



Indirizzo Sede legale PESCARA (PE)
VIA CARAVAGGIO 125 CAP 65125
Domicilio digitale/PEC windenergymafalda@legpec.it
Numero REA PE – 424846 - P.iva 02372300687

COMUNI DI MAFALDA E MONTENERO DI BISACCIA (CB)

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI **IMPIANTO EOLICO** **“MAFALDA”**

REDAZIONE / PROGETTISTA:



CUBE SRL
SOCIETA' DI INGEGNERIA

Via Turati,2
63074 - San Benedetto del Tronto (AP) - Italy
(+39) 0735 431388
MAIL: Cubesbt@gmail.com

TIMBRO E FIRMA PROGETTISTA:

TITOLO ELABORATO:

Relazione sulla valutazione preventiva dei campi elettromagnetici

CODICE ELABORATO:

PD003

FORMATO

A4

Nr. EL.:

2.3

FASE:

PROGETTO DEFINITIVO

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Prima emissione	24/07/2023	S.C.	S.C.	M.S.
01					
02					
03					
04					

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: PD003
		Data: 30/08/2023
	Relazione sulla valutazione preventiva dei campi elettromagnetici	Revisione: 00
		Pagina: 2 di 23

Sommario

1	Descrizione progetto.....	3
1.1	Premessa.....	3
1.2	Scopo.....	4
1.3	Proponente.....	5
1.4	Ubicazione e caratteristiche del sito.....	5
2	Unità di misura e glossario.....	6
3	Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti.....	8
4	Norme di riferimento.....	9
5	Limiti di legge e limiti di qualità.....	10
6	Descrizione impianto.....	13
6.1	Linee di distribuzione in MT.....	13
6.2	Sottostazione elettrica 30/150 kV.....	14
7	Metodologia di calcolo dei campi elettrici ed induzione magnetica.....	14
7.1	Aerogeneratore.....	17
7.2	Cavidotti.....	17
7.3	Cabina di raccolta.....	18
7.4	Sottostazione elettrica utente (SSEU) di trasformazione MT/AT.....	19
7.5	Linea elettrica interrata AT.....	21
8	Conclusioni.....	23

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	3 di 23

1 Descrizione progetto

1.1 Premessa

La società Wind energy Mafalda S.r.l, d’ora in avanti il proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nella provincia di Campobasso, nei comuni di Mafalda e Montenero di Bisaccia.

L’impianto, denominato “Mafalda”, sarà costituito da 7 aerogeneratori di potenza unitaria nominale fino a 6 MW, per una potenza complessiva di 42 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 forniscono 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. La rete del parco è costituita da un cavidotto interrato in media tensione (30kV), tramite il quale l’energia elettrica viene convogliata dagli aerogeneratori alla sottostazione elettrica (SSE) di trasformazione AT/MT di proprietà del proponente che sarà collegata in antenna ad una nuova stazione elettrica (SE) di smistamento a 150 kV della RTN, da inserirsi in modalità entra-esce sulla linea a 150 kV “Montecilfone”, previa realizzazione degli interventi previsti nell’area di cui al Piano di Sviluppo Terna (421-P).

Le opere progettuali sono quindi sintetizzate nel seguente elenco:

- parco eolico composto da 7 aerogeneratori, da 6 MW ciascuno, con torre di altezza fino a 105 m e diametro del rotore fino a 150 m, e dalle relative opere civili connesse quali strade di accesso, piazzole e fondazioni;
- impianto di rete, consistente in una nuova SE di smistamento a 150 kV della RTN da inserirsi in modalità entra-esce sulla futura linea a 150 kV “Montecilfone”;

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: PD003
		Data: 30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione: 00
		Pagina: 4 di 23

- impianto di utenza per la connessione alla RTN, consistente nella rete di terra, nella rete di comunicazione in fibra ottica, nel cavidotto in media tensione (30kV) interamente interrato e sviluppato principalmente sotto strade esistenti, nella SSE di trasformazione 150/30 kV di proprietà del Proponente e nell'elettrodotto di collegamento tra la SSE e la nuova SE.

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..

L'utilizzo di fonti rinnovabili comporta infatti beneficio a livello ambientale, in termini di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) risparmiate e mancate emissioni di gas serra, polveri e inquinanti. Per il progetto in esame si stima una producibilità del parco eolico superiore a 84 GWh/anno, che consente di risparmiare almeno 15.710 TEP/anno (*fonte ARERA: 0,187 TEP/MWh*) e di evitare almeno 41.480 ton/anno di emissioni di CO₂ (*fonte ISPRA,2020: 493,80 gCO₂/kWh*).

