

EMILIE WIND SRL

Parco Eolico “EMILIE” sito nel Comune di Casalfiumanese (BO)

Relazione calcolo distanze di prima approssimazione

Luglio 2023



Committente:

EMILIE Wind srl

EMILIE Wind srl

Via Sardegna, 40

00187 Roma

P.IVA/C.F. 16666851007

Titolo del Progetto:

Parco Eolico "EMILIE" sito nel Comune di Casalfiumanese (BO)

Documento:

**Relazione calcolo distanze di prima
approssimazione**

N° Documento:

IT-VesEMI-PGR-ELE-TR-05

Progettista:



Ing. Domenico Teta



Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Luglio 2023	Prima Emissione	P.Concas	C.Ometto	D.Teta

Sommario

1. Premessa	5
2. Normative di riferimento	6
3. Analisi del contesto	7
4. Area di indagine	10
5. Distanza di prima approssimazione	13
5.1 Linee MT	13
5.2 DPA Linee MT	14
5.3 DPA Cabine elettriche	15
5.4 Torre eolica	17
6. Conclusioni	18

Acronimi

AT	Alta tensione
BT	Bassa tensione
DPA	Distanza di prima Approssimazione
MT	Media Tensione
MV	Medio voltaggio
RTN	Rete di trasmissione nazionale
SE	Stazione Elettrica
STMG	Soluzione Tecnica Minima Generale
WTG	Wind Turbine Generator

1. Premessa

La Società Emilie Wind Srl con sede in Roma alla Via Sardegna n.40 intende realizzare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (eolico) della potenza di 40,5 MW da localizzare nel Comune di Casalfiumanese (BO) e, pertanto, ha fatto richiesta alla società Terna per il rilascio della Soluzione Tecnica Minima Generale per le modalità di connessione alla RTN.

La Società Terna ha rilasciato la STMG Cod. pratica 202201735 del 21.07.2022 indicando le opere elettriche necessarie per la connessione alla RTN che l'impianto eolico dovrà essere collegato in antenna a 36 kV sulla sezione di una nuova stazione di trasformazione 380/36 kV della RTN inserire entra – esce alla direttrice RTN "Colunga – Calenzano", previa ricostruzione a 380 kV della direttrice stessa come previsto dall'intervento 302-P del Piano di Sviluppo Terna.

Alla nuova stazione RTN 380/36 kV andrà poi ricollegata in doppia antenna a 380 kV l'attuale stazione di San Benedetto del Querceto, previo riclassamento a 380 kV previsto dall'intervento 302-P del Piano di Sviluppo Terna.

Lo scopo del presente lavoro, come richiesto da Terna, è lo studio di un progetto di pre-fattibilità per la localizzazione della nuova stazione 380/36 kV e dei raccordi in linea aerea a 380 kV alla linea in progetto "Colunga-Calenzano".

2. Normative di riferimento

Di seguito si elencano i principali riferimenti legislativi e normativi per l'ambito oggetto di analisi:

- **L. n. 36 del 22.02.2001** “Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”
- **D.P.C.M. 08.07.2003** “Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”
- **Raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999** “Limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300Ghz”
- **Decreto Min. Amb. 29.05.2008** “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”
- **CEI 106-11** “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I”
- **ENEL - Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08** “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”
- **Linee guida ICNIRP** “Linee guida per la limitazione dell’esposizione a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed a campi elettromagnetici (fino a 300 GHz)”
- **CEI EN 50499** “Procedura per la valutazione dell’esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici”

3. Analisi del contesto

L'indagine riguarda l'esposizione della popolazione esterna (l'esposizione dei lavoratori sarà valutata in ambito D.Lgs. 81/08) al campo elettrico e magnetico generato dall'impianto eolico in ottemperanza alla Legge n. 36 del 22/02/2001 "Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" ed al Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2003 (DPCM 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" (il termine elettrodotto comprende, oltre alla linea elettrica, anche le cabine MT/BT).

In merito al rischio elettromagnetico, di seguito sono riportate le definizioni di Limite di esposizione, di Valori di attenuazione e di Obiettivi di qualità:

Tabella 1 Definizione di Limite di esposizione, di Valori di attenuazione e di obiettivi di Qualità

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.

Fonte: DPCM 08/07/03

È opportuno evidenziare che il campo di frequenze della radiazione elettromagnetica nel contesto oggetto di analisi è limitato alle sole 'ELF' (Extremely Low Frequency), ossia quelle frequenze comprese fra 0 Hz e 300 Hz: infatti, per il caso in esame, sono presenti solo sorgenti significative a frequenza industriale (50 Hz).

