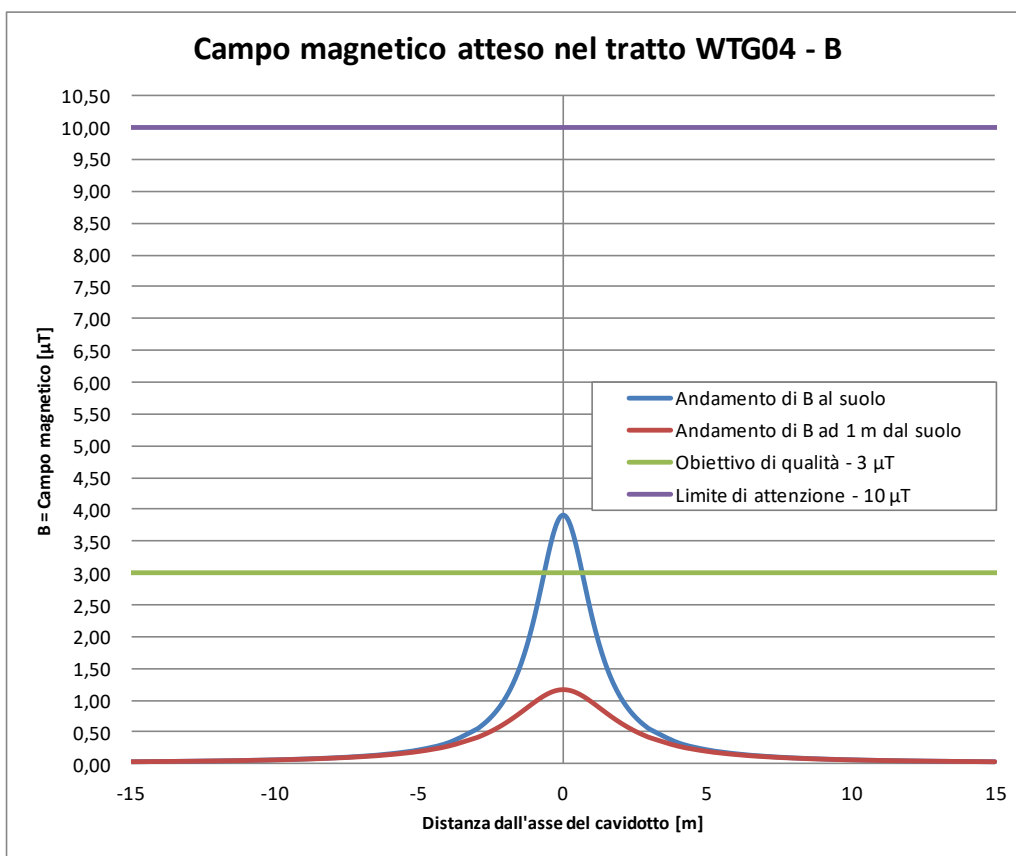
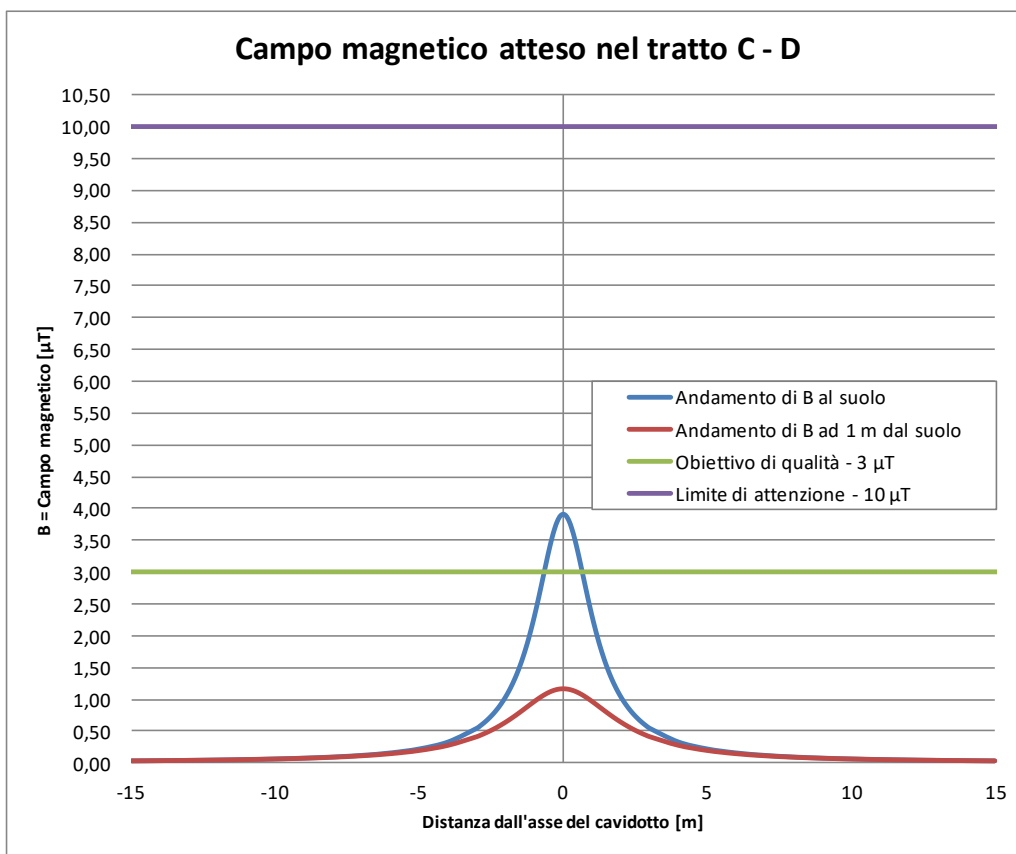
