

Regione Autonoma  
della Sardegna



Provincia di Sassari

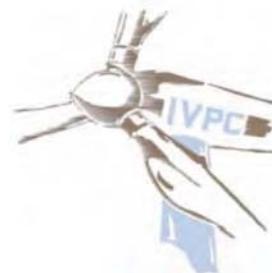


Comuni di



BESSEDE BORUTTA BONNANARO SILIGO

PROPONENTE



OPERA

*PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "Monte Pelao"*

OGGETTO

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE D.P.A.**

DATA: DICEMBRE 2022

N°/CODICE ELABORATO

SCALA: 1:10.000

Folder:

Tipologia: D(disegno)

Lingua: ITALIANO

N° REVISIONE

DATA

OGGETTO DELLA REVISIONE

ELABORAZIONE



# PARCO EOLICO MONTE PELAO.



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

**PROVINCIA DI SASSARI**



**COMUNI DI BESSUDE-BORUTA BONNANARO SILIGO**

**RELAZIONE CALCOLO CAMPI ELETTROMAGNETICI**

**REALIZZAZIONE PARCO EOLICO  
“MONTE PELAO”**

Ing. Gian Michele Tanda

## Sommario

PREMESSA .....	3
COMPOSIZIONE DELL'IMPIANTO .....	5
Caratteristiche aerogeneratori.....	6
Calcolo della DPA relativa all'elettrodotto di connessione aerogeneratori .....	6
Stazione di Utenza.....	15
Linea Elettrica Alta Tensione .....	15
Conclusioni .....	17



## PREMESSA

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto eolico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi per la realizzazione di un impianto eolico della potenza di 66MW di proprietà della "IVPC POWER 8 srl con sede legale in Vico Santa Maria a Cappella Vecchia, 11 80121 NAPOLI.

Per redigere la presente relazione, si sono tenuti in considerazione i documenti e la normativa italiana relativa alla protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici. In particolare ci si riferisce alla legge 22/2/01 n°36, 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.

In data 29 maggio 2008 il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare ha emanato il decreto "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" pubblicato sulla G.U. del 5 luglio 2008 n 156. Tale metodologia riportata nell'allegato, che costituisce parte integrante del decreto sopra citato, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08/07/03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee aeree e interrate, esistenti e in progetto.

Per fascia di rispetto s'intende lo spazio circostante di un elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del piano campagna, caratterizzati da un valore di induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Posto che l'obiettivo di qualità è definito da un valore d'induzione magnetica di  $3\mu\text{T}$ , calcolare la fascia di rispetto significa individuare il luogo dei punti caratterizzati da un valore di induzione magnetica pari a  $3\mu\text{T}$ . Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto il decreto prevede un procedimento semplificato ossia il calcolo della distanza di prima approssimazione. Tale procedimento consiste:

Nel determinare la fascia di rispetto tenendo conto della configurazione delle grandezze elettriche e geometriche dell'elettrodotto;

Proiettare verticalmente tale fascia sul suolo;

Comunicare l'estensione rispetto al centro linea e riportare tale distanza lungo tutto il tronco come prima approssimazione.

Per quanto riguarda il calcolo della DPA è possibile applicare quanto previsto dalla norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003" in cui si fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato valido per conduttori orizzontali paralleli.

Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003.

	Rev. 01 Red. GMT	N. Doc. All.	Pag. <b>3</b> a <b>18</b> Data 24/12/2022
---	------------------	--------------	---

<b>Intervallo di FREQUENZA (MHz)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)</b>	<b>DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m<sup>2</sup>)</b>
0.1-3	60	0.2	-
>3 – 3000	20	0.05	1
>3000 – 300000	40	0.01	4

Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.

<b>Intervallo di FREQUENZA (MHz)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)</b>	<b>Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)</b>	<b>DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m<sup>2</sup>)</b>
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

L'art. 4, invece, riporta i valori di immissione che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato

Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio 2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate

<b>Intervallo di FREQUENZA (MHz)</b>	<b>Valore efficace di intensita' di CAMPO ELETTRICO (V/m)</b>	<b>Valore efficace di intensita' di CAMPO MAGNETICO (A/m)</b>	<b>DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m<sup>2</sup>)</b>
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Lo scopo del calcolo della DPA è quello di verificare che all'interno di tale distanza non vi siano luoghi, esistenti o in progetto, destinati a permanenza maggiore di 4 ore. Se ciò si verifica il procedimento si conclude altrimenti sono necessarie ulteriori verifiche con calcoli più approfonditi e precisi delle fasce di rispetto.

