



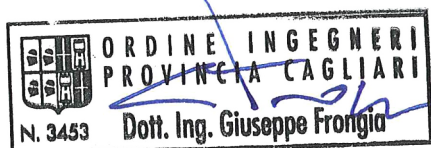
PROGETTO DI COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN
IMPIANTO EOLICO DELLA POTENZA DI 99 MW
DENOMINATO “PERDA PINTA” DA REALIZZARSI NEL
COMUNE DI NUORO (NU) CON LE RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE ELETTRICHE.

STUDIO PREVISIONALE PER LA VALUTAZIONE DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Rev. 0.0

Data: Novembre 2022

WIND008-RA11



Committente:

Nuoro Wind S.r.l.
Corso di Porta Vittoria n. 9
20122 Milano (MI)
C. F. e P. IVA: 12332370969
PEC: nuorosrl@mailcertificata.net

Incaricato:

Queequeg Renewables, Ltd
Unit 3.03, 1110 Great West Road
TW80GP London (UK)
Company number: 111780524
email: mail@quenter.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. Veronica Fais

Ing. Gianluca Melis

Ing. Andrea Onnis

Pian. Eleonora Re

Ing. Elisa Roych

COLLABORAZIONI SPECIALISTICHE:

Verifiche strutturali: Ing. Gianfranco Corda

Aspetti geologici e geotecnici: Dott. Geol. Maria Francesca Lobina e Dott. Geol. Mauro Pompei

Aspetti faunistici: Dott. Nat. Maurizio Medda

Caratterizzazione pedologica: Agr. Dott. Nat. Nicola Manis

Acustica: Ing. Antonio Dedoni

Aspetti floristico-vegetazionali: Agr. Dott. Nat. Fabio Schirru

Aspetti archeologici: Dott. Matteo Tatti

SOMMARIO

1	Premessa	4
2	Protezione dai campi elettromagnetici.....	5
3	Opere da realizzare e assoggettamento al DM 29.05.08	8
3.1	Descrizione generale aerogeneratori	8
3.2	Descrizione linee di distribuzione a 36 kV	11
3.3	Descrizione generale del cavidotto a 36 kV	12
4	Calcolo DPA aerogeneratori	13
5	Calcolo DPA cavidotti di distribuzione 36 kV	14
5.1	Risultati del calcolo	15
5.1.1	Cavidotto composto da una terna 3x1x500mm ²	15
5.1.2	Cavidotto composto da due terne 3x1x500mm ²	16
5.1.3	Cavidotto composto da tre terne 3x1x500mm ²	17
5.1.4	Cavidotto composto da quattro terne 3x1x500mm ²	18
5.1.5	Cavidotto composto da cinque terne 3x1x500mm ²	19
5.1.6	Cavidotto composto da sei terne 3x1x500mm ²	20
5.1.7	Cavidotto composto da sette terne 3x1x500mm ²	21
6	Calcolo DPA cabina colletttrice d'impianto a 36 kV	22
7	Calcolo DPA cavidotto 36 kV connessione SE Terna.....	23
8	Presenza di persone nell'impianto	24
9	Conclusioni	25
10	Leggi, Norme e Regolamenti	27
10.1	Norme legislative	27
10.2	Norme tecniche.....	27
10.3	Guide ENEL.....	27
10.4	Altri riferimenti bibliografici	27

1 Premessa

La presente relazione tecnica è parte integrante del parco eolico denominato "Perda Pinta", da realizzarsi nel comune di Nuoro (Provincia di Nuoro), proposto dalla Società Nuoro Wind S.r.l.

Il parco eolico sarà costituito da n.15 aerogeneratori della potenza nominale pari a 6,6 MW, con potenza complessiva del parco eolico pari a 99 MW, coincidente con la potenza elettrica in immissione stabilita dal preventivo di connessione rilasciato dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (Terna) con codice pratica 202101526 del 21/07/2022.

In base alla attuale configurazione delle infrastrutture di rete, si ipotizza che l'impianto possa essere collegato in antenna a 36 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV da inserire in entrata – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", previa realizzazione del nuovo elettrodotto a 150 kV tra la nuova SE e il futuro ampliamento a 150 kV della SE RTN "Ottana".

La 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.
- 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.

2 Protezione dai campi elettromagnetici

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) 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), si applica 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 $\geq$ all'obiettivo di qualità (3 μ T), alla portata in corrente in servizio normale come definita dalla norma CEI 11-60 (DPCM 08-07-03, art. 6 c. 1).

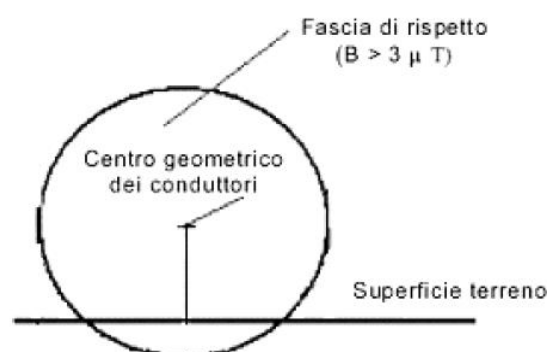


Figura 2.1 - Fascia di rispetto intorno all'elettrodotto

All'interno della fascia di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti 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).

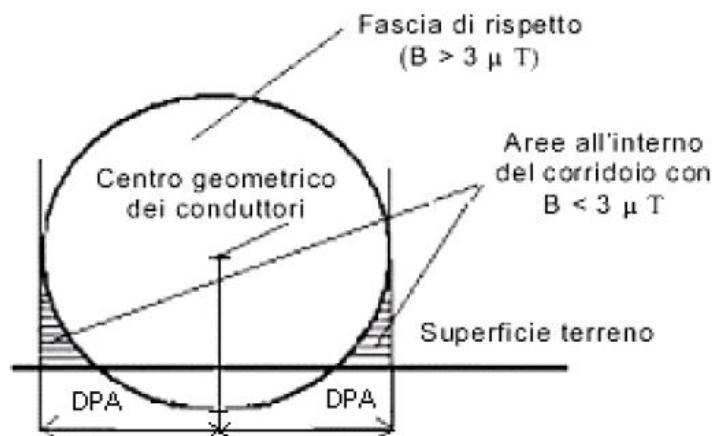


Figura 2.2- Calcolo della DPA per un elettrodotto

Per le cabine elettriche è 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 $< 3 \mu T$.