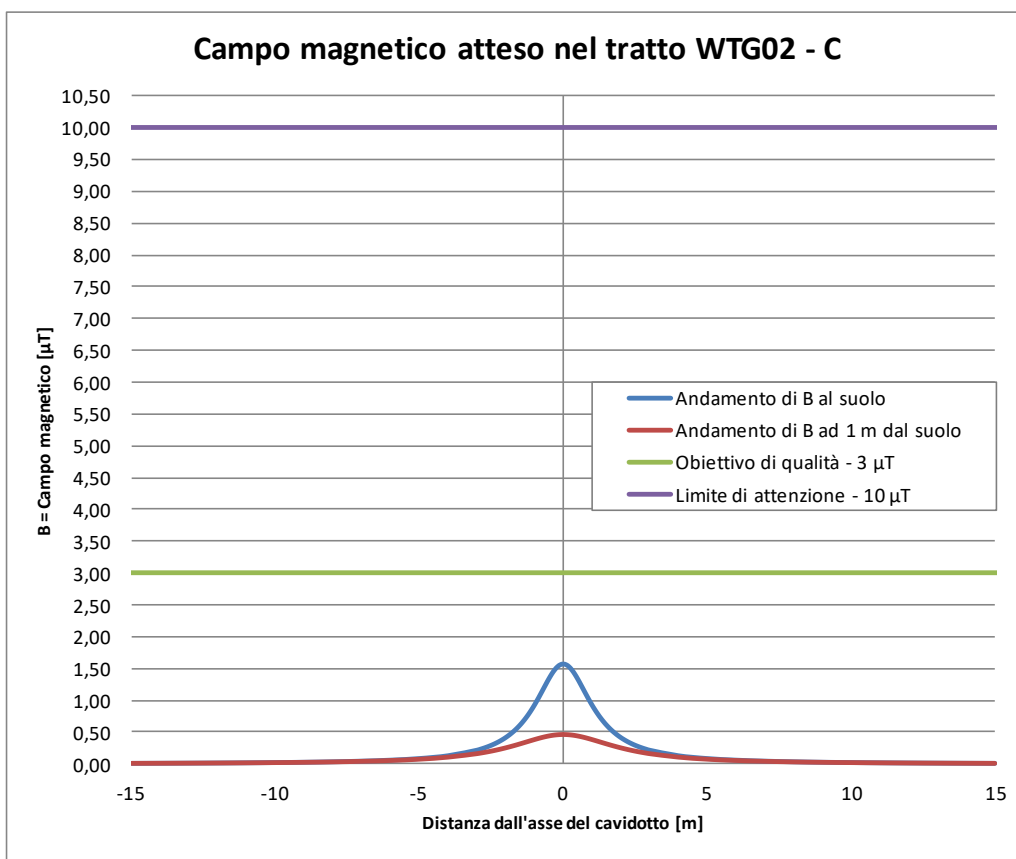