Per quanto concerne l'esposizione a campi elettrici, con riferimento alla norma CEI EN 50499, risultano conformi alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE:

- tutti i circuiti di cavi sotterranei o isolati, con qualsiasi tensione nominale;
- tutti i circuiti aerei nudi con tensione nominale non superiore a 100 kV, o le linee aeree non superiori a 125 kV che sorvolano il luogo di lavoro, o di qualsiasi tensione se il luogo di lavoro è all'interno.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Tabella 2 Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di Qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Fonte: DPCM 08/07/03 e Racc. 1999/512/CE

Si sottolinea che, relativamente alla frequenza di riferimento del presente rapporto tecnico (50 Hz), il livello di riferimento della Raccomandazione Europea 1999/519/CE coincide con il limite di esposizione fissato dal DPCM 8 luglio 2003 per quanto concerne l'esposizione ai campi elettrici (ovvero 5 kV/m intesi come valori efficaci).

L'impianto eolico in oggetto, presenta una tensione di consegna pari a 36 kV (media tensione); per tale ragione, e tenuto conto di quanto sopraesposto, il campo elettrico risulta essere trascurabile per quanto riguarda gli impatti sulla popolazione esterna.

Sulla base delle sopracitate considerazioni, il presente studio è finalizzato alla sola analisi dei campi magnetici che dipendono essenzialmente dai flussi di corrente.

Nel DPCM 8/7/2003 vengono definiti, con riferimento all'induzione magnetica, il limite di esposizione ($100 \mu\text{T}$), il valore di attenzione (pari a $10 \mu\text{T}$) e l'obiettivo di qualità (pari a $3 \mu\text{T}$) che si applicano "nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz intesi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore".

Nel caso in esame, trattandosi di una nuova realizzazione, il limite da considerare è costituito dall'obiettivo di qualità ($3 \mu\text{T}$).

4. Area di indagine

Il progetto proposto prevede l'installazione di 9 aerogeneratori aventi potenza nominale unitaria di 4,50 MW dislocati su una superficie utile di circa 1200 ettari nel Comune di Casalfiumanese (BO).

Di seguito sono riportati i principali dati di impianto:

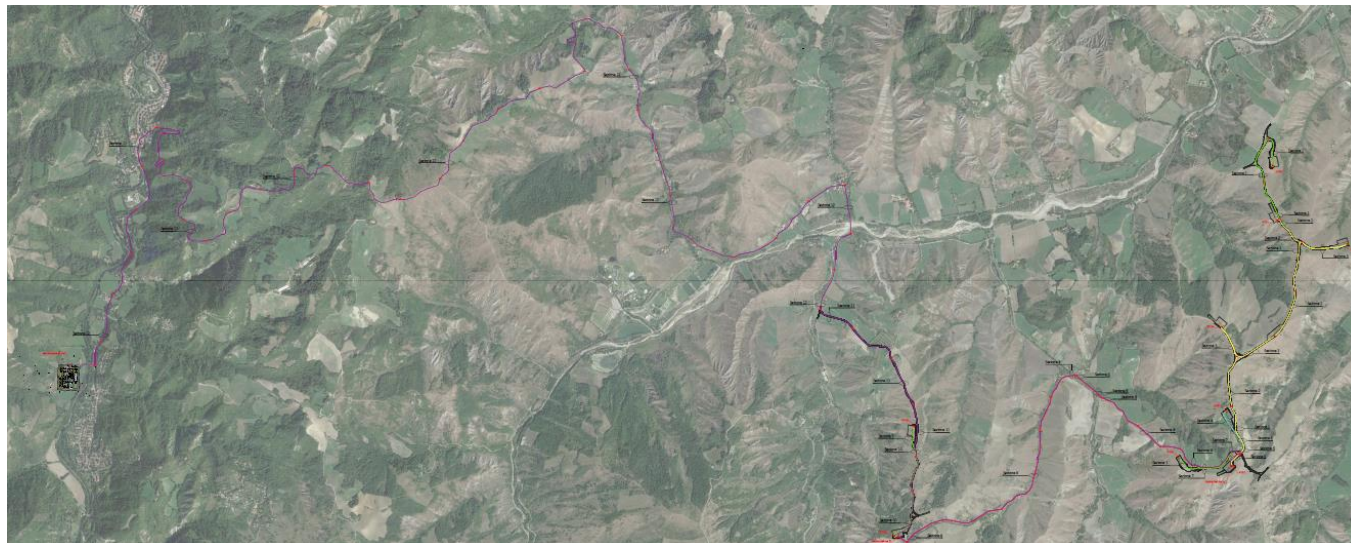
Tabella 3 Dati principali di progetto

Comune (Provincia)	Casalfiumanese (BO)
Coordinate (WGS84)	Latitudine: 44.314822°N Longitudine: 11.539209°E
Superficie utile di impianto	1200 ettari
Potenza in immissione (CA)	40500 kW
Potenza nominale (CA)	40500 kW
Tensione di sistema	36000 V
Tipologia di impianto	Sistema eolico on-shore
Aerogeneratori (taglia, diametro rotore, altezza mozzo)	N°9 WTG, 163 m, 113 m
Trasformatore di macchina	5300 kVA 0,720 kV / 36 kV
Linee elettriche in cavo	Linea in cavo MT 36kV per connessione turbine e connessione in cabina
Cabina	N°2 nuova cabina MT N°2 quadro MT 36kV
Trasformatore AT/MT	N°1 trasformatori 380/36 kV 250 MVA

Per quanto riguarda la parte di elettrodotto interrato MT, esso comprende sia quella che realizza l'interconnessione tra le torri che il collegamento con le nuove cabine MT.

Di seguito si riporta l'area d'interesse del parco eolico con il relativo tracciato del cavidotto in MT:

Figura 1 Area di installazione e percorso cavidotto in MT




La connessione in Media Tensione tra le torri eoliche e le nuove cabine MT è effettuata mediante tre cavidotti separati. In virtù del sistema di interconnessione tra gli aerogeneratori “entra-esce” è possibile individuare i rami di cavidotto afferenti allo stesso quadro in base ai seguenti collegamenti:

- Cabina B:
 - Ramo 1: Cabina MT B – WTG 11 – WTG 14;
- Cabina A:
 - Ramo 1: Cabina MT A – WTG 6 – WTG 3 – WTG 1 – WTG 2;
 - Ramo 2: Cabina MT A – WTG 7 – WTG 5 – WTG 9.

Ciascun ramo collega gli aerogeneratori che ne fanno parte e, in uscita dalla cabina di trasformazione dell'ultima torre, il medesimo cavidotto si sviluppa verso la sottostazione. Nel tracciato di ogni singolo ramo si avranno tratti con sezioni diverse di seguito riportate:

- Tratto Cabina MT B – WTG 11: 20,8/36 kV Al 3x(1x120) mm²
- Tratto WTG 11 – WTG 14: 20,8/36 kV Al 3x(1x70) mm²

- Tratto Cabina MT A – WTG 6: 20,8/36 kV Al 3x(1x240) mm²
- Tratto WTG 6 – WTG 3: 20,8/36 kV Al 3x(1x240) mm²
- Tratto WTG 3 – WTG 1: 20,8/36 kV Al 3x(1x240) mm²

EMILIE wind srl		N° Doc. IT-VesEMI-PGR-ELE-TR-05	Rev 0	Pagina 12 di 18
-----------------	---	------------------------------------	-------	--------------------

- Tratto WTG 1 – WTG 2: 20,8/36 kV Al 3x(1x70) mm²

- Tratto Cabina MT A – WTG 7: 20,8/36 kV Al 3x(1x120) mm²
- Tratto WTG 7 – WTG 5: 20,8/36 kV Al 3x(1x120) mm²
- Tratto WTG 5 – WTG 9: 20,8/36 kV Al 3x(1x70) mm²

Inoltre consideriamo anche la linea MT che collega le due Cabine MT, A e B, e la linea MT che dalla Cabina B si dirige verso lo stallo 36 kV Terna.

Sulla base di quanto previsto dal DPCM 8/7/2003, le sorgenti del campo magnetico che dovranno essere oggetto di valutazione sono costituite dalle sole linee elettriche in corrente alternata e dalle cabine.

5. Distanza di prima approssimazione

Per DPA si intende la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo abbia una distanza da essa maggiore, si trovi all'esterno della fascia di rispetto delimitata proprio dalla DPA: in questo caso, la DPA sarà il raggio della base della superficie cilindrica di cui sopra. Si precisa che le DPA costituiscono la rappresentazione bidimensionale delle fasce di rispetto che sono definite come una superficie cilindrica (quindi tridimensionale).

Di seguito viene eseguita la valutazione delle distanze di prima approssimazione (DPA) per le sorgenti di campo magnetico dell'impianto eolico per la linea MT interrata distinguendo i vari tratti di connessione con conduttori a sezione diversa e la cabina di trasformazione associata alla torre eolica.

Come già specificato in premessa la determinazione delle fasce di rispetto deve essere eseguita con riferimento all'obiettivo di qualità fissato in $3 \mu\text{T}$.