1.2 Scopo

Scopo della presente relazione è la determinazione, secondo un calcolo previsionale, dei valori di campo elettrico e campo magnetico attesi, nonché la valutazione degli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003, in riferimento al parco eolico in progetto.

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	5 di 23

1.3 Proponente

Il soggetto proponente del progetto in esame è Wind Energy Mafalda S.r.l. con sede a Pescara (PE) in Via Caravaggio 125 iscritta alla Camera di Commercio di Pescara con REA PE-424846 e P.IVA 02372300687.

1.4 Ubicazione e caratteristiche del sito

L'area interessata dall'installazione delle turbine e dalle opere accessorie ricade nei comuni di Mafalda e Montenero di Bisaccia, in provincia di Campobasso.

Gli aerogeneratori ricadono:

- Nel comune di Mafalda, nello specifico le torri WTG1, WTG2, WTG4, WTG5, WTG6, WTG7
- Nel comune di Montenero di Bisaccia la torre WTG3

Le aree d'impianto sono servite dalla viabilità esistente costituita da strade statali, provinciali, comunali e da strade interpoderali e sterrate da adeguare.

Il tracciato del cavidotto esterno attraversa il territorio dell'agro di Mafalda e di Montenero di Bisaccia in provincia di Campobasso.

La sottostazione elettrica Utente (SSEU) e la stazione elettrica Terna (SE) ricadono sul territorio di Montecilfone (CB).

Gli aerogeneratori ricadono su un'area posta a nord-est del centro urbano di Mafalda ad una distanza di circa 2,1 km (WTG06).

Il parco eolico è circoscritto dalle seguenti strade statali:

- SS 157 a sud

L'accesso alle torri è garantito in particolare dalla Strada Statale 157 passando per il centro abitato di Montenero di Bisaccia. La viabilità da realizzare non prevede opere di impermeabilizzazione. Sono inoltre previste piazzole in prossimità degli aerogeneratori sempre in materiale arido drenante

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	6 di 23

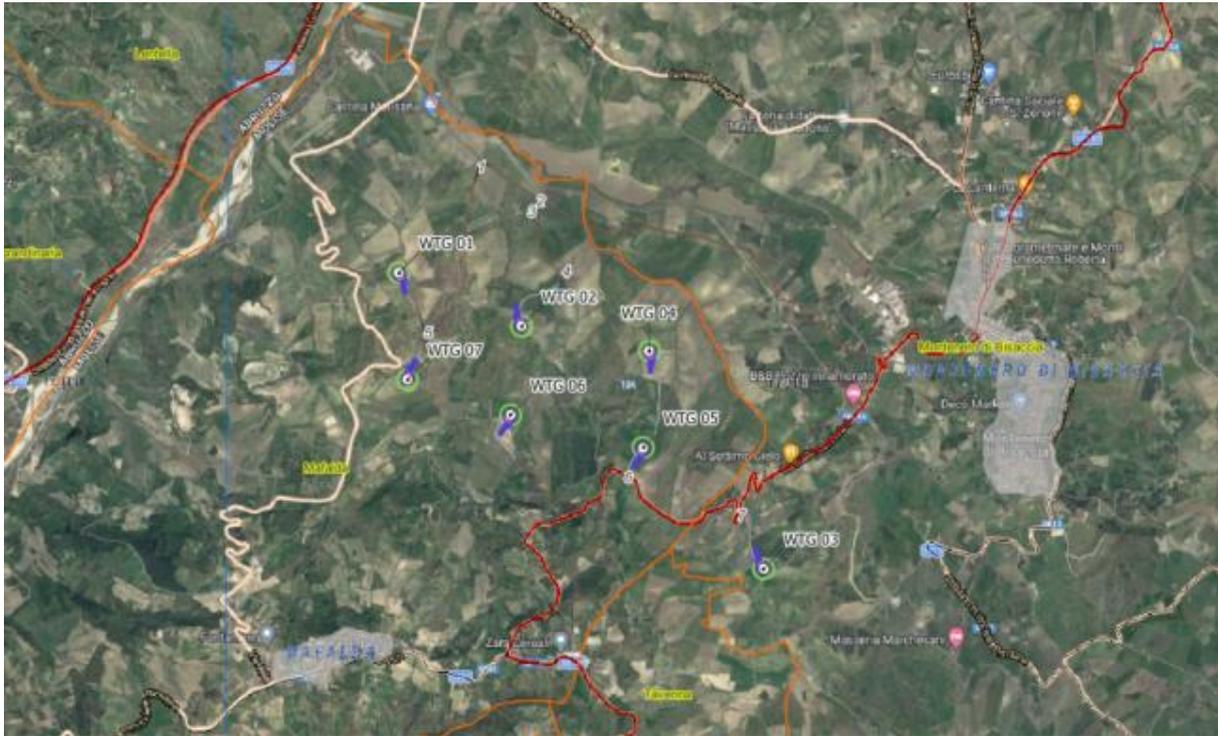


Figura 1. Inquadramento geografico

2 Unità di misura e glossario

Un campo elettrico è una regione di spazio dove si manifestano forze sulle cariche elettriche, dando

