



PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN
IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 99 MW
DENOMINATO "OLVINDITTA" DA REALIZZARSI NEL
COMUNE DI ALA' DEI SARDI (SS) CON LE RELATIVE OPERE
DI CONNESSIONE ELETTRICHE

STUDIO PREVISIONALE PER LA VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Rev. 0.0

Data: Novembre 2023

WIND006-RA8

Committente:

Repsol Alà Dei Sardi S.r.l.
Via Michele Mercati n. 39
00197 Roma (RM)
C.F. e P. IVA: 17089351005
PEC: repsolaladeisardi@pec.it

Progetto e sviluppo:

Queequeg Renewables, ltd
2nd Floor, the Works,
14 Turnham Green Terrace Mews,
W41QU London (UK)
Company number: 11780524
email: mail@quren.co.uk

Progettazione e SIA:

I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l.



www.iatprogetti.it



PROGETTAZIONE:

I.A.T. Consulenza e Progetti S.r.l.

Ing. Giuseppe Frongia (Direttore Tecnico)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe Frongia (Coordinatore e responsabile)

Ing. Marianna Barbarino

Ing. Enrica Batzella

Dott. Pian. Andrea Cappai

Ing. Paolo Desogus

Pian. Terr. Veronica Fais

Dott. Fabio Mancosu

Ing. Gianluca Melis

Dott. Fabrizio Murru

Ing. Andrea Onnis

Pian. Terr. Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

Ing. Marco Utzeri

COLLABORAZIONI SPECIALISTICHE:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Mauro Pompei

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Maurizio Medda

Caratterizzazione pedologica: Agr. Dott. Nat. Nicola Manis

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Dott. Nat. Francesco Mascia

Aspetti archeologici: Dott. Luca Sanna

SOMMARIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introduzione..... | 4 |
| 2 | Protezione dai campi elettromagnetici..... | 6 |
| 3 | Opere da realizzare e assoggettamento al DM 29.05.08..... | 9 |
| 3.1 | Descrizione generale aerogeneratori..... | 9 |
| 3.2 | Descrizione linee di distribuzione a 36 kV..... | 11 |
| 4 | Calcolo DPA aerogeneratori..... | 13 |
| 5 | Descrizione generale cavidotti a 36 kV..... | 14 |
| 5.1 | Risultato del calcolo..... | 15 |
| 5.1.1 | Cavidotto composto da una terna 3x1x500 mm ² | 15 |
| 5.1.2 | Cavidotto composto da due terne 3x1x500 mm ² | 16 |
| 5.1.3 | Cavidotto composto da tre terne 3x1x500 mm ² | 17 |
| 6 | Calcolo DPA cavidotto 36 kV connessione SE Terna..... | 18 |
| 7 | Calcolo DPA cabina colletttrice d'impianto a 36 kV..... | 19 |
| 8 | Presenza di persone nell'impianto..... | 20 |
| 9 | Conclusioni..... | 21 |
| 10 | Leggi, Norme e Regolamenti..... | 23 |
| 10.1 | Norme legislative..... | 23 |
| 10.2 | Norme tecniche..... | 23 |
| 10.3 | Guide ENEL..... | 23 |
| 10.4 | Altri riferimenti bibliografici..... | 23 |

1 Introduzione

La presente relazione tecnica è parte integrante del parco eolico denominato "Orria" da realizzarsi, su proposta della Società Repsol Alà Dei Sardi S.r.l. detenuta dal Gruppo Repsol Renovables SA, nei comuni di Alà dei Sardi e Buddusò nella Provincia di Sassari e Bitti nella Provincia di Nuoro.

Il progetto riguarda l'installazione di n. 15 turbine di potenza unitaria pari a 6,6 MW, posizionate su torri di sostegno in acciaio dell'altezza pari a 135 m e aventi diametro del rotore pari a 172 m, nonché l'approntamento delle opere accessorie indispensabili per un ottimale funzionamento e gestione della centrale (viabilità e piazzole di servizio, distribuzione elettrica di impianto e cavidotto di interconnessione delle opere per la successiva immissione dell'energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale).

L'impianto raggiungerà complessivamente una potenza nominale di 99 MW, pari al valore massimo in immissione stabilito dal preventivo di connessione con codice pratica 202200072, rilasciato dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (Terna).

Sulla base della citata Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG), si prevede che l'impianto venga connesso in antenna sulla sezione a 36 kV di una nuova Stazione Elettrica della Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) a 380/150/36 kV da raccordare alla linea RTN a 150 kV "Buddusò – Siniscola" e da collegare, per mezzo di elettrodotto a 380 kV, sulla futura sezione a 380 kV della Stazione idroelettrica "Taloro".

Le opere funzionali alla connessione dell'impianto alla RTN riguarderanno anche i comuni di Buddusò e Bitti nel quale, nei pressi del sito individuato in via preliminare per il posizionamento della futura Stazione di Terna, in località *S'Ispatula*, è in progetto la realizzazione di una ulteriore cabina colletttrice oltre a quella già prevista in area di impianto.

Il cavidotto in antenna a 36 kV per il collegamento della centrale alla stazione RTN costituisce impianto di utenza per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 36 kV nella medesima stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

La presente relazione, in conformità al procedimento per il calcolo della fascia di rispetto di cui al § 5.1.3 del D.M. 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), fornisce una valutazione previsionale dei campi elettromagnetici associati all'esercizio delle opere impiantistiche relative alla messa in esercizio delle infrastrutture elettriche necessarie, stimando quantitativamente i valori delle fasce di rispetto (distanza di prima approssimazione - DPA) dalle opere previste dal progetto.

La determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle opere elettromeccaniche che insistono sulla porzione di territorio interessata dal progetto è stata condotta in accordo con i seguenti criteri:

- sono stati considerati i dati caratteristici delle linee e si è assunta come portata in corrente circolante nelle linee, la relativa "corrente in servizio normale" così come definita all'interno della norma CEI 11-60 per le parti aeree e la CEI 11-17 per le linee in cavo;

- le linee sono schematizzate così come prevede la norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche";
- delimitazione delle regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione magnetica pari a 3 μ T (art. 4 DPCM 8 luglio 2003, obiettivi di qualità);
- le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto arrotondando all'intero più vicino le dimensioni espresse in metri.

