



<p>PropONENTE</p>	<p><b>EN. IT SRL</b>          Verona (VR), Via Francia 21/C, 37135          C.F. /IVA 04642500237          Telefono 0972 237126 - E-mail: amministrazione@enitgroup.eu</p>				
<p>PROGETTAZIONE</p>	<p><b>Ing. Fabio Domenico Amico</b>          Via Milazzo, 17 - 40121 Bologna          E-Mail: f.amico@readvisor.eu</p>  	<p>Studio Ambientali e Paesaggistico</p>	<p><b>ATECH srl</b>          Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari          E-Mail: atechsrl@libero.it</p>  		
<p>Studio Incidenza Ambientale Flora fauna ed ecosistema</p>	<p><b>ATECH srl</b>          Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari          E-Mail: atechsrl@libero.it</p>  	<p>Studio Acustico</p>	<p><b>ATECH srl</b>          Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari          E-Mail: atechsrl@libero.it</p>  		
<p>Studio Archeologico</p>	<p><b>dott.ssa Adele BARBIERI</b>          Via Piave, 21 - 73059 UGENTO          E-Mail: info@arceostudio.com</p> <p><b>dott.ssa Adele BARBIERI</b>          Archeologa Specializzata          Iscrizione MIBACT n. 636</p> 	<p>Studio idraulico</p>	<p><b>ATECH srl</b>          Via della Resistenza, 48 - 70125 Bari          E-Mail: atechsrl@libero.it</p>  		
<p>Studio Geologico</p>	<p><b>dott. geol. Michele VALERIO</b>          Residence "Palium" - C.da Auricarro          70027 Palo del Colle (BA)          E-Mail: va.michele@libero.it</p> 				
<p>Opera</p>	<p><b>Impianto Eolico composto da n.7 aerogeneratori per una potenza complessiva di 42 MW nei Comuni di Brindisi, Mesagne e Cellino San Marco (BR)</b></p>				
<p>Oggetto</p>	<p>Folder:          Nome Elaborato:  <b>W389EX4_DocumentazioneSpecialistica_03</b>          Descrizione Elaborato:  <b>Relazione di studio elettromagnetico</b></p>				
<p>00</p>	<p>Dicembre 2019</p>	<p>Emissione per progetto definitivo</p>	<p>B.B.</p>	<p>O.T.</p>	<p>O.T.</p>
<p>Rev.</p>	<p>Data</p>	<p>Oggetto della revisione</p>	<p>Elaborazione</p>	<p>Verifica</p>	<p>Approvazione</p>
<p>Scala:</p>					
<p>Formato:</p>	<p>Codice Pratica</p>	<p>W389EX4</p>			

<b>1.PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. INQUADRAMENTO DEL SITO</b>	<b>1</b>
<b>1.2. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO</b>	<b>7</b>
<b>3.DISPOSIZIONI LEGISLATIVE .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1. NORMATIVA ITALIANA</b>	<b>12</b>
<b>3.2. NORMATIVA ITALIANA CEI</b>	<b>14</b>
<b>4.IL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO DI UN PARCO EOLICO .....</b>	<b>16</b>
<b>5.CARATTERISTICHE DELLE COMPONENTI ELETTRICHE DEL PROGETTO .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1. CARATTERISTICHE DEL CAVO MT</b>	<b>18</b>
<b>5.1. CARATTERISTICHE DEL CAVO AT</b>	<b>19</b>
<b>6.ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO .....</b>	<b>21</b>
<b>6.1. CAVO MT INTERRATO</b>	<b>21</b>
<i>6.1.1. RISULTATI DEL CALCOLO DEL CAMPO MAGNETICO DEI CAVIDOTTI INTERRATI</i>	<i>24</i>
<i>6.1.2. ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI</i>	<i>26</i>
<b>7.VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI PRODOTTI DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI .....</b>	<b>26</b>



## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce lo studio dei campi elettromagnetici, relativo al progetto dell'**impianto eolico di potenza complessiva di 42 MW, da ubicarsi nei Comuni di Brindisi, Mesagne e Cellino San Marco in provincia di Brindisi.**

La società proponente è la **EN.IT Srl**, con sede legale in Verona alla Via Francia n. 21/C.

La disposizione delle turbine eoliche è stata valutata tenendo in considerazione sia la componente paesaggistica e ambientale (minore impatto ambientale) che quella tecnica (migliore resa energetica a parità di costi dell'impianto).

In particolare al fine di determinare la presenza di elementi caratteristici del paesaggio agrario e stabilirne la compatibilità con le opere in progetto sarà individuata ai sensi del punto 4.3.3 delle Istruzioni Tecniche del R.R. n. 24 del 30 dicembre 2010 un'area di indagine di 500 m nelle immediate vicinanze di ciascun impianto.

### 1.1. *Inquadramento del sito*

L'impianto eolico sarà installato nella provincia di Brindisi, nei Comuni di Brindisi, Mesagne e Cellino San Marco, alla Località "Bosco" e identificato attraverso le seguenti coordinate geografiche: Latitudine 40.503508°, Longitudine 17.919138°.

Il sito in esame dista circa 15 km in linea d'aria dalla città di Brindisi e circa 9 km dalla città di Mesagne. L'area di impianto è raggiungibile attraverso viabilità pubblica, nello specifico le Strade Pro. I terreni interessati dalla costruzione dell'impianto ricadono sui fogli di mappa n. 187, 181, 180, 179, 177, 186 del Catasto Terreni del Comune di Brindisi (BR), sui fogli di mappa n. 2, 3, 9, 10, 11, 15 del Catasto Terreni del Comune di Cellino San Marco (BR) e sui fogli di mappa n. 103, 104, 111 del Comune di Mesagne (BR). I terreni interessati dalle opere connesse ricadono sui fogli di mappa n. 177 del Catasto Terreni di Brindisi.



Le informazioni riguardanti le particelle interessate dalle aree di realizzazione (ditte catastali, qualità ed estensione) sono riportate nel Piano Particellare presente tra gli elaborati in forma tabellare e grafica.