Figura 2 - Schema di connessione elettrica dell'impianto eolico in progetto

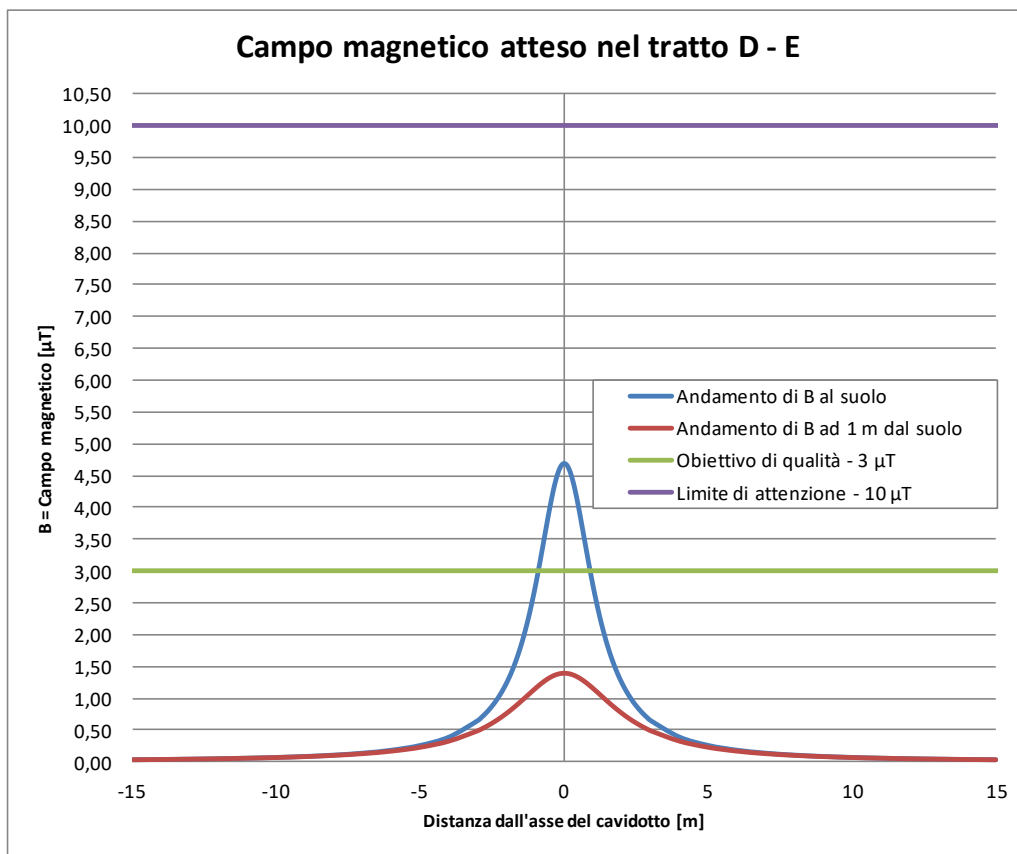




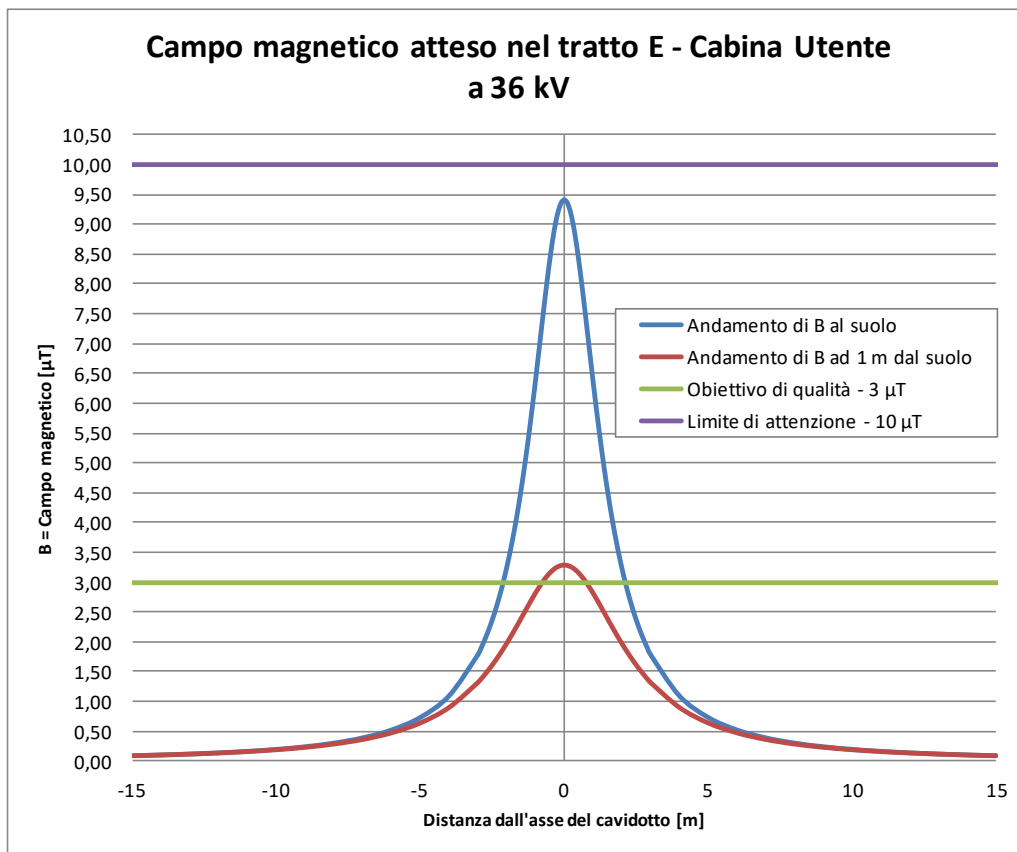


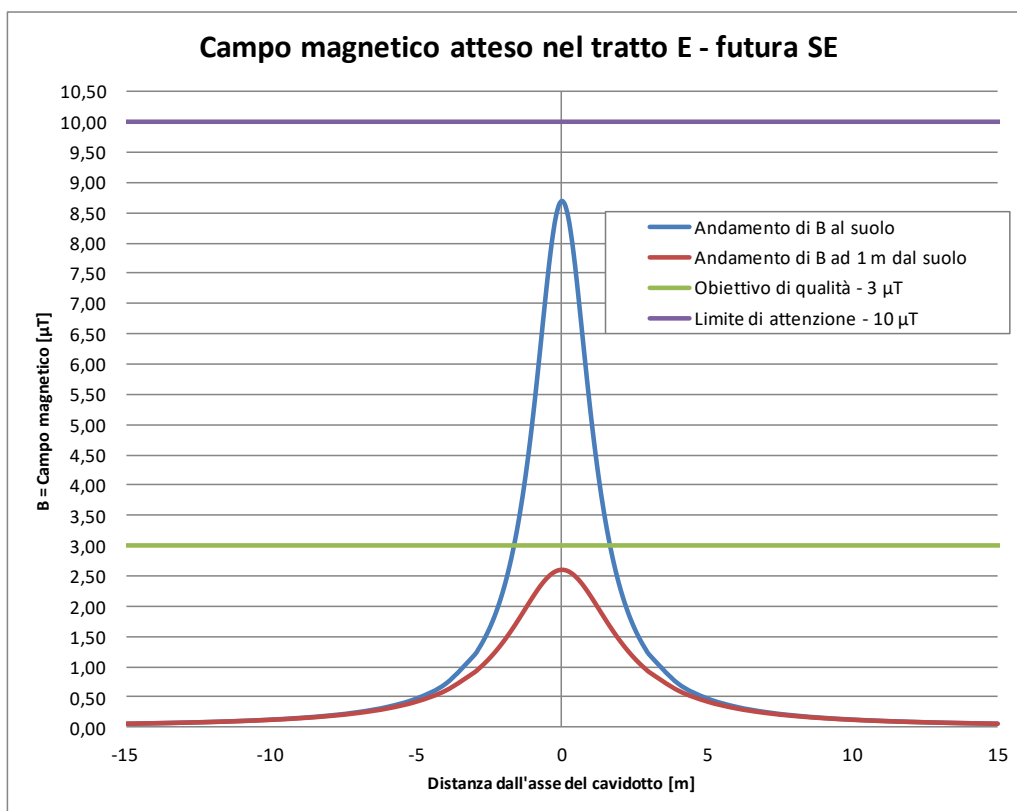


### Campo magnetico atteso nel tratto D - E



### Campo magnetico atteso nel tratto E - Cabina Utente a 36 kV





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 2,10 m dall'asse del cavidotto (in corrispondenza del breve tratto che va dal punto E alla sottostazione elettrica in progetto). 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.

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <b>TUR-AMB-REL-043_01</b>
---	---	---

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 Rispetto alla valutazione di B al suolo [m]</b>
<b>WTG04 - B</b>	0,60
<b>C - D</b>	0,60
<b>D - E</b>	0,90
<b>E – Cabina utente a 36 kV</b>	2,10
<b>E - SE</b>	1,60

### 6.3. AREA BESS E CABINA UTENTE A 36 kV

L'energia proveniente dalle torri eoliche raggiungerà la cabina utente a 36 kV, ubicata in prossimità della futura SE TERNA ed adiacente all'area BESS. Alla cabina utente a 36 kV sarà connesso anche l'impianto BESS, per mezzo di un cavidotto interrato proveniente dalla cabina di campo BESS

