



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



PROVINCIA DI SASSARI

REGIONE SARDEGNA  
PROVINCIA DI SASSARI

PARCO EOLICO MISTRAL (35 MW)  
NEI COMUNI DI LUOGOSANTO,  
TEMPIO PAUSANIA E AGLIENTU



Valutazione Impatto Elettromagnetico

DATA	REVISIONE
Dicembre 2023	Valutazione di Impatto Ambientale

PROGETTISTI:  
Ing. Samuele Viara

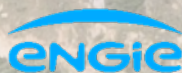
ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI CUNEO  
A1949 Dott. Ing. Samuele Viara

Dott. For. Giorgio Curetti



Giorgio Curetti

SOCIETA' PROPONENTE:  
ENGIE MISTRAL S.r.l  
Via Chiese 72  
20126 Milano (MI)  
C.F e P.IVA 13054420966  
REA MI-2700957



ELABORATO  
01W.R.08

## Sommario

1. Premessa .....	2
2. SOCIETA' PROPONENTE .....	3
3. INDICAZIONI GENERALI .....	4
4. Normativa .....	6
5. L'IMPIANTO .....	6
• Induzione magnetica dei conduttori in MT interrati.....	8
• Induzione magnetica degli aerogeneratori.....	11
• Campi elettrici.....	11
6. Conclusioni .....	11

## 1. Premessa

La società **Engie Mistral Srl**, d'ora in avanti il Proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nella provincia del Sassari, in agro del comune di TEMPIO PAUSANIA, LUOGOSANTO E AGLIENTU (solo per la parte di connessione).

L'impianto, denominato parco eolico "Mistral", sarà costituito da n.5 aerogeneratori di potenza unitaria nominale fino a 7 MW, per una potenza installata fino a 35 MW.

Data la potenza dell'impianto, superiore ai 10.000 kW, il servizio di connessione sarà erogato in alta tensione (AT), ai sensi della Deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 23 luglio 2008 n.99 e s.m.i.

Gli aerogeneratori producono energia elettrica in bassa tensione (690V) e sono pertanto dotati di un trasformatore MT/BT ciascuno, alloggiato all'interno dell'aerogeneratore stesso e in grado di elevare la tensione a quella della rete del parco. Quest'ultima è costituita da un elettrodotto interrato in media tensione (36kV), tramite il quale l'energia elettrica viene convogliata dall'impianto, attraverso un collegamento in antenna a 36 kV, ad una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150/36 kV da inserire in entra - esce alla linea RTN a 150 kV "Aglientu - S. Teresa", previa realizzazione dei seguenti interventi previsti dal Piano di Sviluppo Terna:

- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV in GIS denominata "Buddusò";
- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV denominata "Santa Teresa";
- nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150 kV in GIS denominata "Tempio";
- nuovo elettrodotto di collegamento della RTN a 150 kV tra la SE Santa Teresa e la nuova SE Buddusò.

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 36 kV per il collegamento dell'impianto sulla Stazione Elettrica della RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

Le opere progettuali sono quindi sintetizzate nel seguente elenco:

- parco eolico composto da 5 aerogeneratori, da 7 MW ciascuno, con torre di altezza fino a 115 m e diametro del rotore fino a 170 m, e dalle relative opere civili connesse quali, le strade di accesso, piazzole e fondazioni;
- impianto di utenza per la connessione alla RTN, consistente in un collegamento in antenna

---

a 36 kV, ad una nuova Stazione Elettrica (SE) della RTN a 150/36 kV da inserire in entrata – esce alla linea RTN a 150 kV “Aglientu – S. Teresa”

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) ed in quanto tali sono indifferibili ed urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente “Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l’11 dicembre 1997” e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n.387 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità” e s.m.i.

Scopo del presente documento è stimare le emissioni elettro-magnetiche connesse all’esercizio del parco eolico “Mistral”, che la società Engie Mistral Srl propone di realizzare in agro del comune di TEMPIO PAUSANIA e LUOGOSANTO e AGLIENTU (SS), definendo eventuali fasce di rispetto dalle componenti dell’impianto.