## COMPOSIZIONE DELL'IMPIANTO

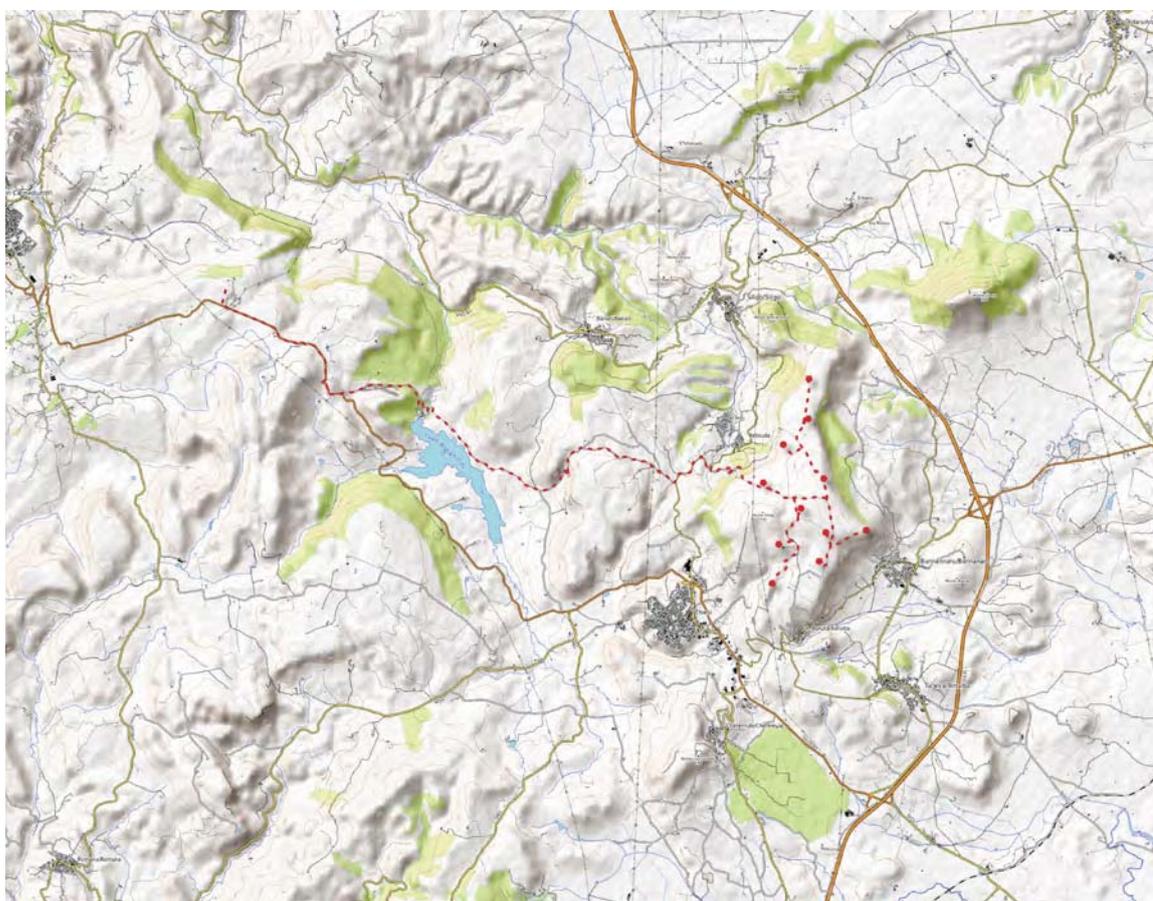
Il calcolo in esame riguarda un impianto Eolico della potenza complessiva di picco pari a 66 MWp costituito da n. 11 Aerogeneratori della potenza di 6,00 MW cadauno da installare all'interno dei territori del Comune di Bessude, Borutta, Bonnanaro e Siligo in Provincia di Sassari.

L'impianto fondamentale si compone dunque dagli Aerogeneratori, dalle linee di connessione tra questi a connettere le rispettive cabine e dall'elettrodotto di connessione sino alla Nuova Stazione elettrica Mt/AT al livello 36 KV sita in Comune di Ittiri (SS).

Il progetto del parco eolico in progetto prevede l'installazione di 11 aerogeneratori disposti secondo il layout d'impianto che, per le caratteristiche orografiche del terreno e per la direzione del vento dominante, risulta essere quello ottimale.

Sulla base dello studio anemologico, dei vincoli orografici, ambientali e infrastrutturali, si è proceduto alla localizzazione degli aerogeneratori, secondo la disposizione riportata nelle tavole di progetto, cui si rimanda.

L'energia prodotta da ciascun aerogeneratore verrà convogliata attraverso terne di cavidotti interrati opportunamente e dimensionati. È stata individuata la configurazione di allaccio, preferendo la realizzazione di un collegamento elettrico con punto di consegna presso la sottostazione in comune di Ittiri di cui si riporta uno stralcio nella immagine seguente.