possibilmente origine, se le cariche sono libere di muoversi, a correnti elettriche;

analogamente, un campo magnetico è una regione di spazio dove si manifestano forze sui dipoli magnetici e correnti elettriche sui conduttori; anche il campo magnetico è in grado di generare correnti nei materiali conduttori, poiché determina in essi un campo elettrico indotto, così come un campo elettrico può generare un campo magnetico indotto.

Numerosi parametri permettono di descrivere le caratteristiche fisiche dei campi; qui ci interessano in

particolare l'ampiezza (che è una misura della intensità delle forze prodotte dai campi) e

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	7 di 23

la frequenza (che indica quanto rapidamente l'ampiezza varia nel tempo); quest'ultima si misura in "hertz" (simbolo Hz), l'intensità del campo elettrico si misura in "volt/metro" (V/m), l'intensità del campo magnetico in "tesla" (T); essendo questa un'unità di misura molto grande, si utilizzano spesso i sottomultipli "millitesla" (mT) e "microtesla" (μ T). Gli elementi dell'ambiente e del progetto utili per l'identificazione e per la valutazione dell'impatto elettromagnetico sull'ambito territoriale in cui ricade il parco eolico sono riferibili alle caratteristiche:

- delle linee di trasporto della energia elettrica prodotta dal parco eolico;
- del parco eolico stesso.

L'inquinamento elettromagnetico che un parco eolico può determinare sull'ambiente può essere

esclusivamente di tipo diretto, ossia generati dall'inserimento dell'opera nel contesto.

I campi elettromagnetici generati in un parco eolico possono essere attribuiti principalmente a due fonti:

- parti metalliche in rotazione;
- linee di trasporto dell'energia elettrica.

In merito alla prima fonte, si può subito affermare che il campo elettromagnetico delle macchine di riferimento è nullo in quanto le loro pale sono realizzate in materiale composito (GRP o simile), materiale dielettrico e, pertanto, non metallico e ruotano ad una velocità massima per cui è da escludere la creazione di campi elettromagnetici.

In merito alla seconda fonte, il trasporto dell'energia elettrica dall'impianto eolico alla cabina di trasformazione (MT/AT) e versamento nella rete di trasmissione nazionale avverrà mediante un cavidotto interrato.

I campi elettrici e magnetici associati alla linea interrata sono trascurabili in considerazione della tensione di esercizio, della disposizione ravvicinata dei conduttori ed all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	8 di 23

3 Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti

Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza industriale di 50 Hz,

costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz. Tali frequenze sono

“estremamente basse” (rispetto alle radiofrequenze), e sono anche denominate con l'acronimo ELF. I campi ELF ovviamente non sono ionizzanti, tuttavia vi sono vari indizi della nocività per campi di elevata intensità.

Alla frequenza di 50 Hz, come nel caso del campo vicino in radiofrequenza, le componenti del campo

magnetico ed elettrico devono essere considerate separatamente.

L'intensità del campo elettrico in un punto dello spazio circostante un singolo conduttore è correlata alla

tensione ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza dal conduttore.

L'intensità del campo

induzione magnetica è invece proporzionale alla corrente nel conduttore ed inversamente proporzionale alla distanza dal conduttore stesso.

Nel caso di macchine elettriche i campi generati vanno in funzione della tipologia di macchina (alternatore, trasformatore, ecc.) ed anche del singolo modello di macchina.

In generale, si può affermare che il campo generato dalle macchine elettriche decade nello spazio più velocemente che con il quadrato della distanza (Fig. 3).

In ogni caso, per l'abbattimento del campo elettromagnetico generato dai trasformatori saranno posti degli schermi all'interno delle cabine costituiti da lastre di alluminio. Per lo studio dell'effetto dei campi generati dal nuovo elettrodotto è quindi possibile fare riferimento ai campi indotti dalla sola linea, trascurando i campi generati dai trasformatori e dalle macchine elettriche. Per quanto riguarda il campo elettromagnetico generato dalle singole apparecchiature installate in sottostazione, non esistendo un modello matematico che ne permetta il calcolo preliminare, si sottolinea comunque che

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	9 di 23

tutte le apparecchiature installate rispetteranno i requisiti di legge e tutte le normative tecniche di prodotto riguardo la compatibilità e le emissioni elettromagnetiche.