Facendo riferimento agli elaborati grafici di inquadramento allegati, segue una tabella con indicazione delle coordinate (UTM/WGS84 - Fuso 33) e dimensioni verticali degli aerogeneratori che costituiscono l'impianto eolico:

ID turbina	Alt. mozzo (m)	Diametro rotorico (m)	Est (m)	Nord (m)	Altezza della base (m)
1C	115,0	170,0	743124.00	4489115.00	72
2C	115,0	170,0	742924.00	4488106.00	77
3C	115,0	170,0	743883.00	4487836.00	73
1D	115,0	170,0	746225.00	4486663.00	67
2D	115,0	170,0	745624.00	4486143.00	72
3D	115,0	170,0	746296.00	4485659.00	69
4D	115,0	170,0	747131.00	4486445.00	67

**Coordinate geografiche e dimensioni aerogeneratori**

Si riporta di seguito un inquadramento dell'area in esame, con evidenza della zona oggetto dell'installazione.



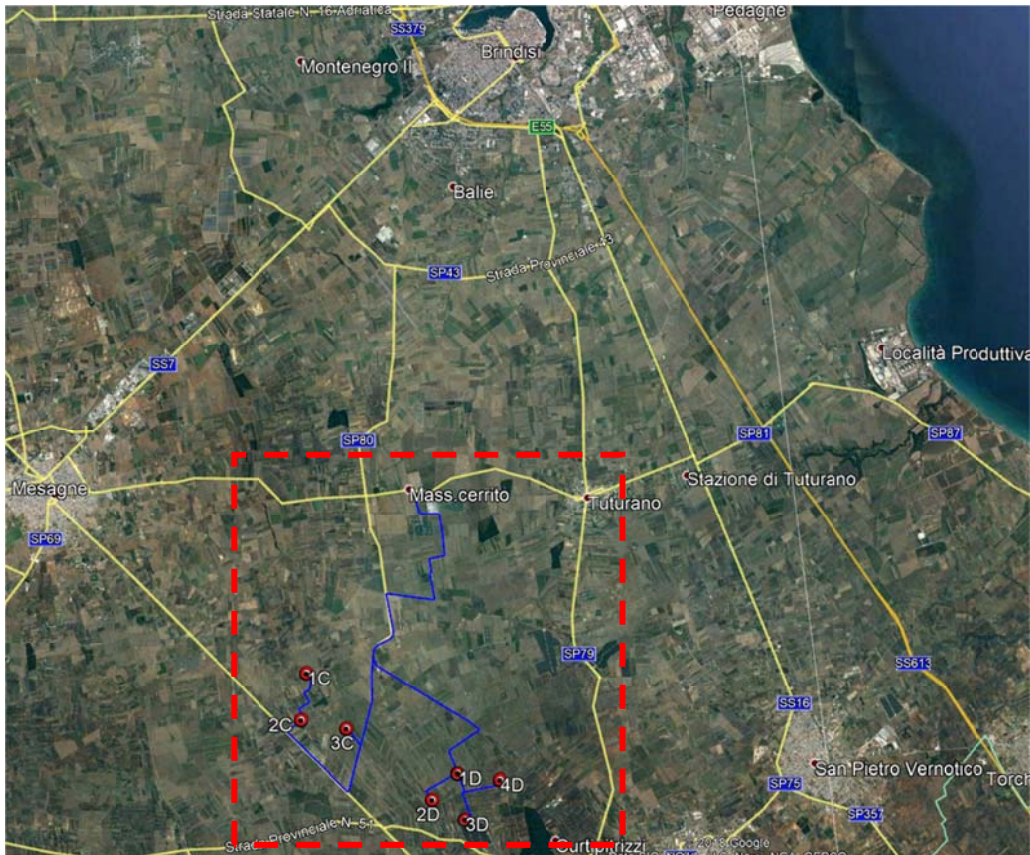


Figure 1-Inquadramento area di interesse



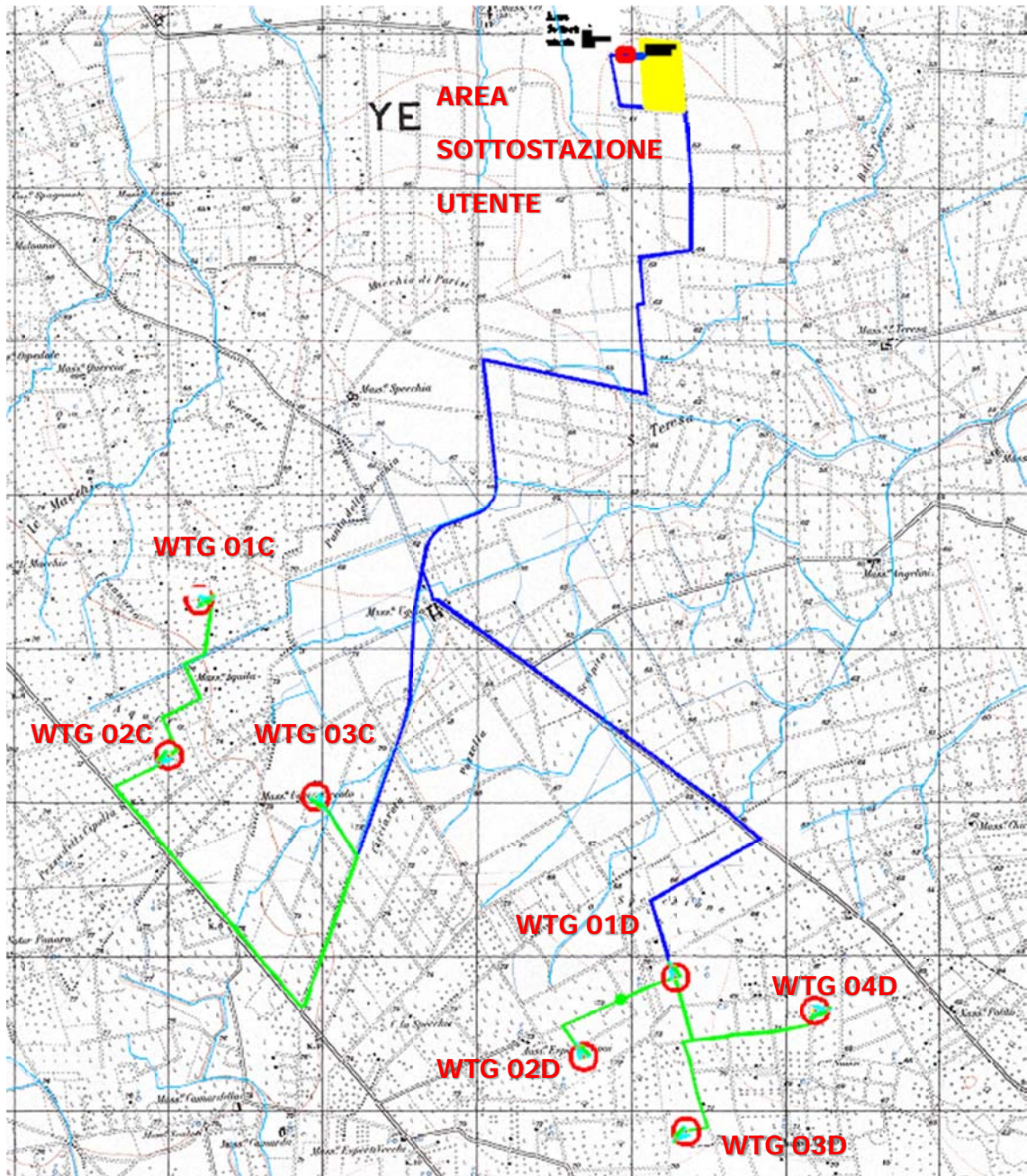


Figure 2-Planimetria di progetto su base IGM 1:25.000

### 1.1. Ubicazione Catastale

L'area di intervento interessa le seguenti particelle catastali:

<b>WTG</b>	<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particelle</b>
<b>1C</b>	Mesagne	103	22
<b>2C</b>	Mesagne	111	33
<b>3C</b>	Brindisi	186	687
<b>1D</b>	Cellino San Marco	2	210
<b>2D</b>	Cellino San Marco	2	341
<b>3D</b>	Cellino San Marco	11	123
<b>4D</b>	Cellino San Marco	15	211
<b>SSE</b>	Brindisi	177	416

L'area in oggetto si trova ad un'altitudine media di m 70 s.l.m. e le coordinate geografiche nel sistema WGS 84 UTM 33T sono le seguenti:

**745182.49 m E**  
**4487128.42 m N**

La soluzione di connessione dell'impianto in progetto alla RTN prevede che venga realizzato un collegamento in antenna con la sezione a 150 kV della stazione elettrica a 380 kV di proprietà TERNA SpA denominata "Brindisi Sud".

Il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della centrale costituirà l'impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo a 150 kV nella stazione elettrica a 380 kV costituirà l'impianto di rete per il parco eolico in progetto.

Sarà pertanto realizzata una stazione di trasformazione utente 150/30 kV in prossimità della stazione elettrica TERNA.

La **stazione di trasformazione MT/AT**, sarà ubicata alla:

**particella catastale 416, foglio 177 di Brindisi**



Consulenza: **Atech srl**

Proponente: EN.IT srl