5.1 Linee MT

La linea in Media Tensione (36 kV) viene esaminata considerando i singoli tratti con le condutture a sezione diversa che nell'insieme definiscono i rami principali. Le linee saranno realizzate con conduttori unipolari posati in piano singolarmente all'interno di tubi protettivi.

Si valutano gli effetti dovuti alle seguenti condutture che costituiscono i rami della linea MT:

- $3 \times (1 \times 70) \text{ mm}^2$;
- $3 \times (1 \times 120) \text{ mm}^2$;
- $3 \times (1 \times 240) \text{ mm}^2$;
- $3 \times (1 \times 630) \text{ mm}^2$;

Per la scelta delle sezioni dei cavi si rimanda al documento **IT-VesEMI-PGR-ELE-TR-02 – Relazione calcolo preliminare impianti elettrici**.

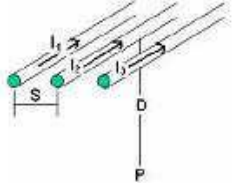
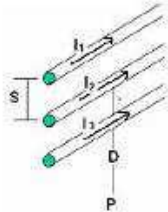
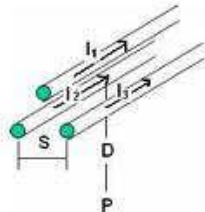
Ai fini dei calcoli, per le linee in cavo la corrente da utilizzare è la "portata in regime permanente" così come definita dalla norma CEI 11-17.

5.2 DPA Linee MT

Per il calcolo delle DPA inerente i cavidotti MT si fa riferimento alle linee guida indicate dal DM 29/05/2008.

In particolare, si valutano le condizioni di posa del cavidotto e in base alle seguenti formule si calcola il campo magnetico generato dai cavi percorsi da corrente:

Figura 2 Formule campo magnetico generato dai cavi percorsi da corrente

a) Terna trifase di conduttori in piano	b) Terna trifase di conduttori in verticale	c) Terna trifase di conduttori a triangolo
		
$B(\mu T) = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I S}{D D}$		$B(\mu T) = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I S}{D D}$

Per il caso in esame, trattandosi di un cavidotto realizzato con conduttori in piano si fa riferimento alla seguente formula:

$$B(\mu T) = 0,2 * \sqrt{3} * \left(\frac{I * S}{D^2} \right)$$

Oppure esplicitando rispetto a D :

$$D = \sqrt{0,2 * \sqrt{3} * \left(\frac{I * S}{B} \right)}$$

dove:

- B = campo di induzione magnetica;

- I = portata di corrente della linea;
- S = distanza tra i conduttori (si assume pari al diametro del cavo unipolare che forma una fase);
- D = distanza di riferimento o di calcolo.

Nella tabella sottostante si riportano i valori di ciascuna DPA, corrispondenti al valore di D calcolato assumendo per B il valore dell'obiettivo di qualità pari a $3 \mu\text{T}$. Nell'ultima colonna viene indicato il valore della DPA arrotondato in favore della sicurezza (fattore 1,5):

Tabella 1 Distanza di prima approssimazione per la linea MT

Linea MT	Formazione	I [A]	S [m]	B [μT]	DPA [m]	DPA*1,5 [m]
Cabina MT B – WTG 11	3x(1x120) mm ²	304	0,0114	3	0,715	1,07
WTG 11 – WTG 14	3x(1x70) mm ²	256	0,0098	3	0,54	0,81
Cabina MT A – WTG 6	3x(1x240) mm ²	484	0,0182	3	1	1,5
WTG 6 – WTG 3	3x(1x240) mm ²	484	0,0182	3	1	1,5
WTG 3 – WTG 1	3x(1x240) mm ²	484	0,0182	3	1	1,5
WTG 1 – WTG 2	3x(1x70) mm ²	256	0,0098	3	0,54	0,81
Cabina MT A – WTG 7	3x(1x120) mm ²	343	0,0129	3	0,715	1,07
WTG 7 – WTG 5	3x(1x120) mm ²	343	0,0129	3	0,715	1,07
WTG 5 – WTG 9	3x(1x70) mm ²	256	0,0098	3	0,54	0,81
Stallo 36 kV – Cabina MT B	3x2 (1x630) mm ²	702	0,03	3	1,56	2,34
Cabina MT A – Cabina MT B	3x2 (1x630) mm ²	702	0,03	3	1,56	2,34

Nel documento IT-VesEMI-PGR-SPE-TR-12-Impatto elettromagnetico delle opere di connessione le DPA verranno calcolate tramite il software POWERFIELD, che fornisce curve di isolivello e grafici del profilo laterale dell'induzione magnetica per ogni sezione.