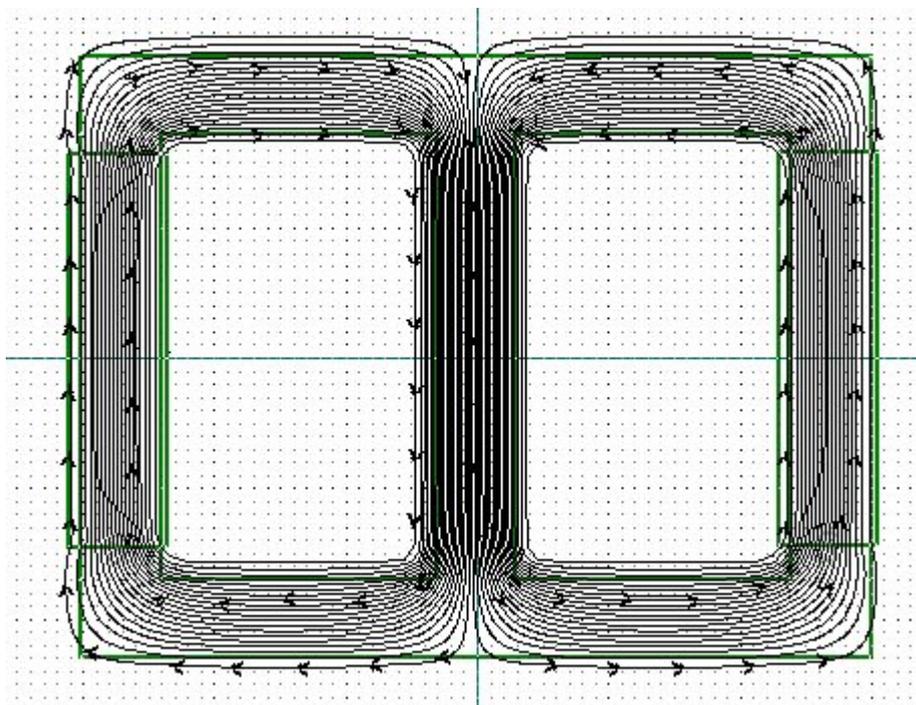


Figura 3: Armatura di un trasformatore linee di isoinduzione, rappresentazione qualitativa

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 (T), milliTesla (mT) o microTesla (μ T). I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza e non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

4 Norme di riferimento

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	10 di 23

alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”.

- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”.
- DM 21 marzo 1988, n. 449 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne” e s.m.i.”.
- CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV”.
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I”.
- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche”.
- Rapporto CESI-ISMES A7034603 “Linee Guida per l’uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0”.
- Rapporto CESI-ISMES A8021317 “Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie”.

5 Limiti di legge e limiti di qualità

Prima di definire i limiti di esposizione ai campi elettromagnetici è necessario introdurre alcune definizioni:

- **esposizione:** la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici di origine artificiale;
- **limite di esposizione:** il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti;
- **valore di attenzione:** valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici, e nei luoghi adibiti

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	11 di 23

a permanenze prolungate;

- **obiettivi di qualità:** valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definito ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003. *"Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti"*.

Nel caso di campo elettrico il limite di esposizione deve risultare inferiore al valore fissato di **5 kV/m**.

Nel caso di campo magnetico i limiti di esposizione sono:

- **100 µT:** limite di esposizione ai fini della tutela da effetti acuti;
- **10 µT:** valore di attenzione da intendersi applicato ai fini della protezione da effetti a lungo termine, come mediana dei valori lungo l'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio;
- **3 µT:** obiettivo di qualità da intendersi applicato ai fini della protezione da effetti a lungo termine come mediana dei valori lungo l'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

I livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE fissano a 100 µT il limite di esposizione da induzione magnetica e 5 kV/m il limite di esposizione al campo elettrico.

Il valore di attenzione di 10 µT si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli

ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	12 di 23

L'obiettivo di qualità di 3 μ 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).