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 turbine e relative opere di connessione da realizzarsi nel comune di Brindisi, Mesagne e Cellino San Marco

Nel quadro di riferimento progettuale, verranno meglio inquadrare dal punto di vista territoriale anche le opere annesse all'impianto da realizzare.





## **1.2. Descrizione tecnica dell'impianto**

La potenza installabile, considerando l'impianto composto da 7 macchine con potenza unitaria di 6 MW, risulta pari a 42 MW. Il sistema quindi sarà composto dai seguenti elementi principali:

- Aerogeneratori tripala, di potenza unitaria pari a 6 MW
- Vani tecnici di trasformazione interni alle torri
- Quadri elettrici MT
- Sottostazione di trasformazione utente

Per la sua realizzazione sono quindi da prevedersi le seguenti opere ed infrastrutture:

– **Opere Civili:**

- Realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto;
- Adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito
- Realizzazioni dei cavidotti;
- Esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche;
- Realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori;
- Posa in opera della sottostazione completa di basamenti e cunicoli per le apparecchiature elettromeccaniche.

– **Opere impiantistiche:**

- Installazione degli aerogeneratori;
- Esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra i singoli aerogeneratori e tra gli aerogeneratori e la sottostazione dell'energia elettrica prodotta;
- Esecuzione del collegamento tra sottostazione utente e stazione RTN;
- Esecuzione sottostazione utente.

Lo schema di allacciamento alla RTN prevede il collegamento della sottostazione di trasformazione utente in antenna a 150 kV alla Stazione Elettrica a 380 kV della RTN denominata "Brindisi Sud".

Per tale scopo sarà quindi prevista la costruzione di una stazione elettrica di consegna dell'energia prodotta dal parco eolico (SE di utenza) alla quale convergeranno i cavi di potenza e controllo provenienti dal parco eolico. Ulteriori dettagli in merito sono presenti nel paragrafo "6.1 Collegamento alla RTN".



Gli aerogeneratori costituenti il parco eolico in oggetto hanno tutti lo stesso numero di pale (tre), la stessa altezza e il medesimo senso di rotazione. Si riportano qui di seguito le caratteristiche tecniche massime previste per l'aerogeneratore tipo.