Elettrodotto: 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, 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 questione, per quanto riguarda l'area Produttore, si riferiscono a:

- Aerogeneratori;
- Linee di distribuzione a 36 kV per l'interconnessione degli aerogeneratori tra loro e con la cabina colletttrice d'impianto;
- Cabina colletttrice d'impianto;
- Cavidotto alla tensione di 36 kV in antenna per la connessione dell'impianto utente alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", previa realizzazione del nuovo elettrodotto a 150 kV tra la nuova SE e il futuro ampliamento a 150 kV della SE RTN "Ottana" (impianto di utenza per la connessione).

3.1 Descrizione generale aerogeneratori

L'impianto eolico in progetto, da realizzarsi nel Comune di Nuoro (NU) è composto da n. 15 aerogeneratori per una potenza complessiva in immissione di 99 MW.

Il modello di aerogeneratore prescelto è riferibile in via preliminare al modello SIEMENS Gamesa SG 6.6-170, illustrato in Figura 3.1, avente altezza al mozzo di 135 m e diametro del rotore di 170m.

Ferme restando le caratteristiche dimensionali dell'aerogeneratore non può peraltro escludersi che la scelta definitiva possa ricadere su un modello simile con migliori prestazioni di esercizio, qualora disponibile sul mercato prima dell'ottenimento della Autorizzazione Unica di cui all'art. 12 del D.Lgs. 387/2003.

I componenti principali dell'aerogeneratore sono i seguenti:

- il rotore;
- il generatore elettrico;
- il sistema di orientamento che consente la rotazione orizzontale del sistema motore;
- la gondola o navicella (carenatura che racchiude il sistema motore e gli ausiliari);
- la torre di sostegno;
- il trasformatore di macchina che modifica la tensione generata in quella di rete;

Le caratteristiche geometriche principali delle macchine sono illustrate in Figura 3.2 e nell'allegato elaborato WIND008-RC8-4_ *Aerogeneratore tipo con segnalazioni per la navigazione aerea*).



Figura 3.1– Aerogeneratore tipo SIEMENS Gamesa SG 6.6-170

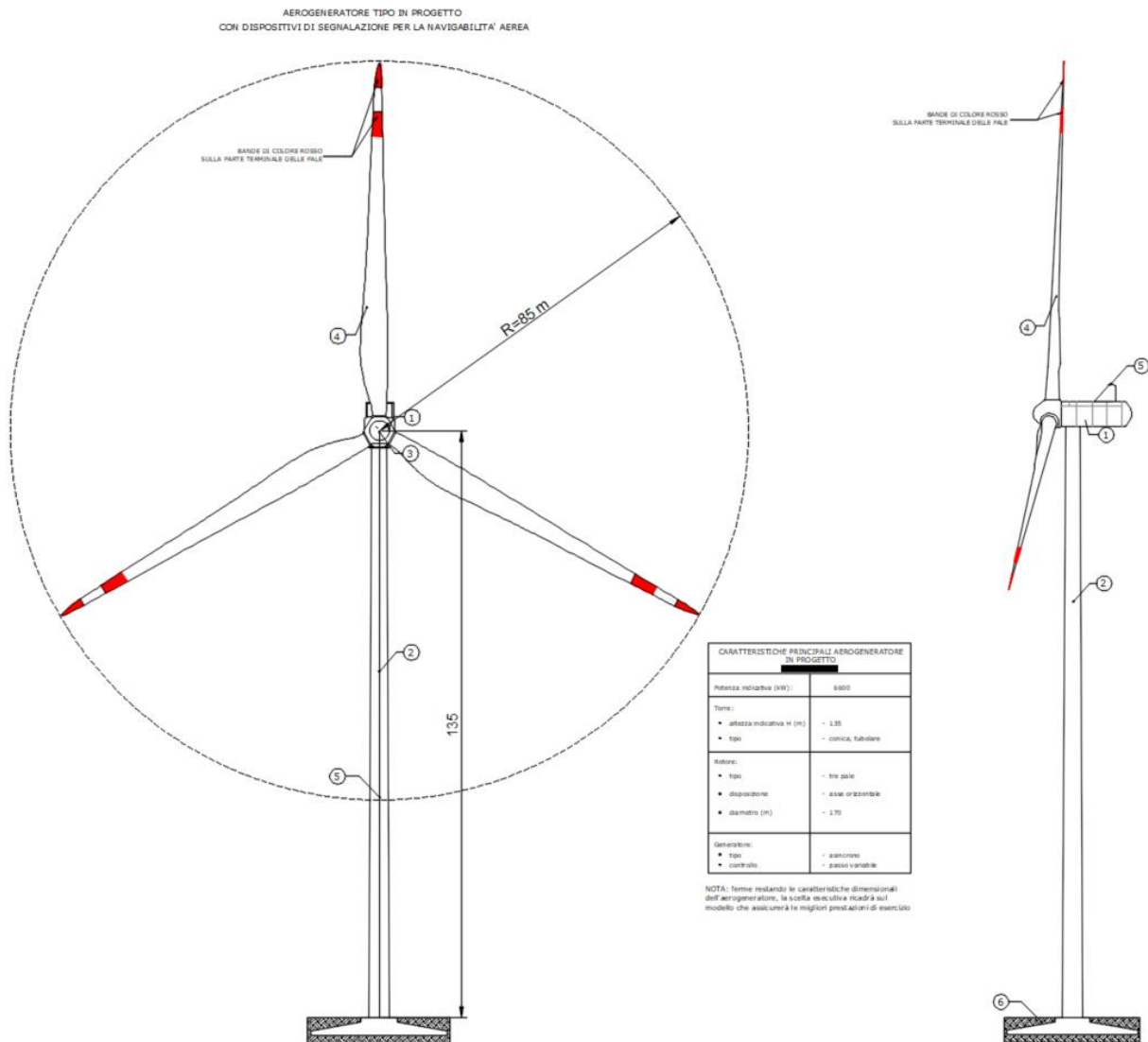


Figura 3.2 – Aerogeneratore tipo SIEMENS Gamesa SG 6.6-170 altezza al mozzo (1) 135 m, e diametro rotore (2) di 170 m

Le caratteristiche principali della macchina eolica che sarà installata sono di seguito riportate:

- rotore tri-pala a passo variabile, posto sopravvento al sostegno, in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro, con mozzo rigido in acciaio;
- 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.