## 2. SOCIETA’ PROPONENTE

**ENGIE MISTRAL srl**, è una Società del Gruppo **ENGIE**, creata esclusivamente per questo progetto.

### **ENGIE Rinnovabili S.p.A.**

- Viale Giorgio Ribotta, 31
- 00144 Roma – Italia
- Tel. +39 06 310321 - Fax +39 06 31032661
- Capitale sociale 200.000,00 euro i.v.
- Codice Fiscale e Partita IVA n°05246990484
- REA n° 1189775
- Società con unico azionista sottoposta all’attività di direzione e coordinamento di ENGIE SA
- PEC: engierinnovabili@legalmail.it

Il gruppo francese Engie, di cui la società proponente del progetto Engie Rinnovabili S.p.A. fa parte, (di seguito “Engie” o il “Gruppo” o il “Proponente”) è presente nel mondo con oltre 100.000 dipendenti e si pone come obiettivo quello di accelerare la transizione, verso un’economia carbon-neutral, attraverso soluzioni che riducono il consumo di energia e rispettano l’ambiente.

---



Engie è presente in Italia con circa 3.400 collaboratori, 1 milione di clienti ed oltre 60 uffici dislocati sul territorio nazionale. Il gruppo Engie offre servizi in campo energetico attraverso:

- lo sviluppo di soluzioni e infrastrutture energetiche distribuite con l'obiettivo di diventare leader nel processo di decarbonizzazione per i clienti tipo pubbliche amministrazioni, residenziali ed imprese;
- la generazione elettrica e la vendita di energia e gas ai clienti finali con l'obiettivo di consolidare ed innovare la presenza nel settore upstream "Heat & Power", nello sviluppo dell'idrogeno ed accrescere il portafoglio dei singoli consumatori su fornitura gas, elettricità e servizi;
- lo sviluppo di impianti di generazione da fonte rinnovabile utility scale con l'obiettivo di triplicare la capacità rinnovabile installata entro il 2025 passando dagli attuali 500 MWe installati grazie a più di 20 impianti tra eolici e fotovoltaici, ad oltre 1GWe.

### 3. INDICAZIONI GENERALI

Si definisce campo elettrico una regione dello spazio soggetta ad una forza di tipo elettrico, dovuta alla presenza di cariche elettriche; in tale regione una particella carica elettricamente risulta sottoposta a una forza di attrazione o repulsione.

Il campo magnetico è invece una regione dello spazio soggetta ad una forza di tipo magnetico, causata da un magnete o dal passaggio di una corrente elettrica in un conduttore; all'interno di un campo magnetico un dipolo magnetico è soggetto a una forza di rotazione (momento) che tende a modificarne l'orientamento nello spazio.

Un campo elettromagnetico è il risultato della concatenazione di un campo elettrico e di un campo magnetico generati da un campo (elettrico o magnetico) variabile nel tempo; i campi elettromagnetici hanno la proprietà di diffondersi nello spazio e di trasportare energia e sono usualmente rappresentati sotto forma di onde con determinata frequenza (numero di oscillazioni al secondo).

I campi elettromagnetici sono usualmente classificati secondo la frequenza in:

- Campi a Frequenza Estremamente Bassa, detti ELF (Extremely Low Frequency), da 30 a 300 Hz;
- Campi a Radiofrequenza, detti RF, da 300 kHz a 300 MHz;
- Microonde, da 300 MHz a 300 GHz.

I campi generati dagli elettrodotti sono caratterizzati dalla cosiddetta frequenza industriale (50Hz) e pertanto appartengono alla prima categoria (ELF). Per essi non si parla usualmente di campi elettromagnetici ma, separatamente, di campi elettrici e campi magnetici. Ciò è dovuto al fatto che, a frequenze così basse, le principali proprietà dei campi elettromagnetici, cioè la concatenazione dei campi e la capacità di irradiarsi nello spazio, vengono a mancare. Il campo elettrico e quello magnetico hanno pertanto proprietà, e assumono valori, indipendenti l'uno dall'altro e, inoltre, esauriscono in massima parte i loro effetti a distanza limitata dalla sorgente.

L'intensità del campo elettrico, generalmente indicata con la lettera E, si esprime in Volt per metro (V/m), generato dagli elettrodotti, mantiene livelli stabili nel tempo in una data posizione spaziale e dipende da diversi fattori:

- dalla tensione della linea (cresce al crescere della tensione);
- dalla distanza dalla linea (decresce allontanandosi dalla linea);
- dall'altezza dei conduttori da terra (decresce all'aumentare dell'altezza).

L'intensità del campo magnetico è indicata con la lettera H ed è espressa in Ampere per metro (A/m); oltre a tale unità di misura è frequentemente utilizzata la grandezza "induzione elettromagnetica", indicata con la lettera B ed espressa usualmente in Tesla (T) o microTesla ( $\mu$ T). Tale grandezza è correlata alla permeabilità magnetica del mezzo attraversato. Nei mezzi isotropi B e H assumono lo stesso valore: poiché la permeabilità magnetica dell'aria e del corpo umano sono uguali, nelle valutazioni che hanno attinenza con la salute umana i due termini sono usati indifferentemente.