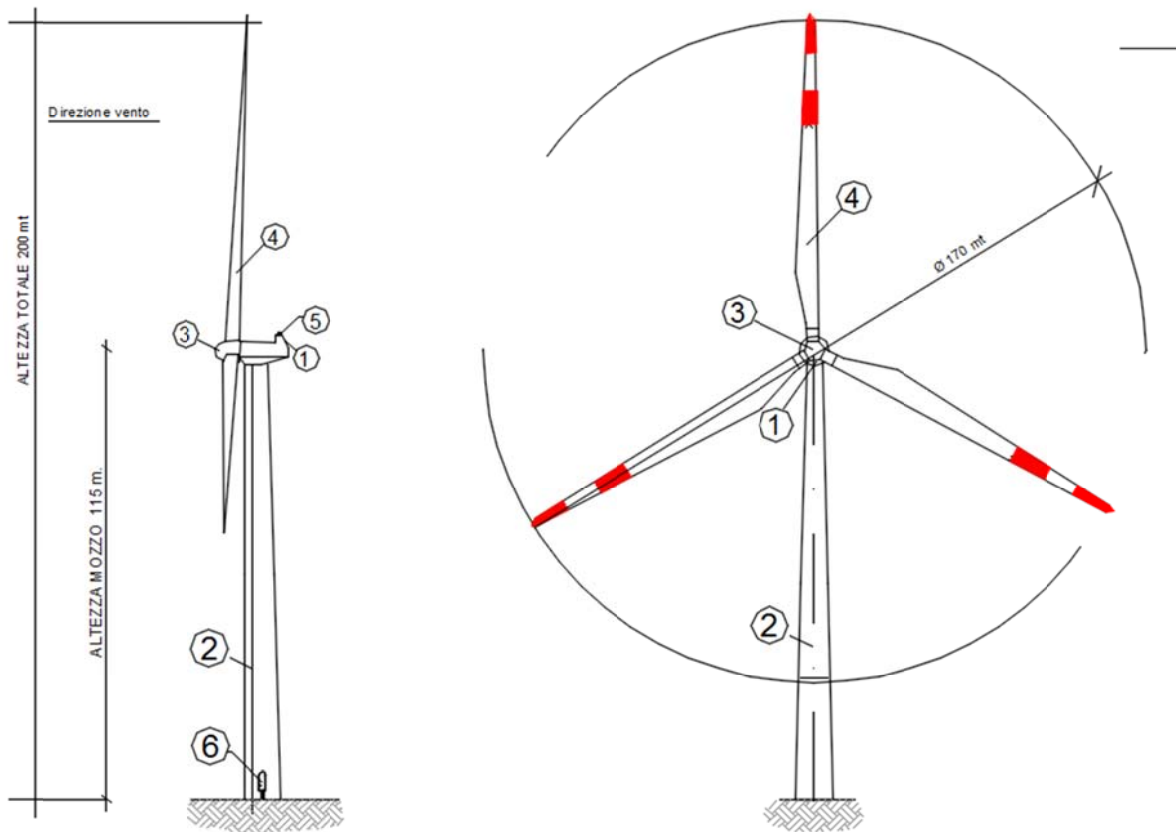
<b>Potenza nominale</b>	<i>6 MW</i>
<b>Numero di pale</b>	<i>3</i>
<b>Diametro rotore</b>	<i>170 m</i>
<b>Altezza del mozzo</b>	<i>115 m</i>
<b>Velocità del vento di cut-in</b>	<i>3 m/s</i>
<b>Velocità del vento di cut-out</b>	<i>25 m/s</i>
<b>Velocità del vento nominale</b>	<i>10 m/s</i>
<b>Generatore</b>	<i>Asincrono</i>
<b>Tensione</b>	<i>690</i>

#### **Dati tecnici aerogeneratore**

Ciascuna torre sarà dotata di un proprio trasformatore 30 kV / 690 V, al fine di consentire il trasporto dell'energia verso la sottostazione utente ad un livello di tensione superiore, minimizzando così le perdite per effetto Joule.

La scelta della macchina è stata condizionata dal rispetto delle caratteristiche geometriche di progetto, e dalla potenza complessiva autorizzata dal gestore di rete.





*Caratteristiche geometriche della turbina*

Inoltre si può affermare che il layout degli aerogeneratori sono disposti sul territorio in modo tale da minimizzare le mutue interazioni che possono verificarsi tra una turbina e l'altra e in modo tale da minimizzare l'impatto paesaggistico.

Si precisa inoltre che, **fino alla messa in opera dell'impianto, la scelta del modello può variare a seguito di eventuali innovazioni tecnologiche o della variazione dell'offerta di mercato**, fermo restando il rispetto delle dimensioni indicate nel presente documento.

Quindi, quello che sicuramente **rimarrà invariato** sarà **l'ingombro della macchina stessa, altezza e diametro del rotore**.

Pertanto a vantaggio di sicurezza la valutazione degli impatti e tutte le elaborazioni sono state effettuate considerando una altezza della torre pari a **115 metri**.

Per la sua realizzazione si prevedono, quindi, le seguenti opere ed infrastrutture:

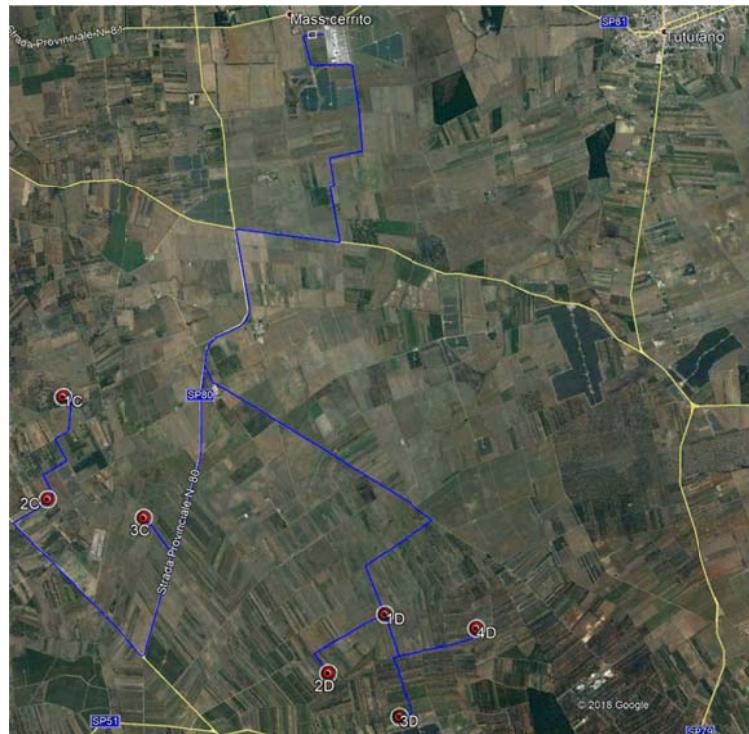
- ✓ Opere Civili: comprendenti l'esecuzione dei plinti di fondazione delle macchine eoliche, la realizzazione delle piazzole degli aerogeneratori, la posa in opera della stazione di trasformazione utente completa di basamenti e cunicoli per le apparecchiature elettromeccaniche, l'adeguamento/ampliamento della rete viaria esistente nel sito e la realizzazione della viabilità di servizio interna all'impianto. Unitamente alle opere di regimentazione idraulica e consolidamento ove necessarie, la realizzazione delle vie cavo interrato.
- ✓ Opere impiantistiche: comprendenti l'installazione degli aerogeneratori e l'esecuzione dei collegamenti elettrici in cavidotti interrati tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione utente dell'energia elettrica prodotta e la realizzazione delle opere elettromeccaniche BT/MT/AT in cabina e l'elettrodotto in alta tensione.