I dati sulla curva di potenza della macchina tipo sono illustrati in Figura 3.3.

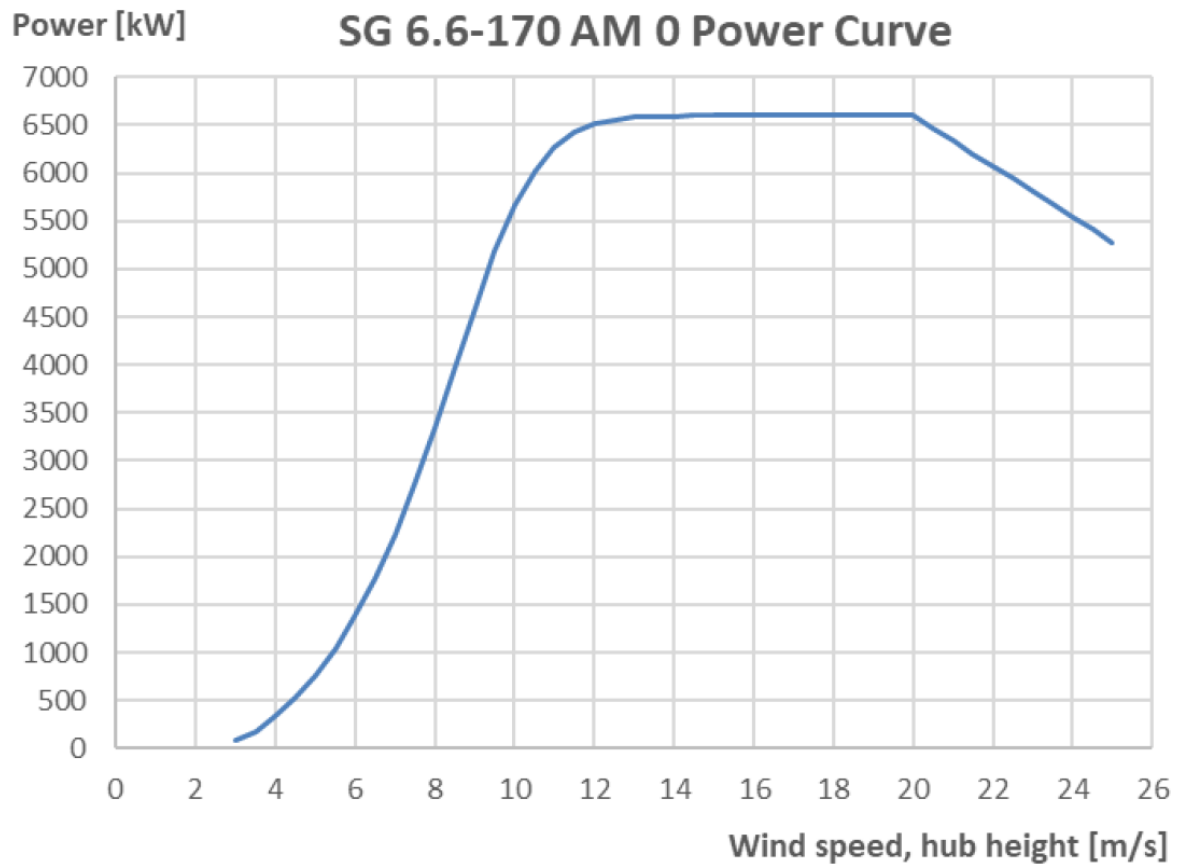


Figura 3.3 – Curva di potenza generatore tipo SG 6.2-170

3.2 Descrizione linee di distribuzione a 36 kV

I cavi 36 kV saranno del tipo cordato ad elica con conduttore in alluminio della tipologia ARE4H1RX il cui utilizzo è indicato per impianti eolici, adatti per posa con interramento diretto, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Le principali caratteristiche tecniche del 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 controspirale ($R \max 3 \Omega/\text{km}$);
- 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 U_0/U : 20.8/36 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, senza usare ulteriori protezioni meccaniche, 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 a 36 kV in progetto sono riportate nell'Elaborato WIND008-TE6_*Sezioni tipo vie cavo*.

In attesa della pubblicazione delle specifiche tecniche da parte di Terna su cavi, celle e apparecchiature (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.

3.3 Descrizione generale del cavidotto a 36 kV

L'impianto sarà collegato in antenna alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", previa realizzazione del nuovo elettrodotto a 150 kV tra la nuova SE e il futuro ampliamento a 150 kV della SE RTN "Ottana" a mezzo di nuovo cavidotto interrato. Nelle ipotesi di progetto, per il collegamento tra la cabina colletttrice del produttore e la futura SE di TERNA si utilizzerà una terna di cavi interrati a 36 kV.

4 Calcolo DPA aerogeneratori

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

- il generatore elettrico;
- le linee di connessione a 36 kV 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 che si calcola con la relazione (3) e risulta pari a 111,55 A:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{6,6 \text{ M}}{\sqrt{3} \cdot 36 \text{ k} \cdot 0,95} = 111,55 \text{ A} \quad (3)$$

Considerando i conduttori sulla parete del sostegno dell'aerogeneratore, il campo generato si può calcolare con la relazione ottenuta dalla norma CEI 116- 11 e valida per una terna di conduttori disposti in piano o in verticale (a bandiera) con distanza tra i conduttori adiacenti pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A], l'induzione magnetica B[μT] in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, con R >> S, è data dalla seguente equazione (4) :

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

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

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

Assumendo S pari a 0,1 m, quindi risulta, $R = 0,34 \sqrt{0,1 \cdot 111,55} = 1,13 \text{ m}$ e viene quindi assunta una DPA di 1,5 m misurata a partire dalle pareti esterne della torre.

5 Calcolo DPA cavidotti di distribuzione 36 kV

Gli aerogeneratori verranno inseriti su un cavidotto (dorsale) costituito da cavi interrati a 36 kV, che si svilupperanno all'interno dell'area di centrale mediante collegamenti in entra-esce verso gli aerogeneratori stessi, per attestarsi quindi alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV.