In attesa della pubblicazione delle specifiche tecniche da parte di Terna su cavi, celle e apparecchiature per le connessioni a 36 kV (attualmente oggetto di valutazione, indagine di mercato e verifiche di cantiere da parte di Terna), ogni indicazione qui riportata ai cavi a 36 kV deve intendersi riferita a cavi da 20,8/36 kV o cavi da 26/45 kV commercialmente disponibili e idonei allo scopo.

2 Protezione dai campi elettromagnetici

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100 μ T) come valori efficaci per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10 μ T) e l'obiettivo di qualità (3 μ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore, in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al D.M. 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 μ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003) da applicare nel caso di realizzazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati.

Al fine di facilitare la lettura della presente relazione si richiamano le seguenti definizioni:

Fascia di rispetto: Spazio circostante un elettrodotto (Figura 2.1) che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, con induzione magnetica maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μ T) valutata alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

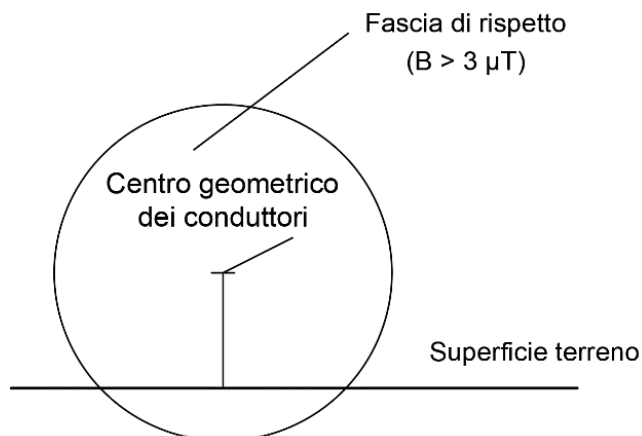


Figura 2.1 - Fascia di rispetto intorno all'elettrodotto

All'interno della fascia di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad utilizzi che comportino una permanenza non inferiore a 4 ore (Legge 36/01, art. 4, c. 1, lettera h) giornaliera.

Per la determinazione delle fasce di rispetto si deve far riferimento a:

- obiettivo di qualità ($B = 3 \mu T$);
- portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata (per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17).

Distanza di prima approssimazione (DPA): Garantisce che ogni punto distante dall'elettrodotto più di DPA si trovi all'esterno della fascia di rispetto (Figura 2.2).

Per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea (rappresenta una semi-fascia). Per le cabine elettriche rappresenta la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi).

All'interno della DPA sono individuabili anche aree che in condizioni di esercizio normali presentano una induzione magnetica $< 3 \mu T$.

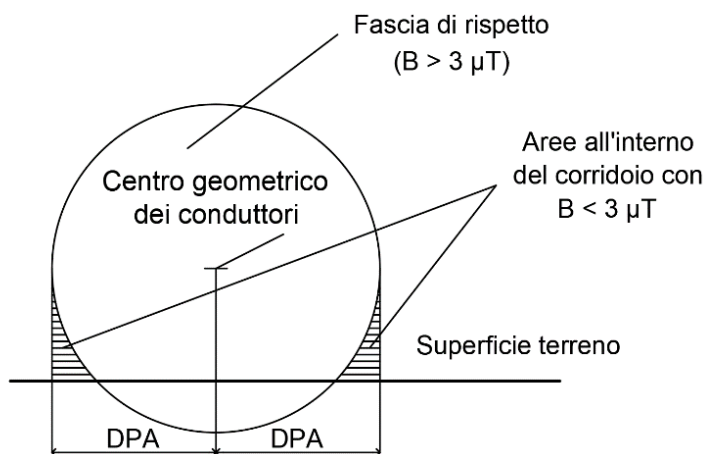


Figura 2.2- Calcolo della DPA per un elettrodotto

Elettrodotta: insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;

Linea: collegamenti con conduttori elettrici, delimitati da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti allo stesso livello di tensione;

Tronco: collegamento metallico che permette di unire due impianti (compresi gli allacciamenti);

Tratta: porzione di tronco di linea avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, meccanico e relative alla proprietà e appartenenza alla RTN;

Impianto: officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla trasformazione e/o conversione dell'energia elettrica transitante (Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di trasformazione primarie e secondarie e Cabine utente).

Il DM 29.05.08 fornisce quindi le procedure per il calcolo delle fasce di rispetto delle linee elettriche, esistenti ed in progetto, in particolare, secondo quanto previsto al § 3.2, la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee in corrente continua);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta e comunque inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i..

3 Opere da realizzare e assoggettamento al DM 29.05.08

Per quanto riguarda l'assoggettamento alla disciplina del D.M. 29.05.08, le opere da realizzare nell'impianto in esame si riferiscono a:

1. Aerogeneratori;
2. Linee di distribuzione a 36 kV per l'interconnessione degli aerogeneratori e di collegamento con la cabina colletttrice di impianto;
3. Cabine colletttrici;
4. Cavidotto alla tensione di 36 kV in antenna per la connessione dell'impianto eolico alla futura stazione elettrica della RTN a 380/150/36 kV.

3.1 Descrizione generale aerogeneratori

L'impianto eolico in progetto sarà composto da n. 15 aerogeneratori della potenza nominale unitaria di 6,6 MW, la cui curva di potenza è illustrata in Figura 3.3, per una potenza nominale complessiva dell'impianto pari a 99 MW.

Le caratteristiche principali della macchina eolica sono di seguito riportate:

- rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo di 172 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il trasformatore di macchina e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio, avente altezza massima fino all'asse del rotore pari a 135 m;
- altezza complessiva massima fuori terra (altezza al *tip*) pari a 221 m;
- diametro massimo alla base del sostegno tubolare: ~6 m;
- area spazzata massima: 23.235 m²;
- controllo della potenza attraverso la regolazione automatica dell'angolo di calettamento delle pale (pitch control);
- velocità del vento di stacco (cut-in wind speed) di circa 3 m/s;
- velocità del vento di stallo (cut-out wind speed) 25 m/s;
- vita media prevista di 30 anni.

La relativa curva di potenza della macchina di progetto.