Tutte le opere in conglomerato cementizio armato (prefabbricate o gettate in opera) e quelle a struttura metallica saranno progettate e realizzate secondo quanto prescritto dalle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) e successive circolari esplicative.

Gli impianti elettrici saranno progettati e realizzati nel pieno rispetto delle norme CEI vigenti.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori sarà raccolta dalla sottostazione utente, dotata di trasformatore MT/AT, da realizzarsi adiacente alla stazione di consegna Terna e connessa con quest'ultima "in antenna" tramite apposito elettrodotto, come da soluzione di connessione indicata da Terna.





*Inquadramento dell'impianto su ortofoto*

### 3. DISPOSIZIONI LEGISLATIVE

#### 3.1. *Normativa italiana*

Il panorama italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla Legge n. 36 del 22/2/01, legge quadro sulla protezione delle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8/7/2003 e del D.M. 29/05/2008.

La legge n. 36 del 22/02/2001 "Legge quadro sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", pubblicata su G.U. n. 55 del 7 Marzo 2001, è finalizzata ad:

- assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazioni dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici nel rispetto dell'art. 32 della Costituzione;
- assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio e promuovere l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento colte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

Nel 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 dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. In particolare, agli articoli 3 e 4, vengono individuate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

- *"Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti non deve essere superato il limite di esposizione di 100 mT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" (art. 3, comma 1);*
- *"A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 mT, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio (art. 4)".*



- "L'obiettivo di qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 mT , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio."

**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.

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 bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz) definiti dal DPCM 08/07/03 sono riportati nella tabella seguente:

**Tabella 2:** Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	



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

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

In base alla norma CEI 11-17 il campo elettrico dovuto a cavi elettrici schermati si ritiene trascurabile, mentre per i metodi di calcolo dei campi magnetici, si può fare riferimento alla norma CEI 211-4 relativa alle linee aeree, ma utilizzabile anche nel caso di cavi sotterranei.

La norma CEI EN 50443 (classificazione CEI 9-139), che sostituisce la norma CEI 304-1 abrogata, stabilisce le procedure per la valutazione delle interferenze, le distanze di interferenza da considerare, i limiti delle tensioni dovute alle interferenze elettromagnetiche e eventuali provvedimenti di mitigazione degli effetti dell'interferenza di linee ad alta tensione ma applicabile anche al caso di linee in MT oggetto del presente studio.

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto trasferisce alla rete di trasmissione nazionale la massima produzione. Questa ipotesi conduce a valutazioni conservative con riferimento all'intensità massima della induzione magnetica esistente.

### **3.2. Normativa italiana CEI**

La costruzione ed esercizio della centrale elettrica, così come riportato negli elaborati tecnici di progetto, sarà eseguita secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché, per la parte di connessione alla rete, secondo le disposizioni normative di Terna e dell'Enel Distribuzione S.p.A..





Consulenza: **Atech srl**

Proponente: EN.IT srl

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico costituito da 7 turbine e relative opere di connessione da realizzarsi nel comune di Brindisi, Mesagne e Cellino San Marco

La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della citata Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", dalla quale sono state tratte tutte le ipotesi di calcolo.



#### 4. IL CAMPO ELETTRICO E MAGNETICO DI UN PARCO EOLICO

I campi a frequenze basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio degli impianti eolici, 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, 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 elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche e la loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m). L'intensità dei campi è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Essi vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

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. I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

L'algoritmo di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generati da una linea elettrica composta da un certo numero di conduttori è dettato dalla norma CEI 211-4.

Il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità di carica costante può essere espresso come:

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

Con

$\lambda$  = densità lineare di carica sul conduttore;

$\epsilon_0$  = permittività del vuoto;

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

$\vec{u}_r$  = versore unitario con direzione radiale al conduttore.

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori cilindrici, rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette  $(x_i, y_i)$  le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali del campo elettrico prodotto nel punto dello spazio  $(x, y)$  dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$E_x = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[ \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$



$$E_y = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \sum_i \lambda_i \left[ \frac{y - y_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \frac{y + y_i}{(x - x_i)^2 + (y + y_i)^2} \right]$$

L'algoritmo di calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge di Biot-Savart che consente di calcolare in un punto generico dello spazio il valore dell'induzione magnetica B prodotta da un conduttore rettilineo percorso da una corrente I attraverso la:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi d} \cdot \vec{u}_i \vec{u}_r$$

Con

$\mu_0$  = permeabilità magnetica del vuoto;

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;

$\vec{u}_i$  e  $\vec{u}_r$  = versori unitari rispettivamente per il verso della corrente e della relativa normale.

Sviluppando la relazione precedente per un insieme di N conduttori cilindrici, rettilinei, orizzontali e paralleli fra loro, e dette  $(x_i, y_i)$  le coordinate del conduttore i-esimo, le componenti x e y totali dell'induzione magnetica generata nel punto dello spazio  $(x, y)$  dall'intera configurazione di conduttori possono essere espresse attraverso le seguenti relazioni:

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{x - x_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

Con le relazioni su esposte è possibile calcolare i valori di campo elettrico e campo magnetico generati da linee aeree ed interrate. Tuttavia nel caso di linee interrate la valutazione vale solo per il campo magnetico, in quanto, in linea con quanto espresso dalla norma CEI 211-4, il campo elettrico per linee in cavo interrato può essere considerato trascurabile per la presenza degli schermi dei cavi, del terreno e dei materiali costituenti le trincee e i cunicoli dei cavidotti.