I cavi a 36 kV impiegati per la distribuzione saranno del tipo ARE4H1RX 36 kV di varie sezioni (cavi tripolari ad elica visibile per posa interrata) o equivalente, posati con interrimento diretto o entro tubi corrugati a doppia parete interrati con resistenza allo schiacciamento di 750 N 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..

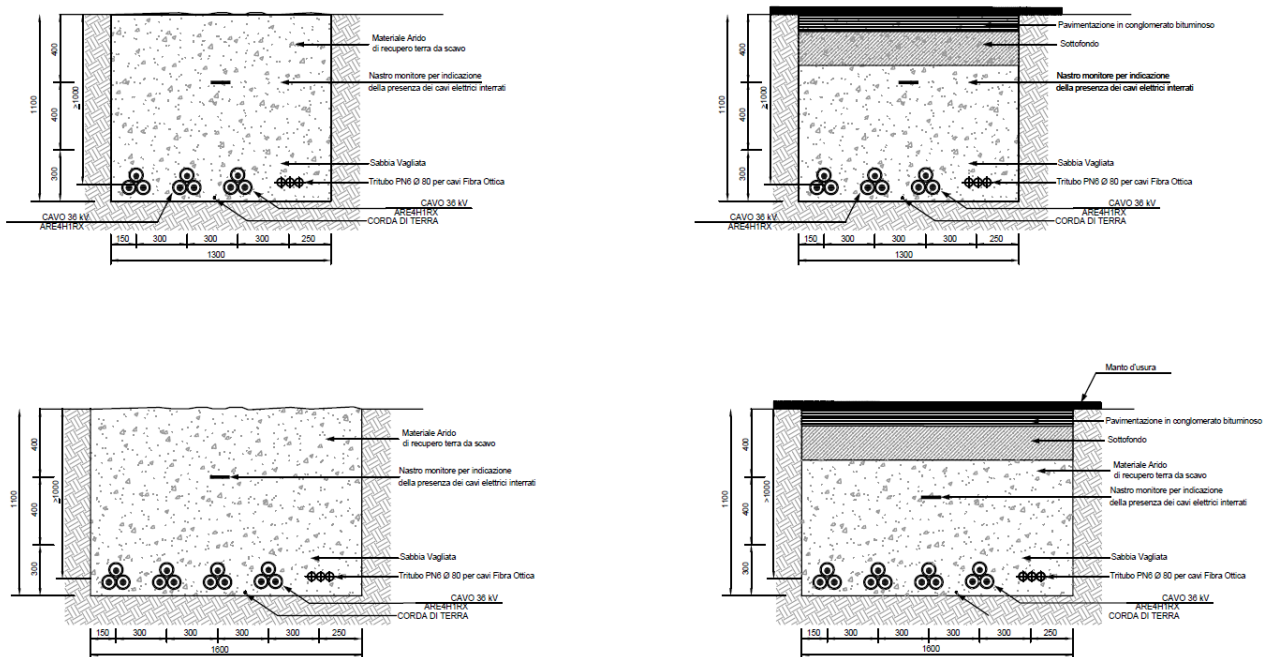


Figura 5.1 – Cavidotti in progetto tipo ARE4H1RX 36 kV con sezioni variabili 50 a 500mm²

Nella distribuzione a 36 kV interna all'impianto sono previste varie configurazioni con terne multiple di cavi, 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..

5.1 Risultati del calcolo

5.1.1 Cavidotto composto da una terna 3x1x500mm²

In Figura 5.2 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da una terna di cavi 3x1x500mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata, pari a 581 A.

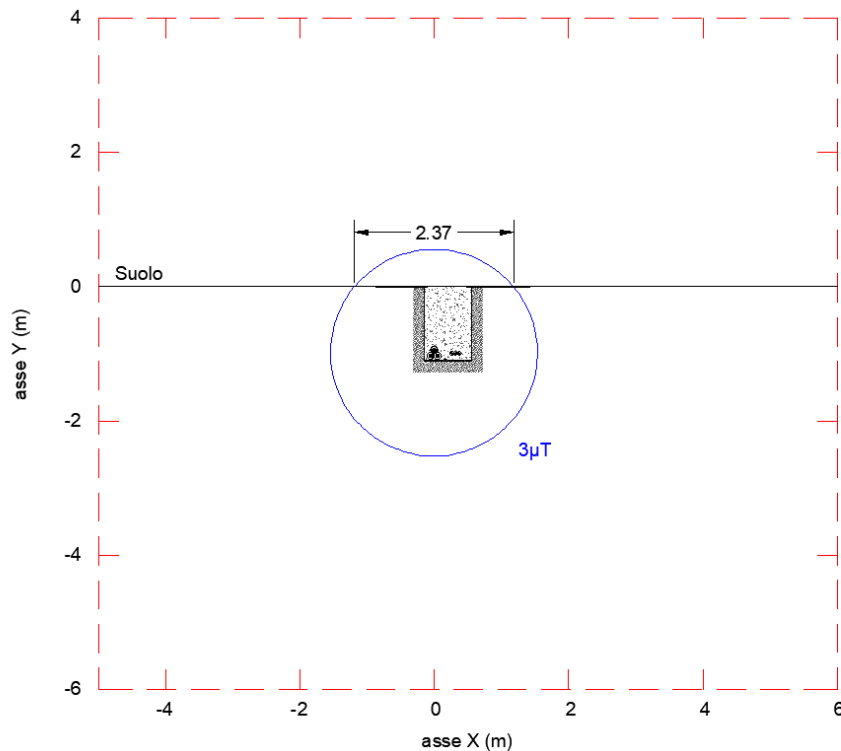


Figura 5.2 - Curva Equilivello 3 μ T – 1 terna di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 1 terna di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente di 581 A, pari alla portata della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 2,37 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto, tale valore corrisponde alla fascia di rispetto; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui è presente una terna di conduttori si assumerà pari a 3 m.

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

CAVIDOTTO a 36 kV INTERRATO SEZIONE TIPO "1C" - 1 Circuito di cavi a 36 kV

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3x1x500	581	1,00	0,05

5.1.2 Cavidotto composto da due terne 3x1x500mm²

In Figura 5.3 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da due terne di cavi 3x1x500mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata, pari a 581 A.