I livelli di campo magnetico variano nel tempo in funzione della variazione di corrente, infatti la sua intensità dipende:

- dalla corrente che scorre lungo i fili conduttori delle linee (aumenta con l'intensità di corrente sulla linea);
- dalla distanza dalla linea (decresce allontanandosi dalla linea);
- dall'altezza dei conduttori da terra (decresce all'aumentare dell'altezza).

---

## 4. Normativa

La Legge n.36 del 22 febbraio 2001 è indirizzata alla tutela della salute della popolazione e dei lavoratori dai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati da qualsiasi impianto che operi nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 300 GHz e che emetta in ambiente esterno o in ambiente interno. La tutela della salute viene conseguita attraverso la definizione di tre differenti livelli: limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità. Il DPCM 08/07/2003 disciplina, a livello nazionale, in materia di esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz) generati dagli elettrodotti, fissando:

- i limiti per il campo elettrico (5 kV/m);
- i limiti per l'induzione magnetica (100  $\mu$ T);
- i valori di attenzione (10  $\mu$ T) e gli obiettivi di qualità (3  $\mu$ T) per l'induzione magnetica;

Il decreto prevede, inoltre, la determinazione di distanze di rispetto dalle linee elettriche, definibili come il luogo dei punti circostanti la fonte del campo magnetico caratterizzati da una induzione magnetica di intensità uguale all'obiettivo di qualità. La distanza di prima approssimazione (DPA), è definibile come la proiezione in pianta di tale distanza di rispetto.

## 5. L'IMPIANTO

L'opera proposta non costituisce una sorgente di radiazioni ionizzanti. Per quanto riguarda le radiazioni non ionizzanti queste sono associate all'elettrodotto interrato in media tensione.

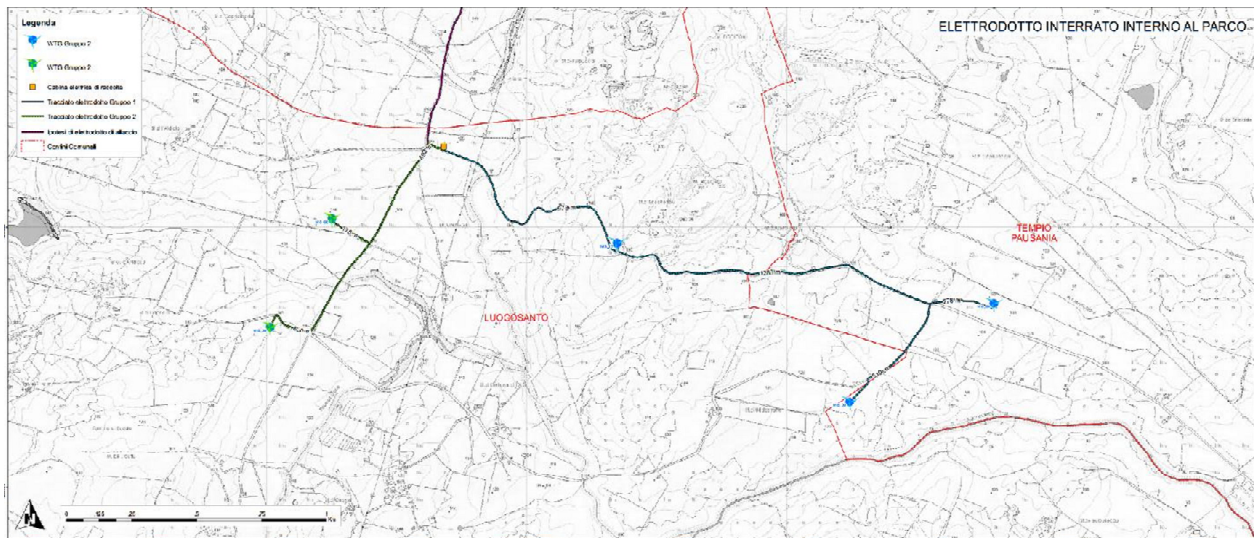
La soluzione prescelta per il collegamento alla rete elettrica nazionale è costituita da un elettrodotto interrato a 36 kV della lunghezza di circa 6.36 km. Si precisa che gli aerogeneratori saranno raggruppati in DUE sottocampi, i cavidotti interni al parco collegheranno gli aerogeneratori di ciascun sottocampo in configurazione "entra-esce" e ciascuno dei sottocampi sarà direttamente collegato ad una cabina di raccolta da cui partono due cavi da 400 mmq.