## 5. CARATTERISTICHE DELLE COMPONENTI ELETTRICHE DEL PROGETTO

La soluzione tecnica di connessione, prevede che l'impianto sia allacciato alla rete di Distribuzione tramite un collegamento in antenna con la sezione a 150 kV della stazione elettrica a 380 kV denominata "Brindisi Sud". Il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della centrale costituirà impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo a 150 kV nella stazione elettrica a 380 kV costituirà impianto di rete.

### 5.1. Caratteristiche del cavo MT

Come illustrato nella relazione di *calcolo preliminare degli impianti elettrici* allegata al progetto definitivo le caratteristiche del cavo interrato individuato saranno le seguenti:

- Cavo di tipo ARE4H5E, le cui caratteristiche di resistenza, reattanza e portata con posa interrata a trifoglio sono illustrate nella seguente tabella.

CAVO		ARE4H5E COMPACT (alluminio)		
SEZIONE [mmq]	RESISTENZA Al [ $\Omega/m$ ]	REATTANZA [ $\Omega/m$ ]	PORTATA a trifoglio [A]	
50	0,00083	0,00015	175	
70	0,00058	0,00014	213	
95	0,000416	0,00013	255	
120	0,000333	0,00013	291	
150	0,00027	0,00012	324	
185	0,000218	0,00012	368	
240	0,000168	0,00011	426	
300	0,000136	0,00011	480	
400	0,000109	0,00011	549	
500	0,000089	0,0001	624	
630	0,0000739	0,000099	709	

I cavi MT sono suddivisi in 3 linee distinte che si collegano alla sottostazione utente, inoltre sono disposti in entra-esce sugli aerogeneratori per diminuire la lunghezza complessiva degli stessi.



Sono stati inoltre dimensionati i seguenti tratti in modo tale che siano in grado di trasportare le relative potenze rispettando sia il criterio elettrico che quello termico.

Descrizione Tratto	Lunghezza [m]	Potenza in transito [MW]
WTG 1C-2C	1430	6
WTG 2C-3C	3840	6
WTG 3C-SSE	8100	18
WTG 3D-2D	2225	6
WTG 4D-1D	1720	6
WTG 2D-1D	1000	12
WTG 1D-SSE	9890	24

Pertanto a seguito delle verifiche condotte le linee MT del parco eolico avranno dunque le seguenti dimensioni:

Descrizione Tratto	Lunghezza [m]	Sez. conduttore [mmq]
WTG 1C-2C	1430	95
WTG 2C-3C	3840	95
WTG 3C-SSE	8100	500
WTG 3D-2D	2225	185
WTG 4D-1D	1720	95
WTG 2D-1D	1000	185
WTG 1D-SSE	9890	500

### 5.1. Caratteristiche del cavo AT

Come riportato nella *relazione preliminare di calcolo degli impianti*, il dimensionamento del cavo è stato effettuato per una capacità massima pari a 250 MW, idoneo per il trasporto dell'energia prodotta dall'impianto eolico nonché da eventuali ulteriori progetti che condividano stallo e stazione utente. È pertanto previsto un elettrodotto in cavo interrato dalla lunghezza prevista di circa 100 m con le seguenti caratteristiche:



### CARATTERISTICHE DI COSTRUZIONE

Materiale del conduttore	Aluminum
Isolamento	XLPE (chemical)
Tipo di conduttore	A 6 settori riuniti
Guaina metallica	Alluminio termofuso

### CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

Diametro del conduttore	48,9mm
Sezione del conduttore	1600mm <sup>2</sup>
Spessore del semi-conduttore interno	2,0mm
Spessore medio dell'isolante	15,8mm
Spessore del semi-conduttore esterno	1,3mm
Spessore guaina metallica, approx	,6mm
Spessore guaina	4,0mm
Diametro esterno nom.	100,0mm
Sezione schermo	180mm <sup>2</sup>
Peso approssimativo	10kg/km

### CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Max tensione di funzionamento	170kV
Messa a terra degli schermi - posa a trifoglio	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa a trifoglio	1130A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa a trifoglio	970A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa a trifoglio	1630A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa a trifoglio	1295A
Messa a terra degli schermi - posa in piano	assenza di correnti di circolazione
Portata di corrente, cavi interrati a 20°C, posa in piano	1225A
Portata di corrente, cavi interrati a 30°C, posa in piano	1050A
Portata di corrente, cavi in aria a 30°C, posa in piano	1895A
Portata di corrente, cavi in aria a 50°C, posa in piano	1515A
Massima resistenza el. del cond. a 20°C in c.c.	0,019Ohm/km
Capacità nominale	0,3µF / km



## 6. ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

L'impatto elettromagnetico relativo al parco eolico in progetto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica, è legato:

- **alla trasformazione BT/MT interna alle turbine;**
- **alla realizzazione del cavidotto MT interrato di collegamento tra gli aerogeneratori;**
- **alla realizzazione del cavidotto MT interrato di collegamento tra gli aerogeneratori e la sottostazione di trasformazione.**

### 6.1. Cavo MT interrato

Come si evince dalle tavole di progetto, il cavidotto percorrerà strade pubbliche e private, rimanendo sempre distante da zone abitate; i fabbricati presenti si trovano comunque a distanze relativamente considerevoli dal tracciato degli scavi.