È opportuno definire il concetto di mediana: "data una successione di valori disposti in ordine non decrescente di grandezza, è quel valore preceduto e seguito da uno stesso numero di valori. Se il numero delle grandezze è dispari, la mediana è quel valore che occupa il posto centrale della successione; se è pari, essendo due i valori centrali, la mediana è qualunque valore compreso fra di essi (in genere si considera la semisomma dei due valori centrali)". Poiché in sede preliminare è difficile stabilire quale possa essere la variazione del carico (corrente) lungo gli elettrodotti e conseguentemente è altresì impossibile determinare la mediana dei valori del campo magnetico nell'arco di 24 ore in condizioni di normale esercizio, ai fini cautelativi si è proceduto al calcolo del campo magnetico nella condizione più sfavorevole di massimo carico transitante lungo l'elettrodotto in esame: sicuramente la mediana dei valori nelle 24 ore non potrà essere superiore al valore così calcolato.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: "Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio" (Art. 4).

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	13 di 23

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

6 Descrizione impianto

6.1 Linee di distribuzione in MT

Per la trasmissione di energia elettrica sarà utilizzata una terna di cavi per media tensione tripolari ad elica visibile con conduttori di alluminio isolati con polietilene reticolato sotto guaina di polietilene e fune portante di acciaio rivestito di alluminio, con sezione variabile da 185 a 630 mm².

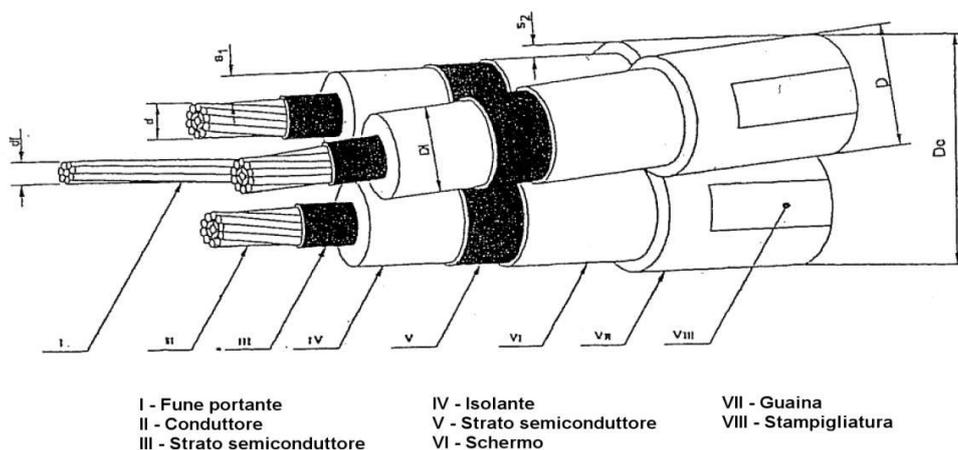


Figura 4: Esempio di cavo

Le caratteristiche dei cavi sono presentate nelle Tab. 1-2:

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: PD003
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Data: 30/08/2023
		Revisione: 00
		Pagina: 14 di 23

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5EX

sezione nominale	diámetro conduttore	diámetro sull'isolante	diámetro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
<i>conductor cross-section</i>	<i>conductor diameter</i>	<i>diameter over insulation</i>	<i>nominal outer diameter</i>	<i>approximate weight</i>	<i>minimum bending radius</i>
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
<i>conductor cross-section</i>	<i>open air installation</i>	<i>underground installation trefoil</i>	
(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	2480	680
70	9,7	25,6	34	2600	680
95	11,4	26,5	35	2860	700
120	12,9	27,4	36	3120	720
150	14,0	28,1	37	3390	740
185	15,8	29,5	38	3790	760
240	18,2	31,5	42	4440	820
300	20,8	34,7	45	5240	890

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	223
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5E

sezione nominale	diámetro conduttore	diámetro sull'isolante	diámetro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura
<i>conductor cross-section</i>	<i>conductor diameter</i>	<i>diameter over insulation</i>	<i>nominal outer diameter</i>	<i>approximate weight</i>	<i>minimum bending radius</i>
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)

sezione nominale	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio p=1 °C m/W	posa interrata a trifoglio p=2 °C m/W
<i>conductor cross-section</i>	<i>open air installation</i>	<i>underground installation trefoil</i>	
(mm ²)	(A)	(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

400	23,8	37,9	48	2130	650
500	26,7	41,0	51	2550	690
630	30,5	45,6	56	3130	760

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 18/30 kV

400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

Tabelle 1-2: Caratteristiche dei cavi MT

6.2 Sottostazione elettrica 30/150 kV

All'interno della Sottostazione Elettrica vi sarà una cabina MT ove saranno ubicati i quadri MT di protezione e controllo delle linee elettriche MT in arrivo dall'impianto eolico e in uscita verso il trasformatore di potenza AT/MT. Vi sarà una sezione di trasformazione MT/AT ed una sezione di partenza in cavo interrato AT a 150 kV per la connessione allo stallo AT della nuova stazione elettrica di smistamento Terna.