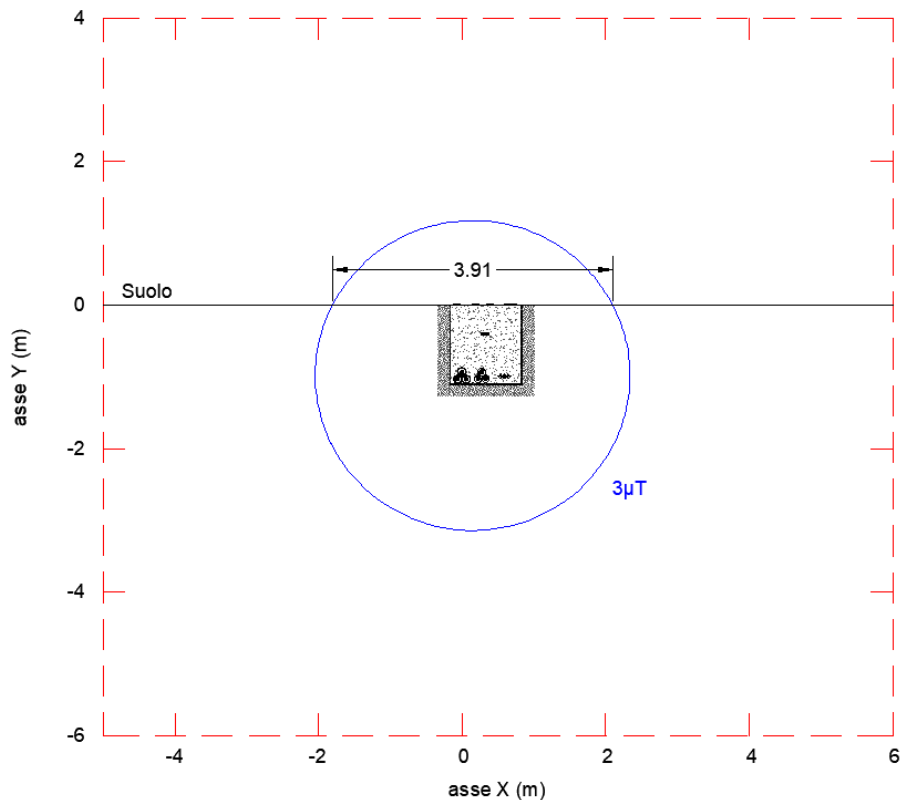


Figura 5.3 - Curva Equilivello 3 μ T – 2 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 2 terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente pari a 581 A, pari alla portata nominale della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 3,91 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti due terne di conduttori si assumerà pari a 4 m.

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

CAVIDOTTO a 36 kV INTERRATO SEZIONE TIPO "2C" - 2 Circuiti di cavi a 36 kV

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×500	581	1,00	0,05

5.1.3 Cavidotto composto da tre terne 3x1x500mm²

In Figura 5.4 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da tre terne di cavi 3x1x500mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata, pari a 581 A.

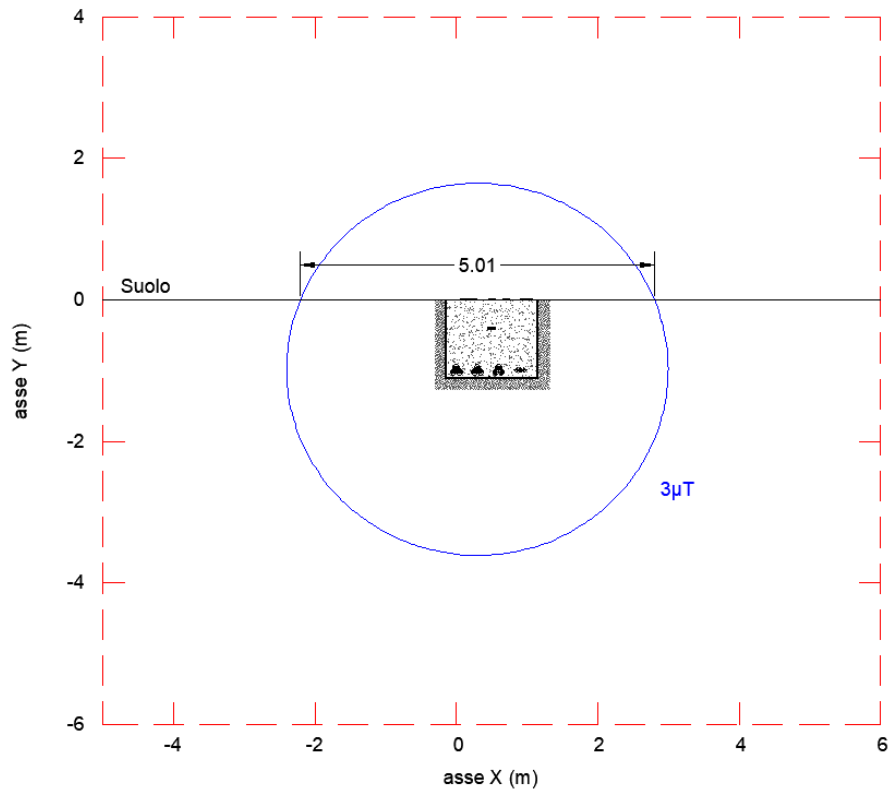


Figura 5.4 - Curva Equilivello 3 μ T – 3 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 3 terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente pari a 581 A, pari alla portata nominale della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 5,01 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto; pertanto, considerando le opportune approssimazioni la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti tre terne di conduttori si assumerà pari a 6m.

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

CAVIDOTTO a 36 kV INTERRATO SEZIONE TIPO "3C" - 3 Circuiti di cavi a 36 kV

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×500	581	1,00	0,05

5.1.4 Cavidotto composto da quattro terne 3x1x500mm²

In Figura 5.5 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da quattro terne di cavi 3x1x500mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata, pari a 581 A.