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

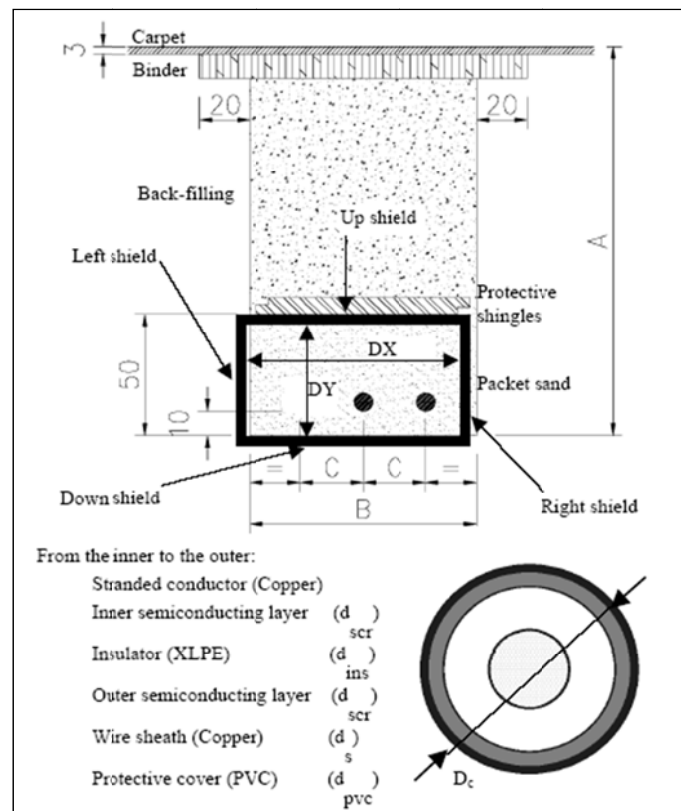
- distanza dalle sorgenti (conduttori);
- intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- presenza di sorgenti compensatrici;
- suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo. I valori di campo magnetico risultano, inoltre, essere notevolmente abbattuti mediante interrimento degli elettrodotti. Questi vengono posti a circa 1,0 – 1,2 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento produttivo. I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza. Tra i vantaggi collegati all'impiego dei cavi interrati c'è da considerare che i valori di intensità di campo magnetico



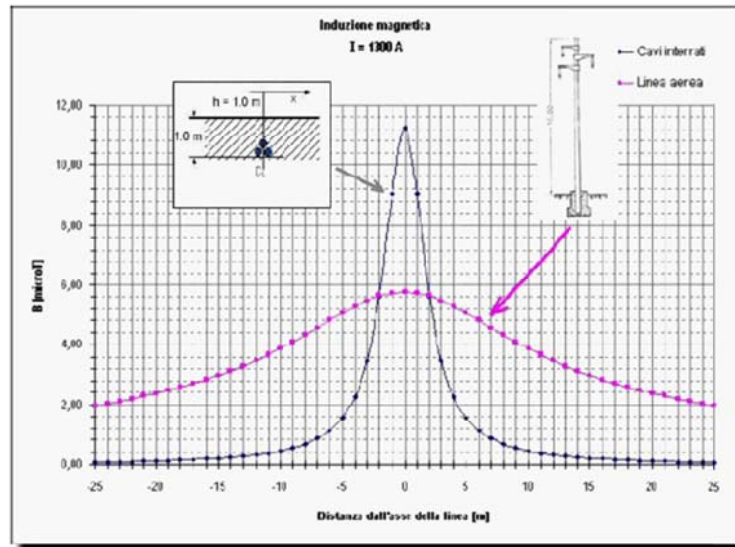
decregono molto più rapidamente con la distanza. Tra gli svantaggi ci sono problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione). Altri metodi con i quali ridurre i valori di intensità di campo elettrico e magnetico possono essere quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto questi sono isolati con delle membrane isolanti.

Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si rileva che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata.

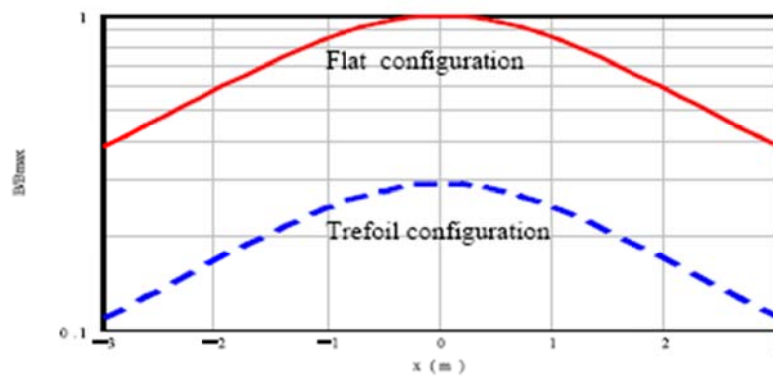


Rappresentazione schematica di un cavidotto interrato: caratteristiche geometriche, configurazione, schermatura

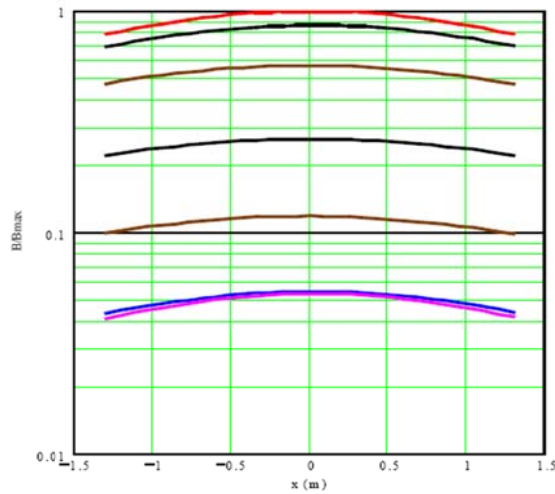




Attenuazione dell'induzione magnetica dovuta all'interramento dei cavi



Attenuazione dell'induzione magnetica dovuta all'utilizzo di cavidotti con cavi in configurazione planare o trifase



### *Attenuazione dell'induzione magnetica con la distanza per effetto della schermatura*

Tutti gli impianti in bassa e media tensione saranno realizzati secondo le prescrizioni della norma CEI 11-1 con particolare riferimento alla scelta dei componenti della disposizione circuitale, degli schemi elettrici, della sicurezza di esercizio. *Più in generale, le modalità di connessione saranno conformi alle disposizioni tecniche emanate dall'autorità per l'energia elettrica e il gas, al Gestore della rete di distribuzione ed in completo accordo con disposizioni e consuetudini tecniche del GdR e con le regole tecniche di connessione previste dal GSE.*

#### **6.1.1. Risultati del calcolo del campo magnetico dei cavidotti interrati**

Considerando:

- la tipologia di posa dei cavi previsti in progetto,
- la tipologia di cavidotto definito in progetto: trifase unipolare, si è stimato il valore del campo elettromagnetico, o più precisamente le distanze minime dal cavidotto che garantiscono il rispetto dei limiti normativi, mediante le formule matematiche per il calcolo del campo magnetico. Il valore del campo magnetico indotto dipende dal valore di corrente elettrica che attraversa il conduttore, pertanto per il calcolo del valore del campo magnetico si è preso in considerazione la linea elettrica interrata destinata al trasporto dell'energia elettrica prodotta dall'intero impianto, ossia si è considerato il cavidotto che raccoglie tutta la energia elettrica prodotta dal parco eolico (caso peggiore dal punto di vista dell'induzione di campi elettromagnetici), e disposizione dei conduttori ai vertici di un triangolo equilatero.