Figura 3.1 - Aerogeneratore Vestas Enventus

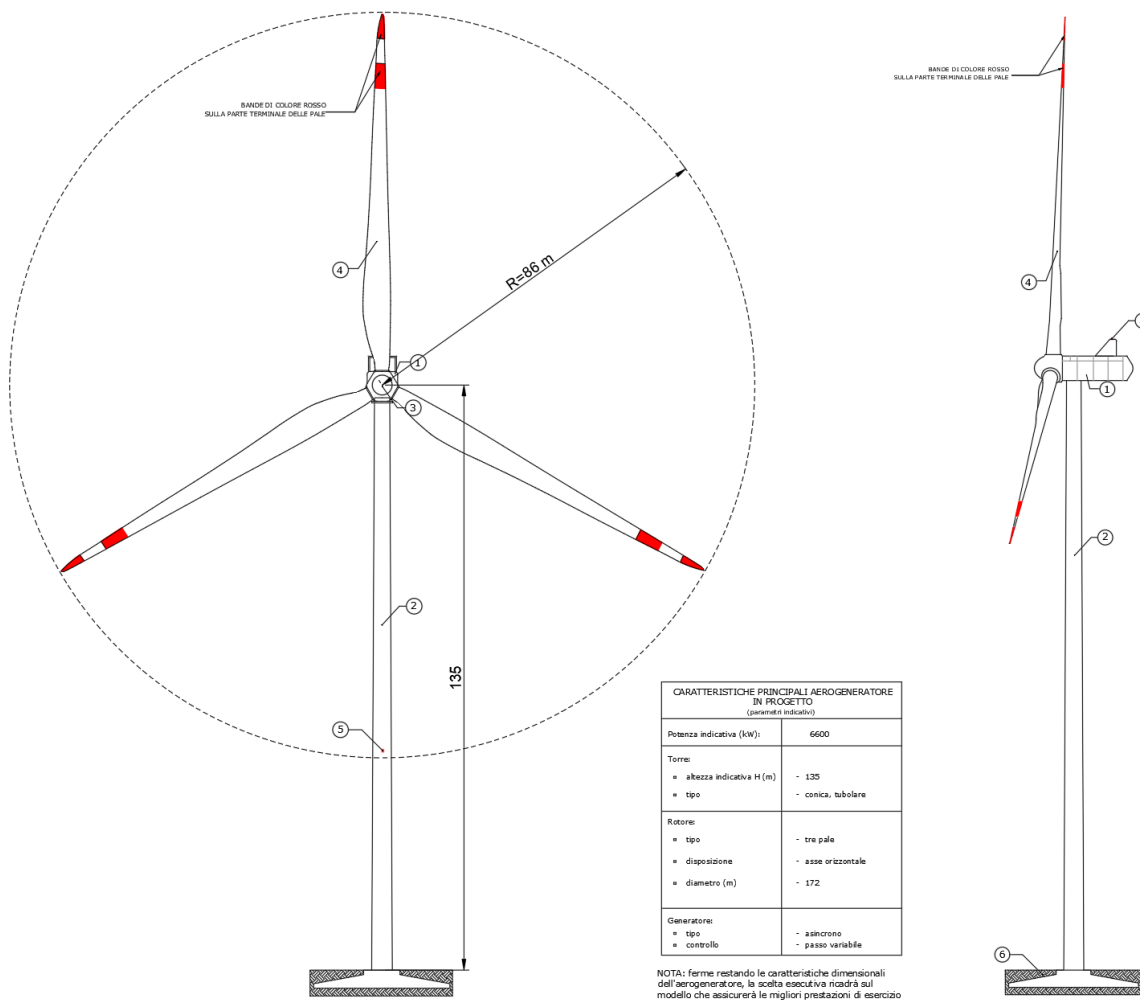


Figura 3.2 – Aerogeneratore tipo con altezza al mozzo (1) 135 m, e diametro rotore (4) di 172 m