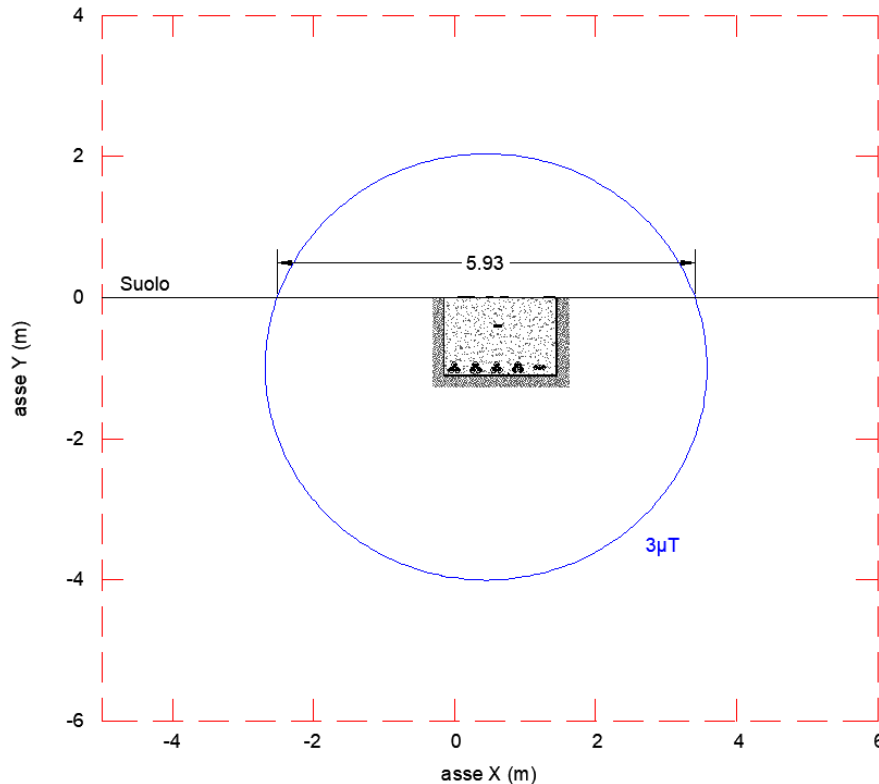


Figura 5.5 - Curva Equilivello 3 μ T – 4 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 4 terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente pari a 581 A, pari alla portata nominale della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 5,93 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti quattro terne di conduttori si assumerà pari a 7 m.

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

CAVIDOTTO a 36 kV INTERRATO SEZIONE TIPO "4C" - 4 Circuiti di cavi a 36 kV

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×500	581	1,00	0,05

5.1.5 Cavidotto composto da cinque terne 3x1x500mm²

In Figura 5.6 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da cinque terne di cavi 3x1x500mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata, pari a 581 A.

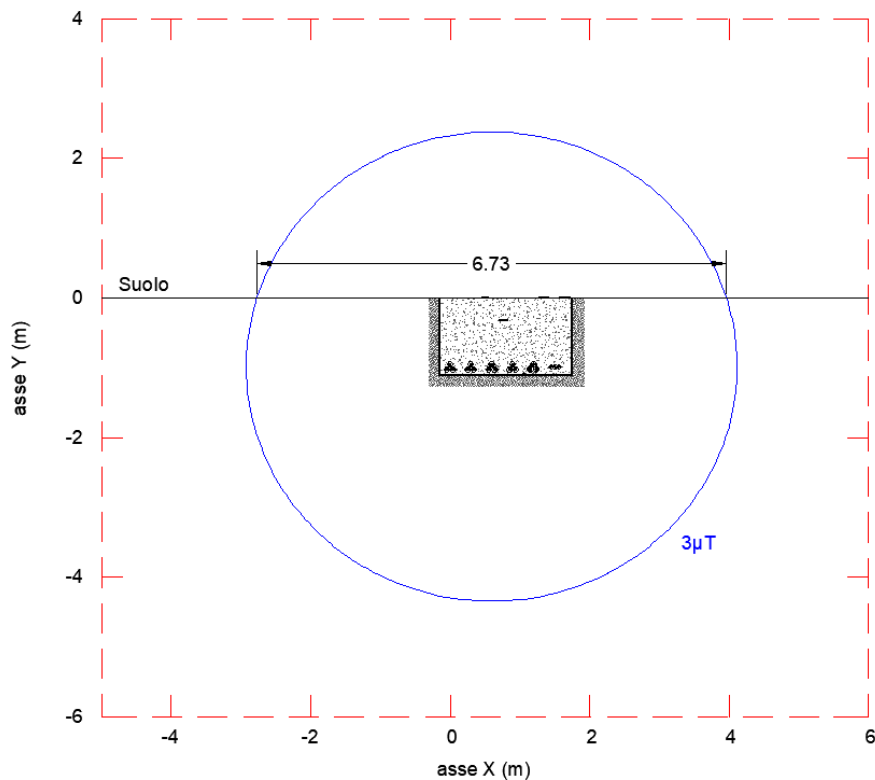


Figura 5.6 - Curva Equilivello 3 μ T – 5 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 5 terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente pari a 581 A, pari alla portata nominale della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 6,73 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti cinque terne di conduttori si assumerà pari a 8 m.

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

CAVIDOTTO a 36 kV INTERRATO SEZIONE TIPO "5C" – 5 Circuiti di cavi a 36 kV

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×500	581	1,00	0,05

5.1.6 Cavidotto composto da sei terne 3x1x500mm²

In Figura 5.7 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da sei terne di cavi 3x1x500mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata, pari a 581 A.