L'equazione per conduttori trifase disposti a triangolo (che rappresenta la scelta progettuale adottata) è la seguente:

$$B = \frac{0.245 * I * S}{2D}$$

Dove:

- B è il campo magnetico, espresso in  $\mu T$ , generato alla distanza D espressa in metri;
- S è la distanza tra i conduttori che, nel caso di posa a trefolo, si può assumere pari a non più di 0,1 m;
- I è il valore mediano della corrente che circola nei conduttori, espressa in Ampere;

Dalla formula precedente è facile ricavare:

$$D = \frac{0.245 * I * S}{2B}$$

**È evidente che il campo elettromagnetico si attenui all'aumentare della distanza D, dunque è immediato determinare la distanza D alla quale si riscontrano i limiti di legge.**

Con riferimento alla tavola "Schema elettrico" del progetto definitivo la Linea 1 e la Linea 2 sono quelle che trasportano la corrente maggiore, in quanto collegano ciascuna quattro WTG.

Pertanto la massima corrente di impiego in regime stazionario di ciascuna delle due Linee suddette sarà pari a:

$$I_b = \frac{P}{\sqrt{3} V_n \cos \varphi} = 368 \text{ A}$$

Dove:

- P: potenza attiva transitante sulla linea pari a 17,2 MW (4,3 MW x 4)
- $V_n$ : tensione nominale (V) pari a 30 KV
- $\cos \varphi$ : fattore di potenza (ipotizzato a 0.9)

La corrente massima complessivamente circolante nella Linea 1 e nella Linea 2 è 368 A.



Dunque in corrispondenza del valore massimo della corrente, cioè quando tutti gli aerogeneratori sono alla massima produzione si otterrebbe:

1.  $B = 100 \mu T$  in corrispondenza di  $D = 0,0451 m$
2.  $B = 10 \mu T$  in corrispondenza di  $D = 0,451 m$
3.  $B = 3 \mu T$  in corrispondenza di  $D = 1,50 m$ .

La corrente massima complessivamente circolante nella Linea 1 è 276 A.

Dunque in corrispondenza del valore massimo della corrente, cioè quando tutti gli aerogeneratori sono alla massima produzione si otterrebbe:

1.  $B = 100 \mu T$  in corrispondenza di  $D = 0,0338 m$
2.  $B = 10 \mu T$  in corrispondenza di  $D = 0,338 m$
3.  $B = 3 \mu T$  in corrispondenza di  $D = 1,13 m$ .

### **6.1.2. Analisi dei risultati ottenuti**

Come mostrato, l'intensità del campo magnetico calcolata sull'asse del cavidotto ed in tutte le situazioni esaminate ed a tutte le distanze e quote considerate fuori terra è inferiore al limite dei 3 mT che il DPCM 8 Luglio 2003 fissa come obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti.

Alla luce dei risultati ottenuti ed illustrati si evince come i tratti di cavidotto interrato esaminati nella presente relazione rispettino le soglie di attenzione indicate negli articoli 3 e 4 del DPCM 8 Luglio 2003 e nel successivo DM 29 maggio 2008 recepiti nella L. R. n. 25 del 9 Ottobre 2008.

## **7. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI PRODOTTI DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI**

Con riferimento all'impatto prodotto dai campi elettromagnetici, si è avuto modo di porre in risalto che non si ritiene che si possano sviluppare effetti elettromagnetici dannosi per l'ambiente o per la popolazione derivanti dalla realizzazione dell'impianto. Non si riscontrano effetti negativi sul personale, anche perché la gestione dell'impianto non prevede la presenza di personale durante l'esercizio ordinario se non durante le operazioni di manutenzione che comunque determineranno la permanenza del personale solo per brevi periodi e, quasi sempre, ad impianto fermo. Da quanto riportato nei precedenti paragrafi, nonché nei calcoli sopra eseguiti, risulta evidente che i campi generati sono tali da rientrare nei limiti di legge e che la probabilità dell'impatto è da considerarsi



quasi del tutto trascurabile. Altresì, le frequenze elettromagnetiche sono estremamente basse (50-300 Hz) e quindi, di per sé, assolutamente innocue. Inoltre la tipologia di installazione garantisce una riduzione del campo magnetico ed un decadimento dello stesso nello spazio con il quadrato della distanza dalla sorgente.

E' evidente che se il cavidotto fosse posato a profondità maggiore di 1,50 m l'obiettivo di qualità relativamente alle emissioni elettromagnetiche sarebbe sempre verificato.

Nel nostro caso poiché il cavidotto è posato ad 1 m di profondità si ha che il limite di 3  $\mu$ T è superato all'interno di una fascia ampia 2,24 m a cavallo dell'asse di posa del cavidotto relativamente alle Linee 1 e 2, e ampia 1,05 m relativamente alla Linea 3.

In ogni caso si rammenta che i valori massimi di corrente si avranno solo durante le ore in cui la produzione è massima, ovvero in meno del 10% del tempo di funzionamento annuo.

Ai sensi della normativa vigente, come descritto nei precedenti capitoli, pertanto, solo all'interno della suddetta fascia sarebbe preclusa la realizzazione di "ambienti abitativi, scolastici e luoghi adibiti a permanenze prolungate", circostanza di fatto non realizzabile in quanto il cavidotto sarà posato in zone agricole, al margine di viabilità esistenti e/o da realizzare.

Come massima cautela per le persone il proponente si dichiara disponibile ad interrompere la produzione in caso di presenza continuativa di personale in occasione di eventuali futuri lavori sulla carreggiate interessate dai cavidotti.