## Caratteristiche aerogeneratori

Gli aerogeneratori scelti per il parco hanno potenza nominale pari a 6 KW e sono macchine del tipo ad asse orizzontale, con tre pale. Sono caratterizzati dalla regolazione del passo in modo da poter funzionare a velocità variabile così da ottimizzare stabilmente l'angolo di incidenza tra la pala ed il vento. Di seguito si riporta un sunto della descrizione degli aerogeneratori presente sulla relazione tecnica allegata.

La struttura di un aerogeneratore si può riassumere come segue:

- fondazione
- torre di sostegno
- navicella con organi di trasmissione e generazione
- rotore con pale per lo sfruttamento del vento

nella relazione tecnica di progetto allegato sono descritte nel dettaglio le caratteristiche degli aerogeneratori prescelti.

Gli aerogeneratori sono fissati su una torre di sostegno tubolare in acciaio costituita da tre o quattro tronconi, tra loro flangiati e imbullonati.

Questa torre è ancorata al terreno a mezzo di una fondazione in c.a. gettata in opera su una area realizzata con scavo della profondità di 4/5 metri dal piano di campagna.

Ai fini del calcolo delle DPA l'impianto si può agevolmente scomporre in due distinte parti e precisamente:

- Elettrodotti di connessione degli aerogeneratori al livello MT 30 kV
- SSE Utente 30/36kV
- Linea AT di Connessione alla Stazione Terna

## Calcolo della DPA relativa all'elettrodotto di connessione aerogeneratori

Al fine di rilevare i livelli di Campo Elettrico e di Induzione Magnetica, prodotti dalla utilizzazione dell'aerogeneratore, si deve prendere in considerazione:

Tipologia della linea;

- Livello di tensione;
- Numero di conduttori per ogni raggruppamento: terna;
- Numero di terne;
- Coordinate dei conduttori appartenenti alle terne;
- Caratteristiche dei conduttori appartenenti alle terne;
- Definizione della corrente;
- Valore della corrente nominale;
- Punto di osservazione



Il tipo di attività consiste nella produzione di energia elettrica grazie all'impiego di un generatore aeraleico composto da un rotore da 150 m. provvisto di tre pale in vetroresina, una turbina eolica, un trasformatore di tensione per la conversione BT/MT ed una torre tubolare di acciaio zincato. Le pale in vetroresina sono calettate direttamente sull'asse della turbina avente la funzione di trasformare l'energia cinetica, prodotta dalla rotazione imposta dal vento sui profili alari, in elettrica. Quest'ultima viene, poi, inviata, per mezzo di cavi elettrici di sezione adeguata, verso una sottostazione di trasformazione che realizza il passaggio dalla media alla alta tensione.

In particolare, le turbine eoliche sotto esame sono in numero di 11 da 6 MW ed in grado di sviluppare una potenza massima di 66 MW. L'impianto parco eolico è costituito da 11 aerogeneratori e cavidotto di collegamento a tensione 18/30 kV. Il gruppo di aerogeneratori è collegato attraverso una linea elettrica interrata a 30 kV al quadro di MT ubicato nella sottostazione utente costituita da un trasformatore alla tensione di 30/36 kV. L'intero parco eolico sarà collegato alla stazione elettrica di consegna mediante un cavidotto interrato che conterrà cavi del tipo: cavo unipolare ARE4H5E terna 4(1x400) mmq,+cavo ARE4H5E terna 1(1x630) mmq. (vedasi schema allegato).

Il trasporto dell'energia in MT avviene mediante cavo interrato posato su letto di sabbia, ricoperto dalla stessa terra di scavo secondo specifiche norme CEI. In corrispondenza degli attraversamenti stradali, lo strato di terreno è chiuso in superficie, a contatto con il manto stradale, da un getto di calcestruzzo magro d'altezza 30 cm.