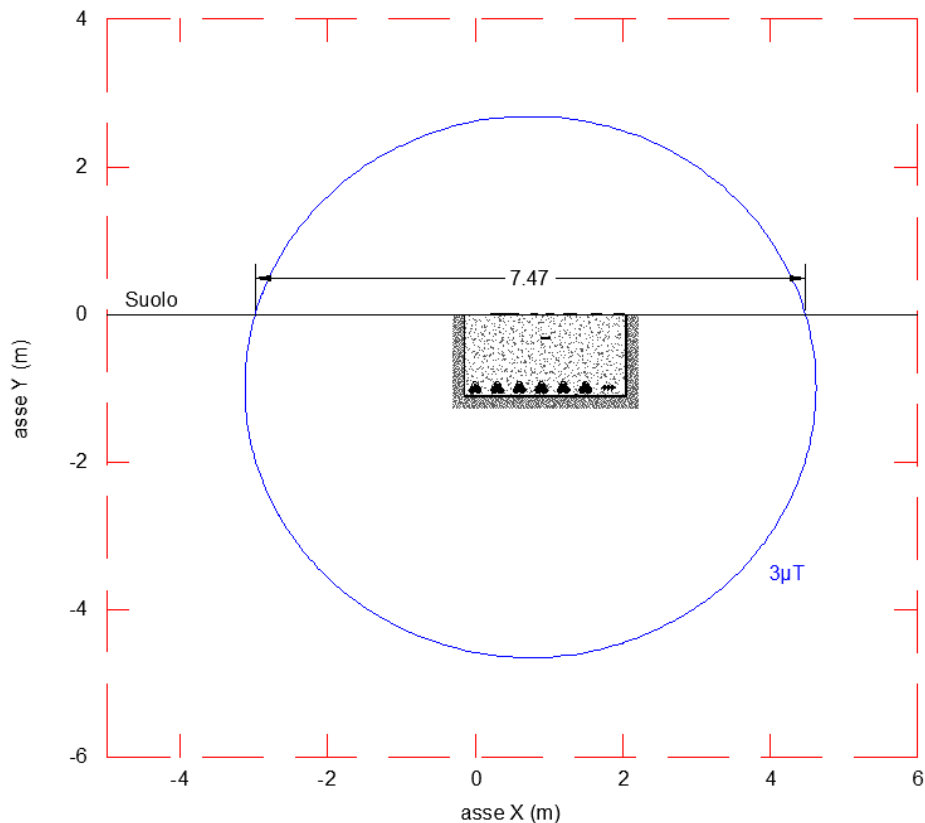


Figura 5.7 - Curva Equilivello 3 μ T – 6 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 6 terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente pari a 581 A, pari alla portata nominale della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 7,47 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti sei terne di conduttori attraversati da una corrente pari a 581 A, in adiacenza si assumerà pari a 9 m.

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

CAVIDOTTO a 36 kV INTERRATO SEZIONE TIPO "6C" – 6 Circuiti di cavi a 36 kV

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3x1x500	581	1,00	0,05

5.1.7 Cavidotto composto da sette terne 3x1x500mm²

In Figura 5.8 viene illustrata graficamente la curva equilivello a 3 μ T dell'induzione magnetica generata da un cavidotto a 36 kV interrato costituito da sette terne di cavi 3x1x500mm² con i conduttori disposti a trifoglio attraversati dalla corrente nominale della sezione sopracitata, pari a 581 A.

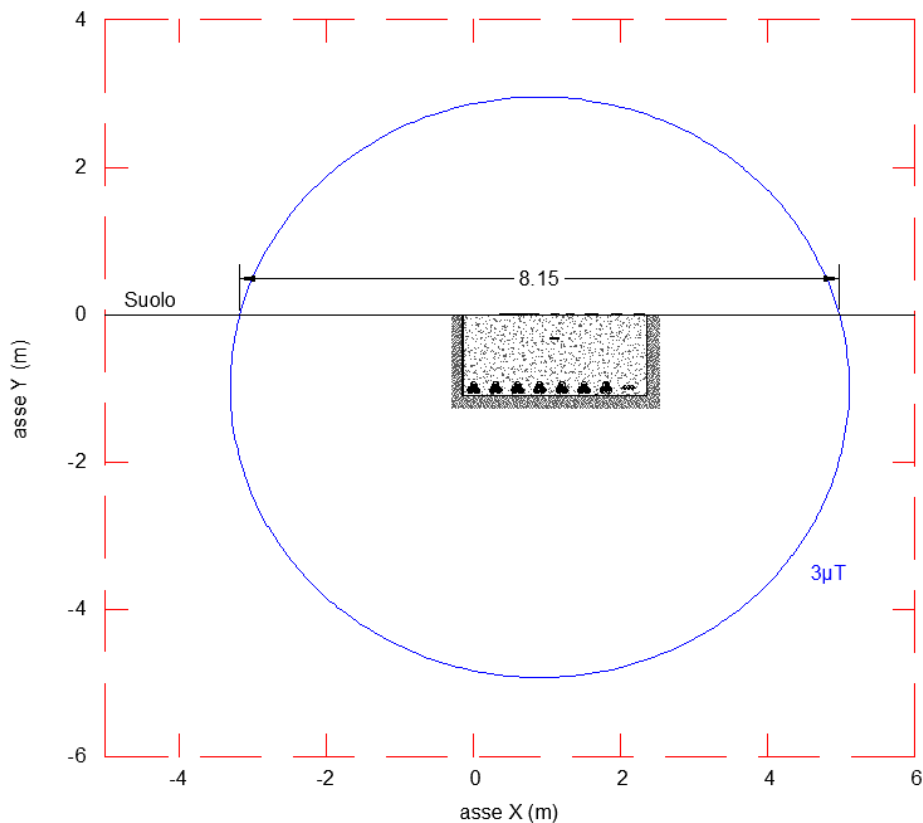


Figura 5.8 - Curva Equilivello 3 μ T – 7 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 7 terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente pari a 581 A, pari alla portata nominale della sezione più alta presente nell'impianto in questione, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m dal suolo sono inferiori alla soglia di 3 μ T per una distanza di circa 8,15 m a cavallo dell'asse dell'elettrodotto, tale valore corrisponde alla DPA; pertanto, la fascia di rispetto per le tratte in cui sono presenti sette terne di conduttori attraversati da una corrente pari a 581 A, in adiacenza si assumerà pari a 10 m a cavallo dell'asse del cavidotto considerato.

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

CAVIDOTTO a 36 kV INTERRATO SEZIONE TIPO "7C" – 7 Circuiti di cavi a 36 kV

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×500	581	1,00	0,05

6 Calcolo DPA cabina colletttrice d'impianto a 36 kV

Nel caso della cabina colletttrice d'impianto a 36 kV in questione, tenuto conto che la corrente di riferimento delle linee a 36 kV è molto inferiore della corrente di riferimento per il calcolo della DPA delle cabine in cui sono presenti trasformatori elevatori bassa/alta tensione, si assume comunque un valore cautelativo di DPA pari a 2m, anche in prospettiva di potenziali ampliamenti futuri e installazione di trasformatori di potenza, anche per eventuali servizi ausiliari.