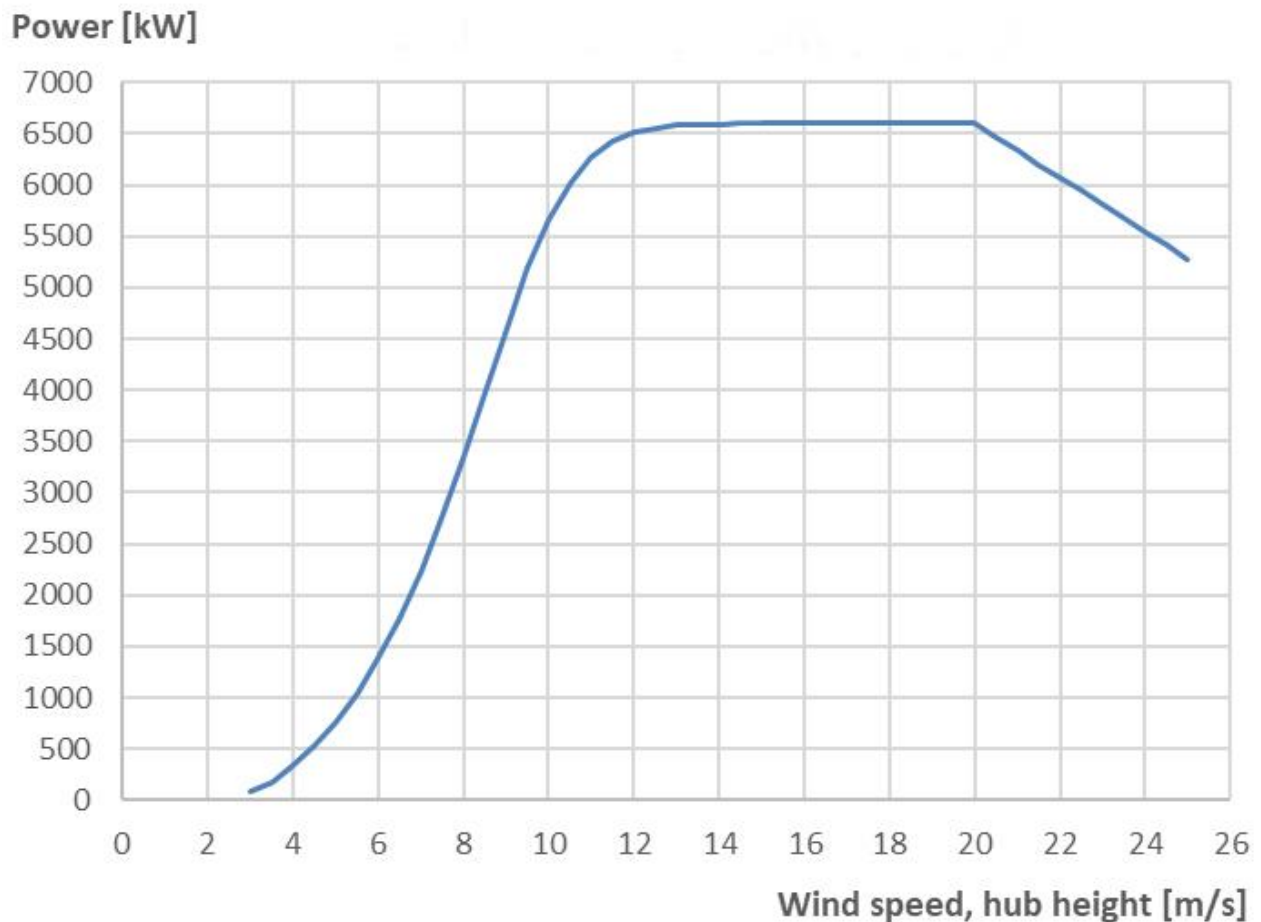


Figura 3.3 – Curva di potenza aerogeneratore di progetto da 6,6 MW

3.2 Descrizione linee di distribuzione a 36 kV

I cavidotti costituenti la distribuzione interna di impianto saranno costituiti da cavi tripolari a 36 kV del tipo cordato ad elica (ARE4H1RX-36 kV) per sezioni di cavo fino a 300 mm², mentre per sezioni superiori sarà utilizzata la versione unipolare non elicordata (ARE4H1R-36 kV). Di fatto, l'interconnessione tra le cabine collettrici a 36 kV e successivamente il collegamento con la SE RTN saranno realizzati tramite la tipologia non elicordata ARE4H1R – 36 kV di sezione pari a 630 mm².

L'utilizzo di entrambe le tipologie è indicato per impianti eolici e risultano adatti per la posa con interrimento diretto, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Le principali caratteristiche tecniche delle menzionate tipologie di cavo sono:

- Caratteristiche costruttive;
 - Conduttore: corda rotonda compatta di alluminio;
 - Semiconduttivo interno: mescola estrusa;
 - Isolamento: mescola di polietilene reticolato;
 - Semiconduttivo esterno: mescola estrusa;

- Schermatura: Fili di rame rosso e contospirale ($R_{max} 3 \Omega/km$);
- Guaina esterna: PVC di qualità Rz/ST2;
- Colore: Rosso;
- Costruzione e requisiti: EC 60502-2;
- Prova di non propagazione della fiamma: secondo normative CEI 20-35;
- Tensione nominale: 36 kV;
- Temperatura massima di esercizio del conduttore di fase: 90°C;
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C;
- Temperatura minima di posa: 0°C.

I cavi verranno posati direttamente interrati, riempiendo la trincea con il materiale di risulta dello scavo, utilizzando come protezione meccanica un nastro monitore di segnalazione e protezione, e riducendo notevolmente il materiale di risulta eccedente. Facoltativamente si potranno posare su un eventuale letto di sabbia al fine di garantire una maggior protezione agli urti e allo schiacciamento.

Le sezioni tipiche di posa dei cavidotti in progetto sono riportate nell'Elaborato grafico WIND006-TE6_Sezioni tipo vie cavo.

4 Calcolo DPA aerogeneratori

I componenti principali dell'aerogeneratore in cui si ha emissione di campi elettromagnetici sono:

- il generatore elettrico;
- le linee di connessione dalla navicella fino al quadro a 36 kV a base torre.

Nella valutazione del campo magnetico si considera il cavidotto di collegamento al generatore elettrico nell'ipotesi che questo sia attraversato dalla corrente in condizioni di massima potenza, il cui valore si può ottenere dalla seguente relazione (3):

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} = \frac{6600}{\sqrt{3} \cdot 36 \cdot 0,95} = 111,4 \text{ A} \quad (3)$$

Considerando i conduttori sulla parete del sostegno dell'aerogeneratore, il campo generato si può calcolare mediante la relazione (4) ottenuta dalla norma CEI 116-11 che è valida per una terna di conduttori disposti in piano o in verticale (a bandiera) con distanza tra i conduttori adiacenti pari a S [m] e percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Pertanto l'induzione magnetica B[μT] calcolata in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale (con R >> S) sarà data dalla seguente equazione (4):

$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad (4)$$

Dalla relazione (4) si può ricavare la distanza R corrispondente ad un valore di B pari a 3 μT (soglia obiettivo di qualità D.P.C.M. 8 luglio 2003) come:

$$R = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad (5)$$

Assumendo S pari a 0,1 m, risulta:

$$R = 0,34 \cdot \sqrt{0,1 \cdot 146} = 1,1 \text{ m} \quad (6)$$

Di conseguenza verrà assunta una DPA di 1,5 m misurata a partire dalle pareti esterne della torre.

5 Descrizione generale cavidotti a 36 kV

Gli aerogeneratori verranno interconnessi tra loro mediante collegamenti in entra-esce a mezzo di cavi interrati a 36 kV che si svilupperanno all'interno dell'area della centrale per attestarsi, infine, alla cabina colletttrice di impianto prevista in progetto.

I cavi impiegati per la distribuzione interna saranno della tipologia ad elica visibile (ARE4H1RX-36 kV) e di tipo non elicordato (ARE4H1R-36 kV), o equivalenti, la cui posa verrà realizzata mediante interrimento diretto o entro tubi corrugati a doppia parete interrati con resistenza allo schiacciamento di 750N ad una profondità di 1,2 m, con una quota maggiore di 1 m all'estradosso (Figura 5.1).

Per tale ragione, le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta e inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i..

Nella distribuzione interna all'impianto sono previste varie configurazioni con terne multiple di cavi di varie sezioni. Nei casi in cui si verificano tali configurazioni, si indicano i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo tramite il software di simulazione di campi elettromagnetici Magnetic Induction Calculation (MAGIC) della società Be Shielding s.r.l..