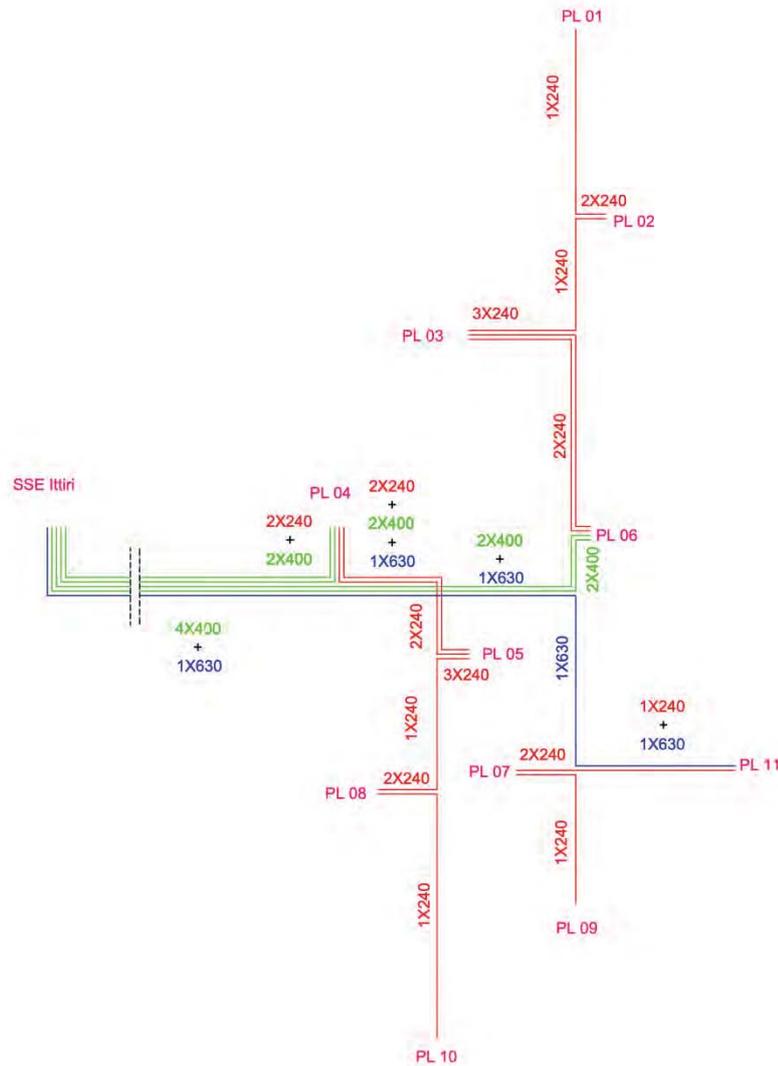


Fig. 1 Schema a Blocchi dell'impianto

I cavi verranno utilizzati cavi unipolari, disposti a “trifoglio” (triangolo equilatero), adatti a posa interrata, con conduttori in Al ed isolamento estruso in XLPE, schermo in treccia di Cu e guaina in PVC (oppure PE). I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con  $U_0/U=18/30$  kV e tensione massima  $U_m=36$  kV, sigla di designazione ARE4H1R(X).

#### Caratteristiche costruttive

- Conduttore: Corda rotonda compatta di alluminio.
- Semiconduttore Interno: Mescola estrusa
- Isolamento: Mescola di polietilene reticolato
- Semiconduttore esterno: Mescola estrusa
- Schermatura: Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale ( $R \max 3 \text{ } \Omega/\text{km}$ )



- Guaina esterna: Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2).

#### **Riferimento normativo**

- Costruzione e requisiti: EC 60502-2
- Prova di non propagazione della fiamma: secondo normative CEI 20-35

#### **Caratteristiche funzionali**

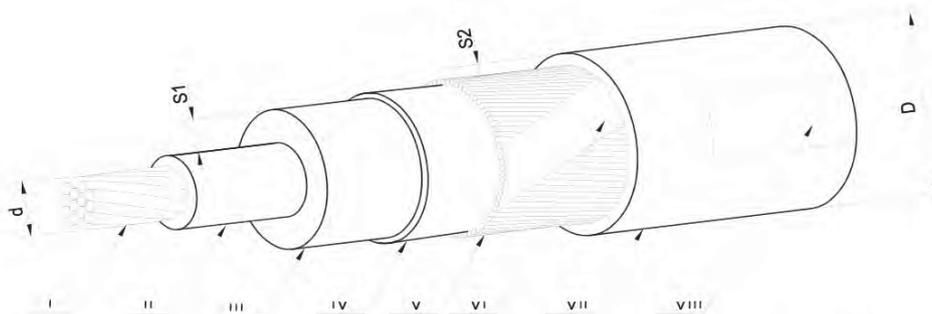
- Tensione nominale  $U_0/U$ : 18/30 kV
- Temperatura massima di esercizio del conduttore di fase: 90°C
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C
- Temperatura minima di posa: 0°C

#### **Condizioni d'impiego**

- ARE4H5E sono cavi media tensione adatti per i seguenti tipi di installazioni:
- installazioni in canale interrato;
- in tubo interrato;
- interro diretto;
- in aria libera;
- interrato con protezione.

La sezione dei singoli cavi componenti le due tipologie di terne, prese in considerazione nella fase di progetto preliminare, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali 3(1x400), e 3x(1X240) in relazione alla quale si prevede una corrente  $I_z = 520$  [A] e 664 [A] come riportata nella seguente scheda tecnica in regime permanente, così come indicata dal produttore del cavo o produttori simili, in riferimento alla disposizione interrata a trifoglio.