7 Calcolo DPA cavidotto 36 kV connessione SE Terna

La futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2" sarà collegata agli aerogeneratori tramite una cabina colletttrice di impianto e un cavidotto su cui saranno posati i cavi a 36 kV in partenza dai trasformatori alloggiati nella torre di sostegno. Per tali collegamenti si considera un approccio conservativo assumendo una configurazione dei cavi a trifoglio (non elicordato).

Per la connessione della cabina colletttrice d’impianto con la sezione a 36 kV della futura SE di Terna verranno usati cavi del tipo ARE4H1R - 36 kV forniti nella versione unipolare.

In Figura 7.1 viene illustrata graficamente la curva equilivello a $3\ \mu\text{T}$ dell’induzione magnetica generata da tre terne interrate di cavi ARE4H1R - 36 kV della sezione di $3 \times 1 \times 630\text{mm}^2$ con i conduttori disposti a trifoglio e, analizzando la situazione più gravosa, attraversati dalla portata nominale della sezione scelta, pari a 710 A.

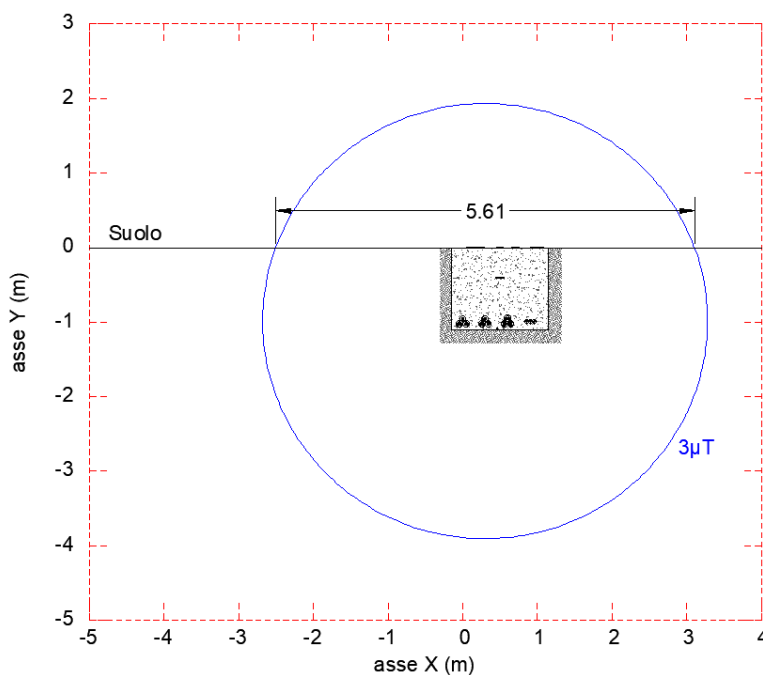


Figura 7.1 - Curva Equilivello $3\mu\text{T}$ – 3 terne di cavi a 36 kV

Le analisi effettuate evidenziano che nel caso di elettrodotto realizzato con 3 terne di cavi a 36 kV, attraversati da una corrente di 710 A, pari alla portata nominale della sezione sopracitata, i valori di induzione magnetica calcolati a una quota di 1 m da suolo sono inferiori alla soglia di $3\ \mu\text{T}$ per una distanza di circa 5,61 m a cavallo dell’asse dell’elettrodotto; pertanto, la fascia di rispetto per il cavidotto di collegamento dell’impianto con la futura SE RTN costituito da 3 terne di conduttori di sezione pari a $3 \times 1 \times 630\text{mm}^2$ attraversati da una corrente pari a 710 A, in adiacenza si assumerà pari a 6 m a cavallo dell’asse del cavidotto considerato.

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

CAVIDOTTO a 36 kV INTERRATO SEZIONE TIPO "3C" - 3 Circuiti di cavi a 36 kV

Sezione [mm ²]	Corrente [A]	Profondità di posa [m]	Diametro del conduttore [m]
3×1×630	710	1,00	0,05

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

La presente relazione ha valutato le distanze di prima approssimazione per gli elementi dell'impianto eolico in progetto, avente potenza in immissione di 99 MW.

Le parti di impianto, assoggettabili al DM 29.05.08 sono costituite da:

- aerogeneratori;
- cavidotti interrati a 36 kV per la interconnessione degli aerogeneratori con percorso interrato;
- cabina colletttrice d'impianto.

Dal punto di vista del calcolo delle fasce di rispetto dalle opere assoggettabili al DM 29.05.08 si può concludere che:

- Per gli aerogeneratori viene assunta una DPA di 1,5 m misurata a partire dalle pareti esterne della torre;
- Per le linee a 36 kV relative alle interconnessioni tra gli aerogeneratori e il collegamento dei sottocampi con la cabina colletttrice d'impianto, considerando cautelativamente la sezione più alta presente in tale impianto (3x1x500mm²) la DPA varia a seconda del numero delle terne inserite nello stesso scavo:

N. Terne poste nello stesso scavo	DPA	Fascia di Rispetto
1 Terna	1,5 m	3,0 m
2 Terne	2,0 m	4,0 m
3 Terne	2,5 m	6,0 m
4 Terne	3,0 m	7,0 m
5 Terne	3,4 m	8,0 m
6 Terne	3,75 m	9,0 m
7 Terne	4,1 m	10,0 m

- Per il cavidotto di connessione alla futura Stazione Elettrica (SE) della RTN 150/36 kV da inserire in entra – esce alla linea RTN a 150 kV "Taloro – Siniscola 2", a 36 kV la DPA si può assumere pari a 6 m dall'asse del cavidotto;
- Per la cabina colletttrice d'impianto, 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 2m dalle pareti della cabina;
- All'interno delle succitate DPA, 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.

In conclusione, si può affermare che il valore dell'induzione magnetica prodotta non influenza alcun ricettore, essendo questi abbondantemente distanti dalle aree interessate dagli impianti. Con le considerazioni e le valutazioni sopra esposte e con le tolleranze attribuibili al modello di calcolo adottato, si può ritenere che

la situazione connessa alla realizzazione ed all'esercizio dell'impianto eolico in progetto risulterebbe compatibile con i limiti di legge e con la salvaguardia della salute pubblica.

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.