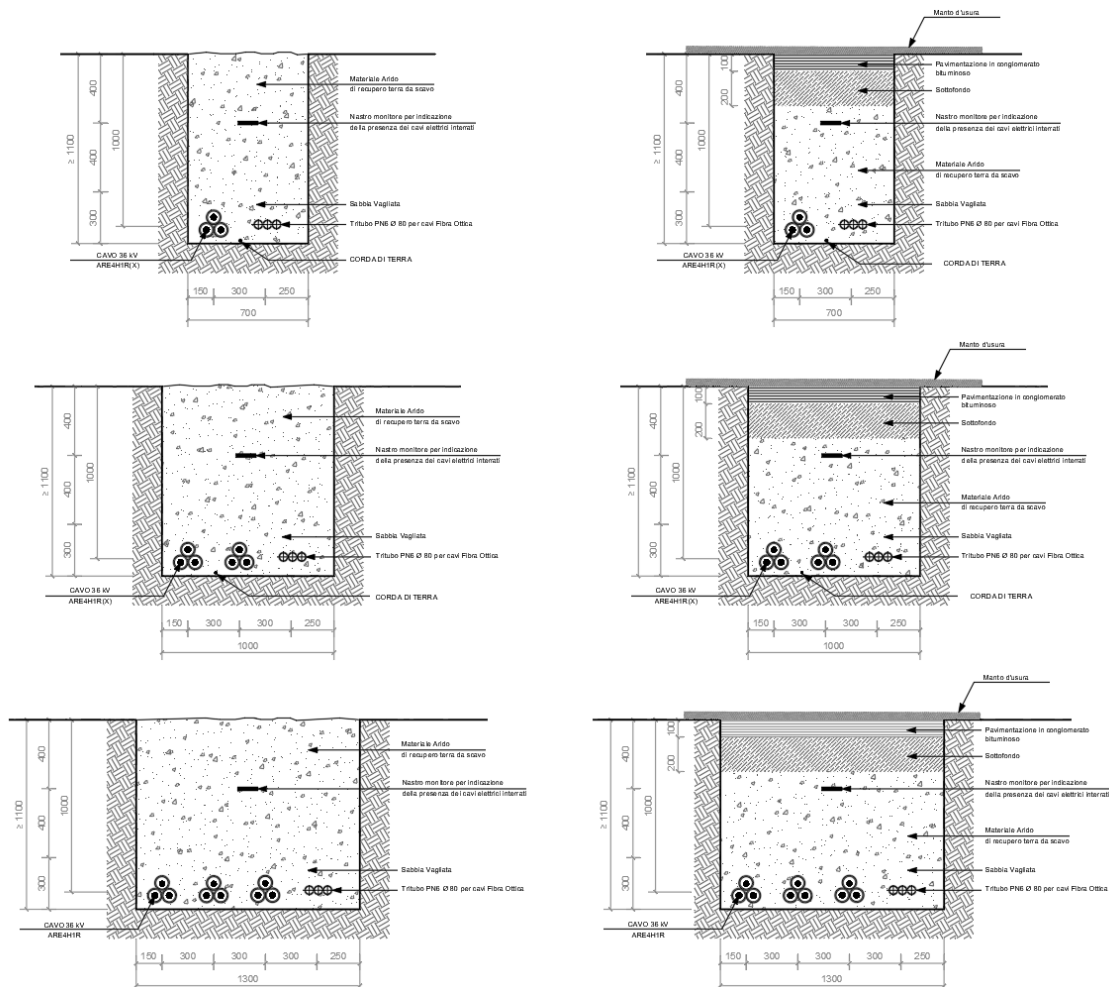


Figura 5.1 – Cavidotti in progetto tipo ARE4H1R(X) 36 kV con sezioni variabili da 50 a 500 mm²

5.1 Risultato del calcolo

5.1.1 Cavidotto composto da una terna 3x1x500 mm²

In Figura 5.2 viene illustrata graficamente la curva di equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto interrato costituito da una terna di cavi 3x(1x500) mm² disposti a trifoglio e attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata pari a 550 A.

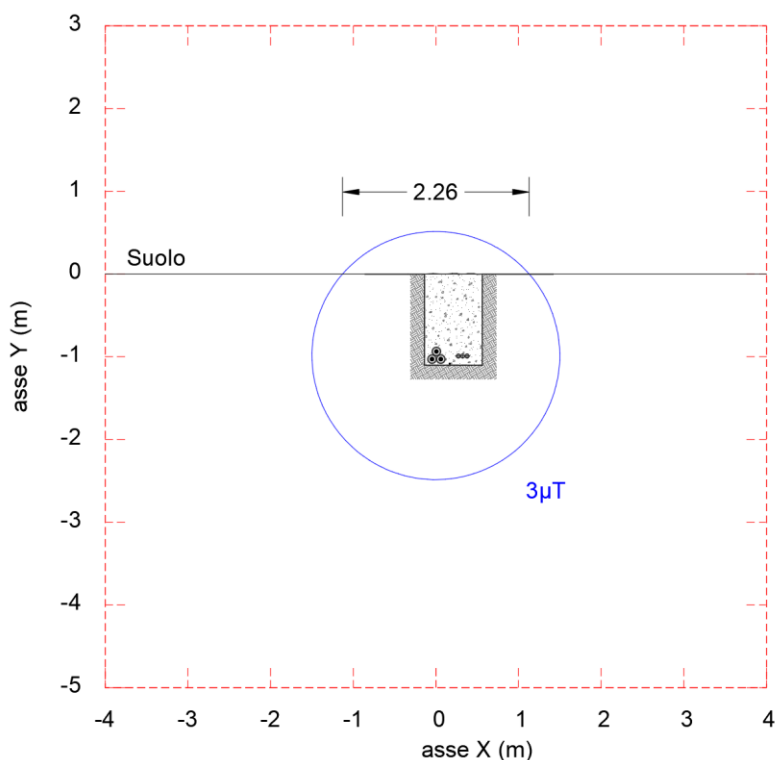


Figura 5.2 - Curva di equilivello 3μT - 1 terna di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto costituito da una terna di cavi a 36 kV attraversati da una corrente di 550 A, pari alla portata della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 2,5 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto. Quest'ultimo valore corrisponde alla fascia di rispetto.

Pertanto, per le tratte in cui è presente una terna di conduttori, si assumerà una fascia di rispetto pari a 3 m.

In Tabella 5.1 si riportano i parametri utilizzati per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 5.1 - Sezione Tipo "1C" - 1 terna di cavi interrati

| Formazione [mm ²] | Corrente [A] | Profondità di posa [m] | Diametro conduttore [m] |
|-------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| 1x500 | 550 | 1,00 | 0,05 |

5.1.2 Cavidotto composto da due terne 3x1x500 mm²

In Figura 5.3 viene illustrata graficamente la curva di equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto interrato costituito da due terne di cavi 3x1x500 mm² disposti a trifoglio e attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata pari a 550 A.