- I - Conduttore  
 II - Strato semiconduttore  
 III - Isolante  
 IV - Strato semiconduttore  
 V - Schermo  
 VI - Nastro equalizzatore (eventuale)  
 VII - Guaina di PVC  
 VIII - Stampigliatura

### PROSPETTO I - Caratteristiche dei cavi

1	2	3	4	5				8	9
				PORTATE (1)					
				posa in aria cavi disposti:		posa interrata cavi disposti:			
Matricola	Tipo	Numero dei conduttori per sez. nominale  (n° x mm <sup>2</sup> )	Massa  Nominale  (Kg/Km)	in piano  (A)	a trifoglio  (A)	in piano  (A)	a trifoglio  (A)	Corrente termica di corto circuito  (2)  (kA)	
332022	DC 4372/1	1 x 25	870	182	157	156	150	5,0	
332023	DC 4372/2	1 x 50	1130	264	228	220	212	10,1	
332024	DC 4372/3	1 x 95	1690	402	347	322	311	19,0	
332025	DC 4372/4	1 x 150	2230	525	454	409	396	30,0	
332026	DC 4372/5	1 x 240	3190	712	617	535	520	48,0	
332027	DC 4372/6	1 x 400	4700	937	818	680	664	80,0	
332028	DC 4372/7	1 x 630	7340	1226	1083	857	840	126,0	

(1). I valori di portata valgono in regime permanente per tre cavi posati nelle condizioni indicate nel prospetto, per temperatura del conduttore non superiore a 90 ° C ed inoltre:  
 - per temperatura ambiente 30° ;  
 - per posa direttamente interrata: profondità di posa 1,20 m, temperatura del terreno 20 ° C, resistività termica del terreno 1° C. m/ W  
 - per posa in tubazioni si può assumere una portata pari all' 80 % della corrispondente portata relativa alla disposizione a trifoglio.  
 Nella disposizione a trifoglio i cavi sono a contatto nella disposizione in piano la distanza fra le generatrici affacciate è "D".

(2). I valori della corrente termica di corto circuito valgono nelle seguenti condizioni:  
 durata del corto circuito 0,5 s ; temperatura iniziale dei conduttori pari alla temperatura massima ammissibile in regime permanente (90° C.); temperatura finale dei conduttori 250° C.

In relazione alla scheda sopra riportata, si deve evidenziare che i cavi utilizzati saranno con sezioni che vanno da 240-400 mm<sup>2</sup> a 630 mm<sup>2</sup> a 30 kV.

Per quanto, poi, attiene l'arrivo delle linee di alimentazione, provenienti dal Parco Eolico, nell'area d'impianto d'utenza (in seguito definita sinteticamente stazione), si precisa che una volta collegate al quadro di media tensione, ubicato in apposito locale (definito Sala Quadro) ricavato nell'edificio tecnico annesso all'apposita superficie utente, si realizzerà il collegamento tra quest'ultimo ed i trasformatori sempre tramite terne di cavi unipolari

In base sempre al numero di terne componenti i cavidotti previsti in fase di progettazione preliminare, si riportano, nella tabella, le tratte di collegamento, le sezioni relative, le potenze intermedie, le correnti massime di impiego, le potenze di ogni singola tratta e la tensione di alimentazione:

	Denominazione tratta	Lunghezza geometrica	Sezione	Numero Terne	WTG Caricati		Caratteristiche cavo			Caduta di Tensione	
					Corrente wtg	Corrente Linea	Resistenza Specifica	Reatanza specifica	Portata		
					lwtg	IL	r	x	lz	$\Delta U$	$\Delta U \%$
					(A)	(A)	$\Omega/\text{km}$	$\Omega/\text{km}$	(A)	V	%
PL01	PL01-PL02	950	240	1	106,9	106,9	0,161	0,11	240,35	38,08	0,105778
PL02	PL02-PL03	1130	240	1	213,8	213,8	0,161	0,11	240,35	90,6	0,251667
PL03	PL03-9L06	1115	240	2	320,7	160,35	0,161	0,11	240,35	67,05	0,18625
PL06	PL06-SSE	15630	400	2	427,6	213,8	0,101	0,101	309,48	526,12	1,461444
SSE											2,005139
PL09	PL09-PL07	850	240	1	106,9	106,9	0,161	0,11	240,35	34,07877	0,094663
PL07	PL07-PL11	960	240	1	213,8	213,8	0,161	0,11	240,35	76,97792	0,213828
PL11	PL11-SSE	16835	630	1	320,7	320,7	0,063	0,096	401,87	850,0346	2,361207
SSE											2,669698

Per le linee in cavo la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente come definita dalla norma CEI 11-17 al punto 3.4 ossia il massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

Come risulta dal progetto per la connessione saranno utilizzati cavi del tipo unificato ARG7H1RX-30KV avente formazione 4x 3x(1X400) la cui portata unificata risulta pari a di 535 A come da scheda tecnica.