5.3 DPA Cabine elettriche

Le cabine di trasformazione presenti nell'impianto sono la Cabina A e Cabina B, saranno del tipo prefabbricato in cemento armato vibrato ed ospiteranno tutti i quadri di media tensione per il collegamento di tutti i generatori eolici e un trasformatore MT/BT da 160 kVA per i servizi ausiliari.

La cabina di campo sarà costituita principalmente da:

- Quadro MT;

- Quadro Servizi Ausiliari;
- UPS.

La cabina avrà dimensioni complessive di 7000x2500xh2700 mm più vasca di fondazione di altezza 600mm.

Per le cabine di trasformazione, la fascia di rispetto è la superficie che delimita lo spazio comprendente tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità; in linea generale, la forma e le dimensioni della fascia di rispetto dipendono da numerosi fattori; tuttavia, in questo caso, è possibile adottare un approccio approssimato basato sulla Dpa come descritto dal DM 29/05/2008.

Il calcolo, quindi, viene effettuato in base ad un metodo semplificato che permette di individuare l'Area di Prima Approssimazione.

Si precisa che la formula presentata di seguito fa riferimento a cabine elettriche e stazioni primarie di tipo prefabbricato (secondo gli attuali standard di riferimento nazionali), equipaggiate con trasformatori di taglia standardizzata (250-400-630 kVA) e relative ad infrastrutture di rete.

In assenza di una specifica trattazione nella normativa vigente riconducibile al caso in esame, in prima approssimazione, si ritiene lecito estendere la validità della formula riportata in seguito.

Pertanto, la DPA intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa da corrente nominale BT in uscita dal trasformatore applicando la seguente relazione:

$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5241} \cdot \sqrt{I}$$

dove:

x = distanza tra le fasi pari al diametro complessivo dei cavi unipolari (conduttore + isolante); nel caso in cui vi siano cavi in parallelo per ciascuna fase è cautelativo considerare "x" pari alla somma di tutti i diametri dei cavi costituenti la formazione di una singola fase.

I = corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore.

In Tabella 5 si riportano i valori della Dpa; nell'ultima colonna viene sempre proposto, come per il calcolo delle linee MT, un valore della Dpa arrotondato in favore della sicurezza (fattore 1,5).

Cabina MT/BT	I [A]	x [m]	DPA [m]	DPA*1,5 [m]
Cabina di Smistamento A	256	0,1	1,96	2.93
Cabina di Smistamento B	256	0.1	1,96	2.93

Tabella 5 Distanza di prima approssimazione per le cabine di trasformazione MT/BT

5.4 Torre eolica

La torre eolica è la struttura che sostiene l'aerogeneratore posto alla sommità della navicella e contiene tutte le apparecchiature necessarie per il controllo e la connessione.

La sorgente di campo magnetico presente negli aerogeneratori è rappresentata principalmente da tre elementi:

- Generatore elettrico presente nella navicella;
- Trasformatore BT/MT elevatore;
- Quadro di macchina.

Per quanto riguarda il campo magnetico prodotto dalla torre eolica, ai fini del presente studio, si rimanda all'analisi di compatibilità elettromagnetica fornita dal costruttore della torre.

6. Conclusioni

L'impianto eolico in oggetto non produce effetti negativi da campi elettrici e magnetici sulla popolazione esterna (così come definita in premessa) per quanto riguarda la frequenza di rete (50 Hz) in conformità alla normativa vigente.

Si evidenzia che all'interno delle DPA, definite per il cavidotto in Media Tensione, non si rilevano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

Si può quindi affermare che a seguito della realizzazione delle opere elettriche, l'impianto eolico analizzato non produce effetti negativi da campi elettrici e magnetici sulla popolazione esterna per quanto riguarda la frequenza di rete (50 Hz) in conformità alla normativa vigente.

Per quanto riguarda i lavoratori che si troveranno ad operare all'interno dell'impianto saranno implementate tutte le necessarie misure di prevenzione e protezione in ottemperanza al D.Lgs. 81/08. Si precisa inoltre, che in fase di progetto esecutivo si potrebbe optare per l'utilizzo di cavi cordati ad elica: in tal caso sarebbe applicabile il Decreto 29 maggio 2008 che, al paragrafo 3.2, esclude il calcolo della dpa sui cavi così installati.

Infine, le previsioni della presente relazione andranno verificate attraverso opportune misure effettuate ai sensi delle vigenti disposizioni di Legge e della Norma CEI 211-6 del gennaio 2001 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".