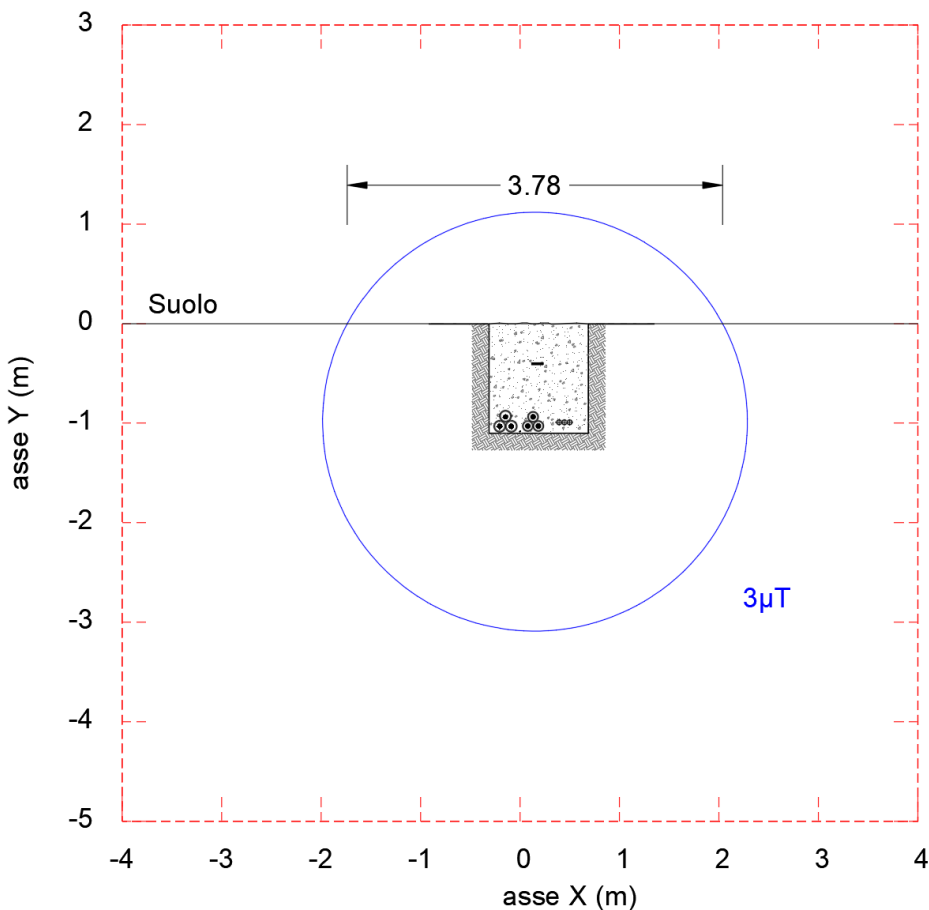


Figura 5.3 - Curva di equilivello 3μT – 2 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto costituito da due terne di cavi a 36 kV attraversati da una corrente di 550 A, i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 4 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto.

Pertanto, per le tratte caratterizzate da due terne di conduttori, verrà assunta una fascia di rispetto pari a 5 m.

In Tabella 5.2 si riportano i parametri utilizzati per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 5.2 - Sezione Tipo "2C" - 2 terne di cavi interrati

| Formazione [mm ²] | Corrente [A] | Profondità di posa [m] | Diametro conduttore [m] |
|-------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| 2 x (1x500) | 581 | 1,00 | 0,05 |

5.1.3 Cavidotto composto da tre terne 3x1x500 mm²

In Figura 5.4 viene illustrata graficamente la curva di equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da un cavidotto interrato costituito da tre terne di cavi 3x1x500 mm² disposti a trifoglio e attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata pari a 550 A.

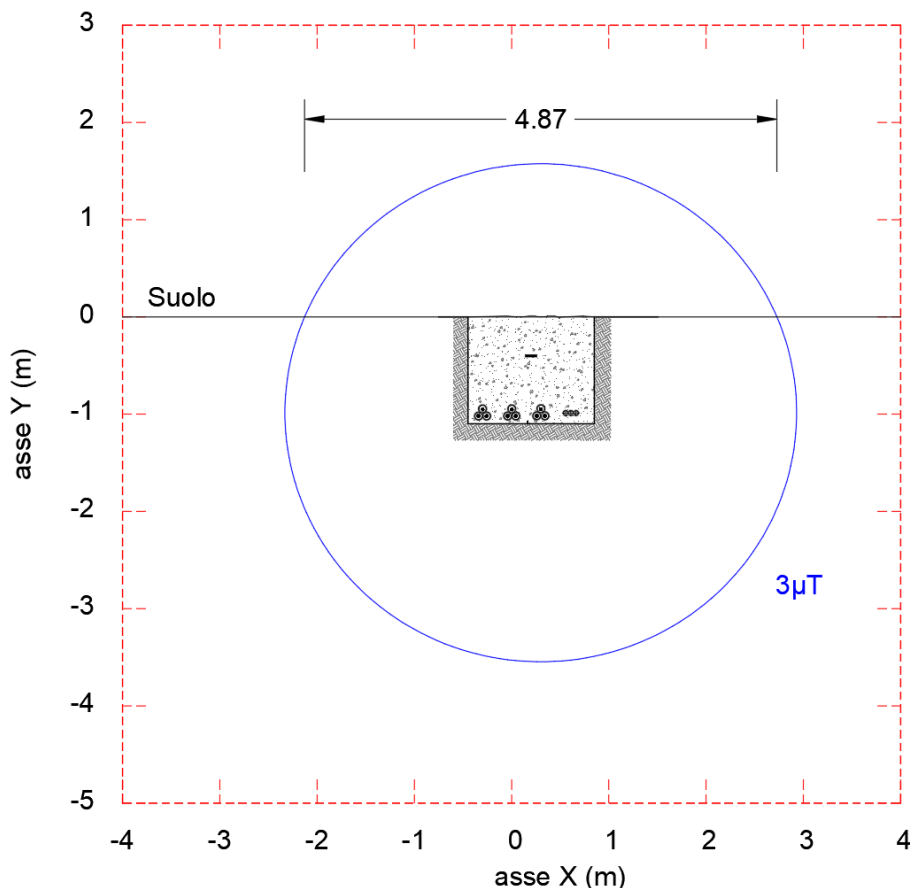


Figura 5.4 - Curva di equilivello 3μT – 3 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con tre terne di cavi a 36 kV attraversati da una corrente di 550 A, i valori di induzione magnetica calcolati ad una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 5 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto.