Come illustrato nella norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di  $3\mu T$ , anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

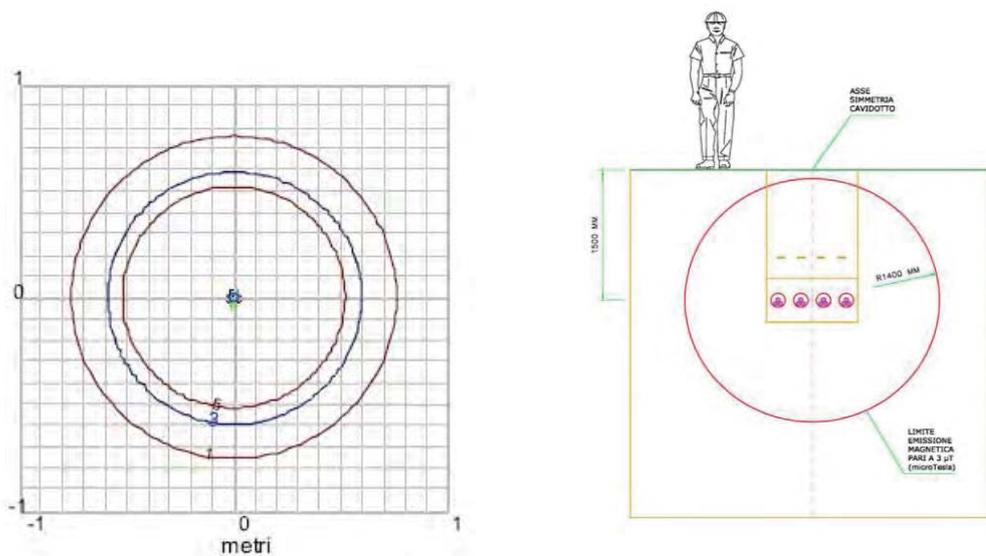


Fig. 1 Volume di rispetto per il campo magnetico di una linea MT in cavo elicordato interrata

I cavi impiegati per le connessione degli aerogeneratori saranno disposti con modalità di posa interrata e saranno del tipo tripolare ad elica e In base all'articolo 3.2 del decreto 29 maggio 2008 le linee MT in cavo cordato ad elica (interrate od aeree) sono escluse dalla metodologia di calcolo poiché in questo caso le fasce di rispetto associabili hanno ampiezza ridotta inferiori alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministro dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991 e come si evince dalla Figura 1 che riporta le Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica con i calcoli effettuati con il modello tridimensionale "Elico" della piattaforma "EMF Tools", che tiene conto del passo d'elica.

Considerando quindi che anche il decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata, ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

Per il collegamento, degli aerogeneratori si hanno elettrodotti MT che si collegano tra loro alla si prevede l'utilizzo di n° 1/2 cavi unipolari in configurazione entra/esci di sezione 240 mm<sup>2</sup>, posati a trifoglio. La corrente massima di tale collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b \max} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3}V_n \cos\phi}$$

Il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata quindi presa in considerazione la portata nominale del cavo, come detto, una posa dei due cavi a trifoglio, ad una profondità di 1.20 m, con un valore di corrente pari a  $I_Z=520 \times 2=1040$  A, che è la portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

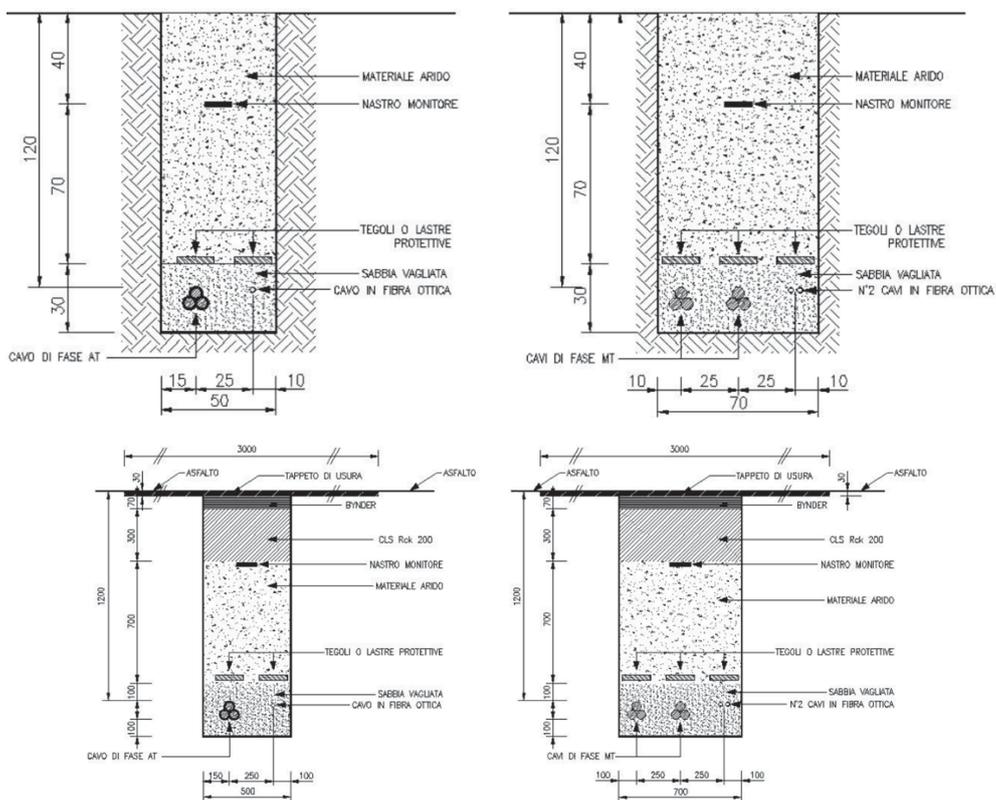
La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze. Nel caso peggiore il valore di  $3 \mu T$  è raggiunto a circa 4 m dall'asse del cavidotto.