7 Metodologia di calcolo dei campi elettrici ed induzione magnetica

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con Decreto 29 maggio 2008, ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti, elaborata dall'APAT. In tale documento si evidenzia che la metodologia

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	15 di 23

di calcolo si applica per le DPA (distanze di prima approssimazione) delle cabine elettriche, mentre non si applica alle linee in media tensione in cavo cordato a elica (interrate o aeree), come nel caso delle linee MT in oggetto.

Il metodo di calcolo adottato dal progettista dell'opera per la stima dei campi elettromagnetici è conforme alla norma CEI 211-4 "Guida ai Metodi di Calcolo dei Campi Elettrici e Magnetici Generati da Linee Elettriche".

Il campo elettrico E generato da un conduttore interrato risente molto dello smorzamento dovuto alla presenza del terreno ed è dato dalla formula seguente:

$$E = \rho \frac{I}{2\pi r^2}$$

Dove ρ è la densità di carica volumica del terreno, che nel caso in esame vale (10) Ωm , I è la corrente circolante nel cavo, r è la distanza a cui si calcola il valore del campo elettrico.

Il campo induzione magnetica B in ogni punto P dello spazio è calcolato integrando numericamente per ogni

singolo conduttore l'equazione seguente:

$$B = \mu_0 \mu_r \oint \frac{i}{r^3} (r * s) ds$$

in cui i è la corrente, r il vettore distanza tra il generico tratto elementare ds di conduttore ed il punto P , e μ_0 la permeabilità magnetica del vuoto. Nel calcolo si è assunto il valore di $1,25 \cdot 10^{-6} \text{ N/A}^2$ per la permeabilità magnetica μ_0 dell'aria ed un valore unitario per la permeabilità magnetica relativa μ_r del terreno. L'intensità del campo generato da ogni conduttore è stata successivamente sommata vettorialmente, tenendo conto sia degli sfasamenti di corrente che della diversa posizione di ogni conduttore.

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche,

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	16 di 23

meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 5.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (DPA).

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno,

considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole, per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale. In particolare, il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

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

Dove λ è la densità lineare di carica sul conduttore, ϵ_0 è la permittività del vuoto, d è la distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo e \vec{u}_r è il versore unitario con direzione radiale al conduttore

Si precisa che, per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	17 di 23

interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno. Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico sulla verticale dei cavidotti e sulle immediate vicinanze.

7.1 Aerogeneratore

Gli aerogeneratori producono energia elettrica in bassa tensione. Dalla navicella l'energia viene trasferita al trasformatore MT/BT mediante dei cavi BT installati all'interno della struttura. Per i cavi in BT non è applicabile la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (art. 3.2 DM 29/05/2008). Riguardo i trasformatori MT/BT il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza da esso. La Tab. 3 seguente mostra i valori dell'induzione magnetica, espressi in μT , al variare della distanza dal trasformatore stesso.

Potenza TRAF0 (kVA)	DISTANZA DAL TRASFORMATORE				
	1 m	2 m	3 m	5 m	7 m
6000	269,63	38,72	12,44	2,98	1,16

Tabella 3: Campo magnetico [μT] generato da un trasformatore

Il trasformatore MT/BT è posto all'interno della navicella dell'aerogeneratore, pertanto, a quota terreno si garantisce certamente un valore di campo magnetico compatibile perfino con gli obiettivi di qualità.

7.2 Cavidotti

I cavidotti saranno installati adottando tutti gli accorgimenti per minimizzare gli effetti elettromagnetici

sull'ambiente e sulle persone. La scelta di installare linee MT interrate permette di

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	18 di 23

eliminare la componente

elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre, la limitata distanza tra i cavi fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Per le simulazioni si sono presi in esame i tratti dei cavidotti più significativi e rappresentativi della totalità dei casi. In particolare, saranno simulati i seguenti tratti di cavidotto:

Nr. Linea	Tratto	Lunghezza (m)	Potenza (kVA)@ OSFI 0.9	Profondità scavo (m)	Cavi
1	01-WTG01/WTG07	1400	5400	1,5	1x(3x240)
1	02-WTG07/WTG02	4750	10800	1,5	1x(3x300)
1	03- WTG02/CABINA	6150	16200	1,5	2x(3x300)
2	04-WTG06/WTG03	4050	5400	1,5	1x(3x240)
2	05-WTG03/CABINA	3500	10800	1,5	1x(3x300)
3	06-WTG04/WTG05	1400	5400	1,5	1x(3x240)
3	07-WTG05/CABINA	4600	10800	1,5	1x(3x300)
1-2-3	08-CABINA/SSEU	9300	37800	1,7	4x(3x300)

7.3 Cabina di raccolta

La stima delle DPA per la cabina di raccolta dell'impianto eolico in progetto è fatta ai sensi del § 5.2

dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), secondo il quale per Cabine Secondarie di tipo box o similari, la DPA è intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali).