Pertanto, per le tratte in cui saranno presenti tre terne di conduttori, si assumerà una fascia di rispetto pari a 6 m.

In Tabella 5.3 si riportano i parametri utilizzati per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 5.3 - Sezione Tipo "3C" - 3 terne di cavi interrati

| Formazione [mm ²] | Corrente [A] | Profondità di posa [m] | Diametro conduttore [m] |
|-------------------------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| 3 x (1x500) | 550 | 1,00 | 0,05 |

6 Calcolo DPA cavidotto 36 kV connessione SE Terna

La cabina colletttrice d'impianto sarà collegata alla seconda cabina in progetto, prevista in prossimità dell'area in cui si ipotizza sorgerà la futura Stazione RTN, tramite un cavidotto interrato costituito da n. 3 terne di cavi unipolari a 36 kV di tipo non elicordato (ARE4H1R – 36 kV) con formazione 3x(1x630) mm².

In Figura 6.1 viene riportata graficamente la curva equilivello a 3 μT dell'induzione magnetica generata da tre terne interrate di cavi da 630 mm² con i conduttori disposti a trifoglio e, analizzando la situazione più gravosa, attraversati dalla portata nominale della sezione scelta pari a 710 A.

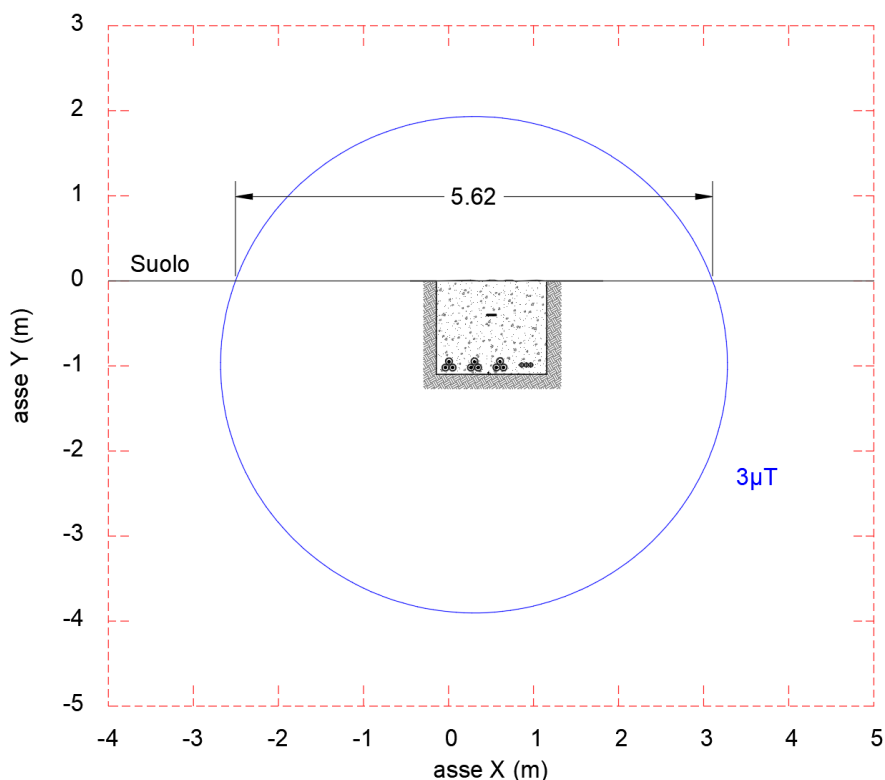


Figura 6.1 - Curva Equilivello 3μT – 3 terne di cavi

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con tre terne di cavi, attraversati da una corrente di 710 A, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m da suolo sono inferiori alla soglia di 3 μT per una distanza di circa 5,5 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto; pertanto, la fascia di rispetto per il cavidotto di collegamento dell'impianto con la RTN verrà ipotizzata pari a 6 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

Di seguito, si riportano i parametri presi in considerazione per effettuare il calcolo attraverso il software:

Tabella 7.6.1 – Cavidotto interrato sezione tipo "3C" - 3 terne di cavi interrati

| Sezione [mm ²] | Corrente [A] | Profondità di posa [m] | Diametro del conduttore [m] |
|-------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------------------------|
| 3 x (1x630) | 710 | 1,00 | 0,05 |

7 Calcolo DPA cabina colletttrice d'impianto a 36 kV

Nel caso delle n.2 cabine colletttrici a 36 kV in progetto, previste rispettivamente nell'area di impianto e nelle immediate vicinanze del punto in cui sorgerà la futura SE RTN 380/150/36 kV, tenuto conto che la corrente di riferimento delle linee a 36 kV è molto inferiore rispetto alla corrente considerata per il calcolo delle DPA, si assume comunque un valore cautelativo di DPA pari a 2 m anche in prospettiva di potenziali ampliamenti futuri e installazione di trasformatori di potenza, nonché di eventuali servizi ausiliari.