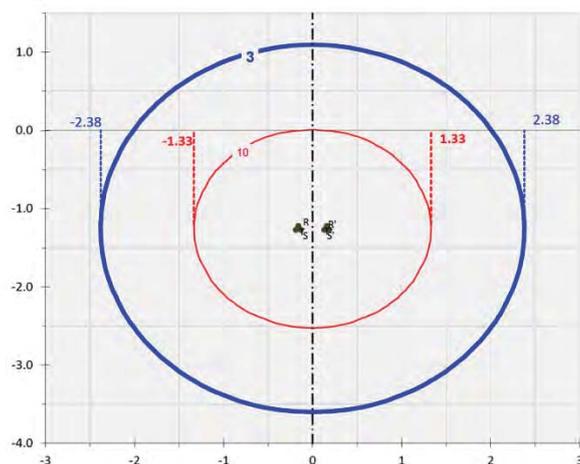
In considerazione della posizione delle linee usando le formule della norma CEI 106-11 possiamo utilizzare una DPA pari a 4,00 [m] per il caso specifico. Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a  $3 \mu T$  in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata.

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a  $3 \mu T$ , anche se per la particolarità dell'impianto le aree al suo interno sono da classificare ai sensi della normativa come luoghi di lavoro, e quindi con livelli di riferimento maggiori rispetto a questi ultimi.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede all'interno del Parco Eolico l'utilizzo prevalente di cavi unipolari posati a trifoglio, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17.

Le linee condividono alcune tratte del loro tracciato, pertanto ne risultano le tipologie tipiche di posa illustrate nelle figure seguenti:





Curve isolivello dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo MT

L'induzione magnetica  $B$  generata da  $NR$  conduttori filiformi, numerati da 0 a  $(NR-1)$ , può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

dove  $\mu_0$  è la permeabilità magnetica del vuoto,  $NR$  è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3),  $i$  la corrente,  $C_k$  il conduttore generico,  $d\vec{l}$  un suo tratto elementare,  $r$  la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo. Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli.

Indicato con  $Q$  il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per  $Q$  e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con  $P_k$  il punto dove il generico conduttore  $C_k$  interseca la sezione normale, e con  $I_k$  la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse  $z$  nella direzione dei conduttori). Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in  $Q$  si ottiene l'espressione:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{I_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna

Pertanto il valore della DPA da considerare è pari a 3m con la doppia terna. Considerando il caso peggiore e in considerazione del principio di sovrapposizione degli effetti per l'elettrodotta composto da 4x3x400mmq **si può considerare una DPA pari a 4,00 m**

## Stazione di Utenza

Questa nuova Stazione permetterà di convogliare l'energia prodotta dal Parco Eolico alla rete ad alta tensione. A tal fine, l'energia prodotta alla tensione di 30 kV, dall'impianto eolico sarà inviata allo stallo di trasformazione della futura cabina di utenza. Qui verrà trasferita, previo innalzamento della tensione a 36kV tramite trasformatore, alle sbarre della sezione 36 kV della stazione di Rete della RTN mediante un collegamento in linea interrata AT tra la Cabina di Utenza ed il relativo stallo in stazione di rete.

I valori di campo magnetico al suolo sono massimi nelle stesse zone di cui sopra ed in corrispondenza delle vie cavi, ma variano in funzione delle correnti in gioco con correnti sulle linee pari al valore di portata massima in esercizio normale delle linee si hanno valori pari a qualche decina di microtesla, che si riducono a meno di 3  $\mu$ T a 4 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

I valori in corrispondenza della recinzione della stazione sono notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge

Al fine di ridurre ulteriormente il valore di induzione magnetica è possibile attuare i seguenti accorgimenti:

- utilizzare canalizzazioni metalliche chiuse con coperchio;
- transitare le canalizzazioni il più possibile verso il centro della cabina di trasformazione;
- non addossare i trasformatori ed i quadri elettrici alle pareti esterne della cabina ove è presumibile possano identificarsi situazioni critiche (presenza di persone per più di 4 ore, presenza di aree gioco, ecc.)
- ove possibile avvolgere i cavi ad elica

Qualora fosse indispensabile ridurre il campo magnetico in una determinata direzione per la presenza di una delle suddette attività critiche, è possibile procedere alla schermatura della cabina mediante lastre di acciaio o alluminio.