In particolare, si fa riferimento al caso studio di una cabina di sola consegna MT (ove vi sono presenti esclusivamente apparecchiature MT, com'è il caso in progetto), secondo il quale la DPA da considerare è la stessa della linea MT entrante/uscente. Pertanto, considerando lo studio delle DPA condotto per i cavidotti e illustrato nel precedente paragrafo si avrebbe una DPA dalla cabina di raccolta pari a 1,20 m da ciascuna dalle

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	19 di 23

pareti, affinché si raggiungano i valori di campo magnetico e campo elettrico attesi ($B < 3 \mu T$ - $E < 5 \text{ kV/m}$). A favore di sicurezza, si vuole tenere conto anche di ciò che riportano le "Linee Guida per l'applicazione dell'Allegato al DM 29.05.08" di Enel Distribuzione SpA. Queste considerano una DPA massima per una cabina secondaria tipo BOX o similare pari a 2 m.

7.4 Sottostazione elettrica utente (SSEU) di trasformazione MT/AT

L'energia proveniente dalle torri eoliche raggiungerà la Sottostazione di Trasformazione (Lato utente), ubicata in prossimità della nuova SE Terna. Qui è previsto:

- un ulteriore innalzamento della tensione con una trasformazione 30/150 kV; la misura dell'energia prodotta;
- la consegna a TERNA S.p.A..
La sottostazione sarà realizzata su una superficie di circa 5.208 mq. Al suo interno sarà presente un edificio adibito a locali tecnici, in cui saranno allocati gli scomparti MT, i quadri BT, il locale comando controllo.
- La sottostazione elettrica sarà realizzata nei pressi della nuova SE Terna. In dettaglio le opere di connessione dell'impianto eolico consistono nella realizzazione di:
una sottostazione elettrica di trasformazione 30/150 Kv;
- un cavidotto AT interrato per il collegamento della sottostazione elettrica (lato utente) allo stallo di consegna AT che sarà predisposto nella nuova Stazione Elettrica 150 kV Terna S.p.A.

Per quanto concerne la determinazione della fascia di rispetto, la SSEU è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria. In conformità a quanto riportato al paragrafo 5.2.2 dell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008, per questa tipologia di impianti la DPA e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso (area recintata).

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato: PD003
		Data: 30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione: 00
		Pagina: 20 di 23

L'impatto elettromagnetico nella SSEU è essenzialmente prodotto:

- dall'utilizzo dei trasformatori BT/MT e MT/AT;
- dalla realizzazione delle linee/sbarre aeree di connessione tra il trafo e le apparecchiature elettromeccaniche;
- dalla linea interrata AT;

L'impatto generato dalle linee/sbarre AT è di gran lunga quello più significativo e pertanto si procederà al

calcolo della fascia di rispetto dalle linee/sbarre AT.

Le linee/sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,5 m, ad un'altezza di circa 4,6 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in esame si ha:

- S (distanza tra i conduttori) = 2,5 m;
- P_n = Potenza massima dell'impianto in progetto (42 MW);
- V_n = Tensione nominale delle linee/sbarre AT (150 kV).

Quindi, si avrà:

$$I = \frac{P_n}{(V_n * 1,73 * \cos\varphi)}$$

I = 179,83 A

ed utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si avrà:

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(2,5 \times 179,83)} = 7,21 \text{ m}$$

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	21 di 23

La distanza minima, misurata in pianta, delle linee/sbarre dal perimetro della SSEU è di circa 10 m, superiore alla distanza $R' = 7,21$ m.

In conclusione:

- in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e, quindi, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza della cabina di trasformazione in progetto;
- la sottostazione di trasformazione è comunque realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 500 m, con la sola presenza di un edificio produttivo posto ad una distanza superiore ai 300 m.
- all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.