I conduttori avranno una lunghezza totale (somma del tratto interno al parco eolico e del tratto di connessione alla SSE) di 6,36 km per il cavidotto esterno all'impianto, 3,4 km per il sottocampo 1, 1,45 km per il sottocampo 2. La sezione dei conduttori è dimensionata per garantire la portanza di corrente di progetto e per mantenere la caduta di tensione al di sotto del 4%. Considerando di utilizzare cavi di tipo unipolare con conduttori in alluminio, isolati in XLPE, con guaina in polietilene (tipo ARE4H5E), tale obiettivo si ottiene con cavi di sezione come illustrato nella tabella seguente.

---

Il parco Mistral è dunque diviso in due sottogruppi. In tabella si riportano i dettagli:

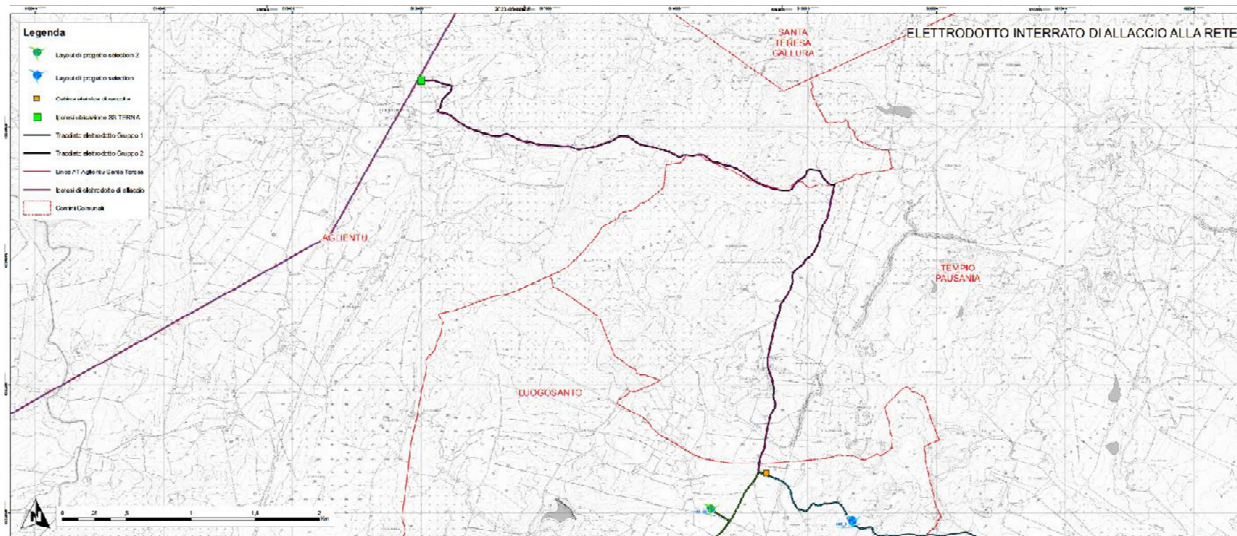
	TRATTO		LUNGHEZZA [m]	SEZIONE cavo [mmq]	POTENZA trasportata [MW]	In[A]
<b>SOTTOGRUPPO 1</b>	<b>MIS_03</b>	<b>MIS_04</b>	788	185	7	126
	<b>MIS_04</b>	<b>MIS_01</b>	1598	240	14	301
	<b>MIS_01</b>	<b>C.R.</b>	1012	240	21	301
<b>SOTTOGRUPPO 2</b>	<b>MIS_05</b>	<b>MIS_02</b>	795	185	7	126
	<b>MIS_02</b>	<b>C.R.</b>	668	240	14	301
<b>ESTERNO</b>	<b>C.R.</b>	<b>CONSEGNA</b>	6357	400	17,5	377



**Figura 1 – Tratto di cavidotto interrato interno al Parco Eolico Mistral**



Nella Figura seguente è riportato il tratto tra la C.R. Cabina di Raccolta e quella di Consegna in prossimità della Linea RTN a 150 KV "Santa Teresa - Aglientu".