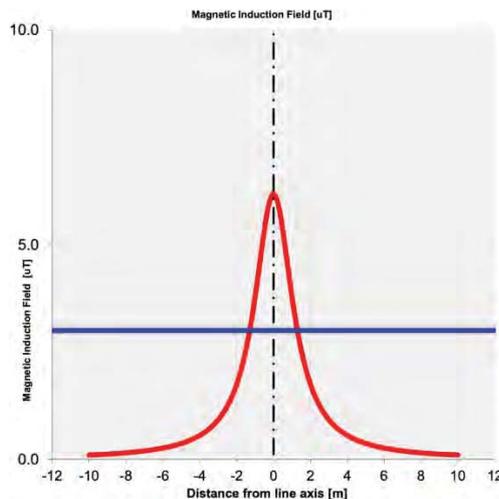
Dal calcolo analitico dell'efficienza schermante risulta che per la determinazione dell'efficacia schermante si può genericamente affermare che l'efficacia schermante di una lastra di alluminio di spessore 12 mm circa è pari a circa il 50-60% (il che vuol dire che se senza lastra il campo è ipoteticamente 100  $\mu$ T, con la lastra si riduce a 40-50  $\mu$ T).

## Linea Elettrica Alta Tensione

La Stazione di Utenza verrà collegata alla stazione TERNA di rete 220/150//36 kV mediante linea trifase in cavo interrato a 36 kV, costituita da una terna in alluminio di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup> (3x1x630) mm<sup>2</sup> tamponato, schermo semiconduttivo sul conduttore, isolamento in politenereticolato (XLPE), schermo semiconduttivo sull'isolamento, nastri in materiale igroespandente, guaina in alluminio longitudinalmente saldata, rivestimento in politene con grafitatura esterna. Nel calcolo, essendo il valore dell'induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in



considerazione la portata massima: adottando la posa dei cavi a trifoglio ad una profondità di 1,20/1,50 m e considerando una resistività termica del terreno di 1,5 K m/W, il valore di portata è pari a circa 1100 A, valore adottato per il calcolo. Si è inoltre considerato la configurazione dell'elettrodotto in assenza di schermature, con il campo magnetico calcolato al suolo.



**Andamento dell'induzione magnetica prodotta dalla linea in cavo AT calcolata a livello del suolo**

Come mostrato in figura, il limite di 3 microT al suolo si raggiunge nel caso peggiore ad una distanza dall'asse linea di circa 1,8 m. Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate. Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \text{ [m]}$$

Pertanto, ponendo:

$S = 0.054$  m (uguale al diametro esterno del cavo pari a 54 mm)

$I = 1100$  A

Si ottiene:  $R' = 2,20$  m

che arrotondato, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 2,5 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto che per sicurezza può essere considerato pari a 3,00m. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia. Tale valore è ulteriormente confermato dal calcolo numerico, che fornisce la curva isolivello a 3 microT riportata nella figura. Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 µT.



## Conclusioni

Dai calcoli effettuati si ritiene che non vi siano particolari problematiche relative al rispetto delle fasce di prima approssimazione calcolate in quanto l'intorno della cabina e il percorso dell'elettrodotto sono di per se fasce di rispetto stradali o aree con remota probabilità della presenza di persone per una durata permanente pari o superiore alle 4 ore.

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di 3  $\mu$ T, sia in corrispondenza della cabina di trasformazione che in corrispondenza dei cavidotti esterni; D'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette, gran parte delle quali si trovano interamente su percorso stradale e quindi si può certamente escludere la presenza continuativa di recettori sensibili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 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 di 50 Hz degli elettrodotti".

Generalmente per quanto riguarda il campo elettrico in Alta tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa). Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di cavidotti ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente al cavidotto MT, realizzato mediante l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto non supererà i 4m nella condizione peggiore, a cavallo dell'asse del cavidotto. Per quanto concerne il cavidotto esterno AT, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 3 m; sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.



Per ciò che riguarda la cabina di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore MT/AT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obiettivo di qualità si raggiunge già a circa 5 m (DPA) dalla cabina stessa. Comunque, considerando che nelle cabine di trasformazione non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno che l'area sarà racchiusa all'interno di una recinzione impedendo l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.

Il Tecnico  
Ing. Gian Michele Tanda



Rev. 01 Red. GMT

N. Doc. All.

Pag. **18** a **18** Data 24/12/2022