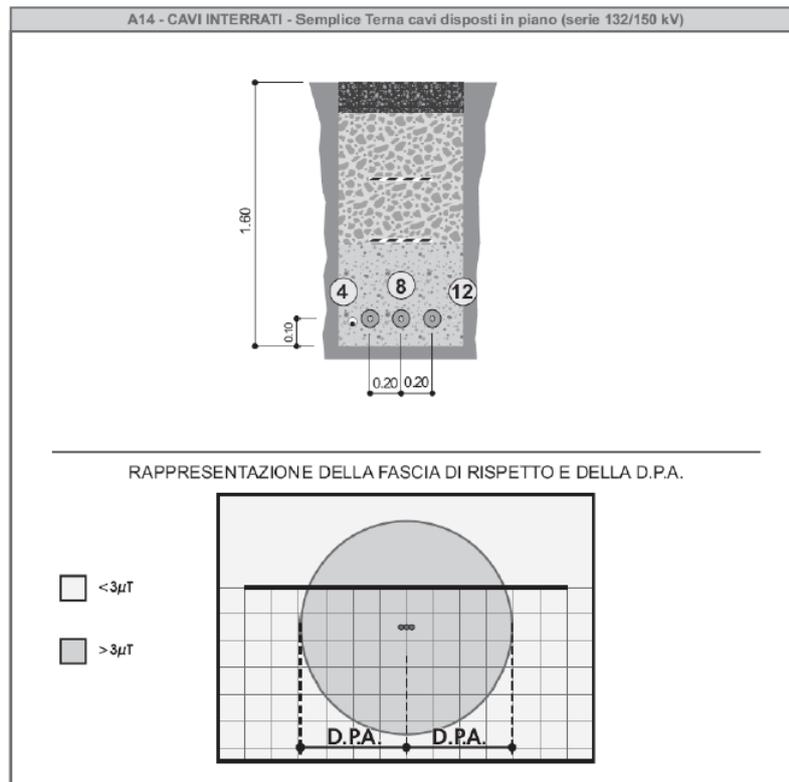
Pertanto, si può affermare che l'impatto elettromagnetico su persone, prodotto dalla realizzazione della SSEU, sarà trascurabile.

7.5 Linea elettrica interrata AT

La linea elettrica interrata AT (della lunghezza di circa 30 m) permette di collegare la Sottostazione Elettrica alla nuova SE Terna, per la consegna alla RTN dell'energia prodotta dal parco eolico.

Tale linea sarà realizzata con cavo in conduttore di alluminio, 3x1x1600 mm². I tre cavi saranno posati in piano all'interno di una trincea di profondità 1,5 m e larghezza 0,8 m. Con riferimento alla "Linea guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08" nella scheda A14 (semplice terna di cavi disposti in piano – serie 132/150 kV) per sezione dei cavi di 1600 mmq, si riporta una DPA (ovvero una distanza dalla linea oltre la quale l'induzione magnetica è <3 µT) pari a 5,10 m.

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	22 di 23



CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO				
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm ²]	CEI - 11-80 Portata [A]		
		Corrente A	D.P.A. m	Riferimento
108	1600	1110	5.10	A14

Figura 5 - Scheda A14 delle Linee Guida per l'applicazione dell'Allegato al DM 29.05.08 di Enel Distribuzione SpA

Si fa presente, però, che tale valore è calcolato considerando una corrente che attraversa i cavi pari a 1.110 A, nel caso del presente impianto eolico, come già calcolato nel paragrafo precedente, la corrente che attraverserà il cavo AT (pari a quella che attraversa le sbarre AT) avrà un valore di circa 179,83 A; pertanto, la DPA sarà sicuramente inferiore a quella calcolata nella scheda presa come riferimento.

Wind Energy Mafalda srl Impianto Eolico “Mafalda”	Progetto Definitivo	Codice Elaborato:	PD003
		Data:	30/08/2023
	RELAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI	Revisione:	00
		Pagina:	23 di 23

8 Conclusioni

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008

riportando per ogni opera

elettrica la suddetta distanza. Dalle analisi effettuate si può desumere quanto segue:

- Per i cavidotti in MT le DPA sono state determinate al più nell'intorno di 1,20 m dall'asse del cavidotto al livello del suolo;
- Per la cabina di raccolta la distanza di prima approssimazione sarà pari a non più di 2 m dal perimetro della stessa;
- Per la sottostazione elettrica 150/30 kV, la distanza di prima approssimazione è stata valutata a circa 7,21 m dalle sbarre AT. Tale distanza ricade all'interno della recinzione della stazione;
- Per il cavidotto in alta tensione la distanza di prima approssimazione non sarà più di 5 m rispetto all'asse del cavidotto.

Ad ogni modo si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori sensibili (ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere) nelle zone interessate.

A conforto di ciò che è stato fin qui detto, a lavori ultimati si potranno eseguire prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

Si può quindi concludere che le opere elettriche relative alla realizzazione dell'impianto eolico in progetto rispetta la normativa vigente.