L'area su cui sarà realizzata l'area BESS e su cui insisterà la cabina utente a 36 kV sarà circa 6.500 mq. Al suo interno sarà presente un edificio adibito a locali tecnici, in cui saranno allocati gli scomparti a 36 kV, i quadri ausiliari, il locale comando controllo.

Per quanto concerne la determinazione della fascia di rispetto la cabina utente a 36 kV, insieme all'area BESS (che si estende per circa 3500 mq), è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria. In conformità a quanto riportato al paragrafo 5.2.2 dell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008, per questa tipologia di impianti la DPA e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente nei confini dell'aerea di pertinenza dell'impianto stesso (area recintata).

L'impatto elettromagnetico è essenzialmente prodotto:

- dall'utilizzo dei trasformatori nell'area BESS;
- dalla linea interrata a 36 kV

L'impatto generato dalle linee interrate a 36 kV è di gran lunga quello più significativo, pertanto si dovrà considerare una distanza di prima approssimazione pari a quella generata dai cavi in ingresso/uscita dalla cabina utente a 36 kV. Quindi visto il caso peggiore già calcolato nel precedente paragrafo, si avrà una DPA pari al tratto E – Cabina Utente a 36 kV che è di 2,10 m.

In conclusione:

Committente: <b>Oceano Rinnovabili Srl</b> Largo Augusto 3 20122 Milano (MI)	PROGETTO DI IMPIANTO EOLICO DALLA POTENZA DI 40,8 MW, CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 30 MW PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 70,8 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN, DA REALIZZARSI NEI COMUNI DI TURI, RUTIGLIANO E CONVERSANO (BA)	Nome del file:  <b>TUR-AMB-REL-043_01</b>
---	---	---

- in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e, quindi, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza della cabina di trasformazione in progetto;
- gli impianti in oggetto sono comunque realizzati in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 500 m.
- all'interno dell'area non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.

Pertanto, si può affermare che l'impatto elettromagnetico su persone, prodotto dalla realizzazione dell'Area BESS e della Cabina Utente a 36 kV, sarà trascurabile.

## 7. 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 a 36 kV le DPA sono state determinate al più nell'intorno di 2,10 m dall'asse del cavidotto al livello del suolo.
- Per l'area BESS e la Cabina Utente a 36 kV, la distanza di prima approssimazione è stata valutata a non più di 2,10 m dai cavidotti a 36 kV. Tale distanza ricade all'interno della recinzione dell'area.

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.