**Figura 2 – Tratto di cavidotto interrato esterno al Parco Eolico Mistral, con indicazione delle Cabine di Raccolta e di Consegna, in prossimità della Linea AT a 150 KV**

I cavi in MT saranno direttamente interrati in trincee di sezione variabile compresa tra i 50 cm e 90 cm, rispettivamente per la posa da una a due terne di conduttori in parallelo, ad una profondità di scavo minima di 1,20 m, protetti inferiormente e superiormente con un letto di sabbia vagliata e compatta; la protezione superiore sarà costituita da piastre o da un elemento protettivo in resina. Tale protezione sarà opportunamente segnalata con cartelli o blocchi monitori, secondo i tipici illustrati nell'elaborato "01.W.D37 – Sezioni stradali e cavidotti – Sezioni Tipo" (Tipici di posa del cavidotto).

### • Induzione magnetica dei conduttori in MT interrati

Il cavidotto in media tensione sarà costituito da una o due terne di conduttori direttamente interrati in trincea con una profondità di scavo di 1,20 m. I conduttori saranno quindi posati a 1,10 m al di sotto del piano campagna.

La soluzione con cavi interrati permette di ridurre drasticamente i campi elettromagnetici emessi, annullando sostanzialmente il campo a pochi metri dal suolo grazie al potere schermante del terreno; per quanto riguarda l'induzione magnetica, l'effetto schermante risulta minore ma l'attenuazione aumenta molto rapidamente con la distanza.

Elettrodotto interrato in MT, singola terna:

In Tabella è riportato l'andamento dell'intensità del campo magnetico indotto da tre conduttori unipolari, in singola terna, di alluminio a 36 kV posati a trifoglio e di sezione 400 mmq, in funzione della distanza dai conduttori. Ai sensi della norma CEI 106-11, infatti, il campo magnetico indotto, per i conduttori in singola terna può essere stimato sulla base della formula semplificata:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * (S*I) / D^2$$

Dove:

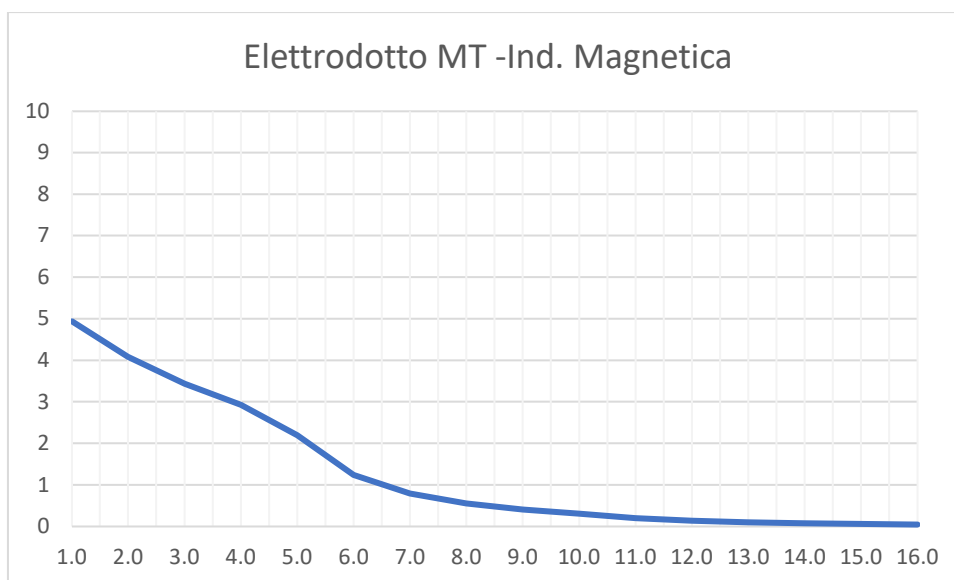
I è la corrente circolante nel conduttore espressa in ampere [A]

S è la distanza tra le fasi che, in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/2008, può essere considerata pari al diametro esterno dei cavi (conduttore + isolante)

D è la distanza del punto nel quale si desidera valutare il valore di campo magnetico indotto.

La massima corrente circolante nel conduttore considerata è pari a 377 A, corrispondente ad una potenza di 17,5 MW e una tensione di 36 kV. La distanza tra le fasi è ipotizzata pari al diametro esterno dei conduttori, ovvero 53,5 mm.

Come illustrato nel grafico seguente, il valore corrispondente agli obiettivi di qualità per l'induzione magnetica (pari a 3 µT), viene raggiunto ad una distanza di circa 1,26 m dai conduttori interrati; valore superiore alla profondità di posa dei conduttori di 1,1 m.