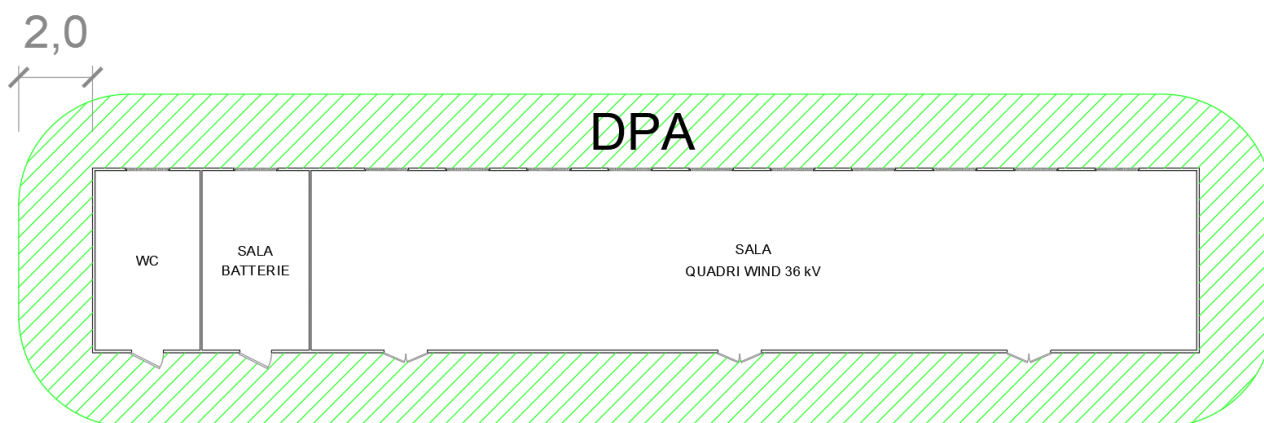


Figura 7.1- DPA (in m) per la cabina colletttrice d'impianto 36 kV

8 Presenza di persone nell'impianto

L'impianto in progetto verrà telecontrollato a distanza e non richiede presenza costante di personale negli edifici durante il normale funzionamento. I locali tecnici dell'impianto saranno non presidiati.

Il personale sarà presente solo saltuariamente per controlli e quindi con permanenze limitate e prevalentemente inferiori alle quattro ore, oppure per manutenzione straordinaria o programmata con permanenze sicuramente superiori alle quattro ore.

I controlli, le verifiche, ispezioni e manovra impianti delle apparecchiature elettromeccaniche saranno eseguite in conformità alle normative in vigore in termini di protezione ed emissione di campi elettromagnetici. Non saranno presenti apparecchiature che introducono problematiche particolari in termini di emissione di onde elettromagnetiche e/o radiazioni non ionizzanti.

La manutenzione che potrebbe esporre il personale a campi elettromagnetici riguarda la cabina colletttrice. Nella quasi totalità dei casi la manutenzione avviene fuori servizio e con gli impianti in sicurezza, quindi in assenza di tensione e corrente e quindi anche in assenza di campi elettromagnetici.

In conclusione, per quanto sopra esposto, la presenza di persone nell'impianto non configura rischi specifici da esposizione ai CEM.

9 Conclusioni

Il presente studio previsionale per la valutazione dei campi elettromagnetici ha valutato le fasce di rispetto per gli elementi dell'impianto di produzione eolico in progetto della potenza complessiva di 99 MW.

In particolare sono state valutate le distanze di prima approssimazione per gli elementi dell'impianto eolico in progetto considerando le parti di impianto assoggettabili al DM 29.05.08 quali:

- aerogeneratori;
- cavidotti interrati per la interconnessione degli aerogeneratori con percorso interrato;
- cabine collettrici.

Dal punto di vista del calcolo delle fasce di rispetto si è giunti alle seguenti conclusioni:

- per gli aerogeneratori viene assunta una DPA di 1,5 m misurata a partire dalle pareti esterne della torre;
- per le linee di distribuzione dell'energia elettrica che saranno realizzate nell'impianto in progetto, della tipologia ad elica visibile con sezioni fino a 300 mm², la DPA ha un'ampiezza ridotta e le relative fasce di rispetto sono nulle; ciò significa che per questa tipologia di cavidotti non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo di qualità è rispettato ovunque nel terreno.
- per le linee di distribuzione interna della tipologia non ad elica visibile (cavi non elicordati), la fascia di rispetto dagli elettrodotti varia a seconda del numero e della sezione (corrente nominale) delle terne dei cavi posate nello stesso scavo; in particolare per le tipologie di cavidotti e modalità di posa impiegate nel progetto si sono individuate le fasce di rispetto riportate in Tabella 9.1:

Tabella 9.1 - DPA e fascia di rispetto in funzione del numero di terne di cavi

| N. terne poste nello stesso scavo | $B \leq 3\mu T$ | DPA | Fascia di Rispetto |
|-----------------------------------|-----------------|-------|--------------------|
| 1 Terna | 2,3 m | 1,5 m | 3,0 m |
| 2 Terne | 3,8 m | 2,5 m | 5,0 m |
| 3 Terne | 4,9 m | 3,0 m | 6,0 m |

- per il cavidotto di interconnessione tra le cabine collettrici e la nuova stazione elettrica RTN 150/36 kV, in considerazione della fascia di rispetto di 6 m, la DPA si può assumere pari a 3 m dall'asse del cavidotto;
- per le cabine collettrici, vista l'assenza di correnti elevate e in prospettiva di installazione di futuri trasformatori, anche per servizi ausiliari, si è valutata cautelativamente una DPA di 2 m dalle pareti della cabina.

All'interno delle succitate DPA, alcune ricadenti all'interno di aree entro la quale non è consentito l'accesso al pubblico, non sono previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata di persone oltre le quattro ore giornaliere, e non sono presenti insediamenti abitativi o altri recettori sensibili.

In conclusione, per quanto sopra esposto e secondo i criteri di valutazione adottati, non sono rilevabili rischi specifici a carico della salute umana attribuibili alla propagazione di campi elettromagnetici.

10 Leggi, Norme e Regolamenti

10.1 Norme legislative

- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". G. U. n. 55 del 7 marzo 2001;
- 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 (50 Hz) generati dagli elettrodotti" - G. U. n. 200 del 29 agosto 2003;
- Decreto Ministeriale 29 maggio 2008. Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).

10.2 Norme tecniche

- CEI 211-6. 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;
- CEI 211-4. Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche;
- 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 1: linee elettriche aeree e in cavo;
- CEI 11-17. Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica - Linee in cavo.

10.3 Guide ENEL

- 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.

10.4 Altri riferimenti bibliografici

- M. Bruni e altri. Modellistica previsionale applicata allo studio dei campi magnetici in prossimità di cabine di trasformazione elettrica (MT/BT). ARPA Emilia Romagna;
- G. Licitra, F. Francia, N. Colonna. Esposizione al campo magnetico generato da cabine elettriche MT/BT di U.O. Fisica Ambientale Dipartimento ARPAT di Livorno;
- Stefano Cheli, Federica Fratini, Mauro Salvadori. Enel. Aspetti tecnici e autorizzativi per l'installazione di cabine secondarie nel rispetto dei limiti normativi esposizione a campi elettromagnetici. Metodologia di valutazione semplificata della fascia di rispetto (DPA). Padova 19/06/09.