DISTANZA (m)	CAMPO MAGNETICO (microT)
0.5	19.76199542
1	4.940498337
1.1	4.083056905
1.2	3.430901983
1.3	2.923372104
1.5	2.195777269
2	1.235124714
2.5	0.790479817
3	0.548944317
3.5	0.403306029
4	0.308781178
5	0.197619954
6	0.137236079
7	0.100826507
8	0.077195295
9	0.060993813
10	0.049404989

Tale valore può essere convertito in distanza orizzontale dal centro dell'elettrodotto valutata al suolo ( $h=0$ ) mediante la formula semplificata:

$$Dx = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2}$$

dove:

I è la corrente circolante nel conduttore espressa in ampere [A]

S è la distanza tra le fasi che, in analogia a quanto previsto dal DM 29/05/2008, può essere considerata pari al diametro esterno dei cavi (conduttore + isolante)

d è la distanza verticale tra l'asse dell'elettrodotto interrato e il piano campagna.

Ne risulta che al suolo a una distanza orizzontale maggiore o uguale a 0,62 m dall'asse dell'elettrodotto la condizione di  $B < 3 \mu T$  è soddisfatta. La DPA in questo caso assume il valore dell'intero immediatamente superiore, come indicato nel paragrafo 5.1.2 della guida allegata al DM del 29/05/2008, ed è dunque pari 1 m.

#### Elettrodotto interrato in MT, doppia:

L'equazione semplificata utilizzata per il calcolo del campo magnetico generato da conduttori in singola terna non è valida per il caso in cui si abbiano due o più terne di conduttori parallele.

In tali casi, per il calcolo dell'andamento del campo magnetico in funzione della distanza, si è utilizzato il software "MAGIC BESHielding" per una linea composta da due terne di cavi unipolari interrati posati a trifoglio, quali quelli riportati nella Tabella relativa alla suddivisione dei campi dell'Impianto eolico descritta in precedenza. La distanza orizzontale per la quale il campo magnetico al suolo ( $h=0$  m) raggiunge gli obiettivi di qualità ( $3 \mu T$ ) è circa di 1,2 m, per la doppia terna. La DPA in questo caso assume il valore dell'intero immediatamente superiore, come indicato nel paragrafo 5.1.2 della guida

allegata al DM del 29/05/2008, ed è dunque pari 2 m.

I conduttori sono di sezione 400 mmq posati a trifoglio in 2 terne parallele, distanziate tra loro 0,20 m. Anche in questo caso la massima corrente circolante nel conduttore considerata è pari a 377 A, corrispondente ad una potenza di 17,5 MW (sottocampo di taglia massima) e una tensione di 36 kV. Il diametro esterno dei conduttori è 53,5 mm.

### • **Induzione magnetica degli aerogeneratori**

Per quanto concerne gli aerogeneratori, la generazione di campi magnetici è legata al generatore elettrico BT e al trasformatore MT/BT ubicati all'interno della navicella. Il campo magnetico prodotto da questi due componenti risulta quindi totalmente trascurabile, in virtù dell'altezza alla quale la navicella è collocata, ovvero superiore a 100 m dal suolo. Per le altre componenti elettriche interne agli aerogeneratori, caratterizzate da soli quadri elettrici e non da trasformatori, si può far riferimento a quanto stimato in precedenza per il cavidotto MT, ottenendo perciò valori al di sotto dell'obiettivo di qualità imposto dalla normativa a distanze dell'ordine del metro, e dunque interne al perimetro della torre dell'aerogeneratore.

### • **Campi elettrici**

Il cavidotto in media tensione interrato, sarà dotato di schermatura o di massa metallica direttamente collegata all'impianto di terra. Si può quindi affermare che i componenti dell'impianto saranno a potenziale nullo (potenziale di terra pari a zero), e di conseguenza in grado di schermare totalmente i campi elettrici.

## **6. Conclusioni**

Dall'analisi condotta si può concludere che i valori di induzione magnetica e dei campi elettrici generati dal parco eolico e dalle opere di connessione alla rete sono compatibili con i requisiti della normativa di riferimento. Si riassumono nella seguente tabella le DPA risultanti dalle analisi svolte:

	<b>DPA</b>
Elettrodotta interrato in MT singola terna	1 m
Elettrodotta interrato in MT doppia terna	2 m

Le distanze di prima approssimazione individuate non interferiscono in alcun punto con potenziali recettori. In particolare, all'interno delle DPA non si riscontrano luoghi adibiti alla presenza di persone per più di 4 ore, abitazioni, ambienti scolastici o aree di gioco per l'infanzia.