

Regione Calabria



Comune di Torre di Ruggiero



Comune di Chiaravalle Centrale



Comune di Petrizzi



Provincia di Catanzaro



PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 10 AEROGENERATORI DA REALIZZARE NEI COMUNI DI TORRE DI RUGGIERO (CZ) E CHIARAVALLE CENTRALE (CZ) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. RICADENTI NEL COMUNE DI PETRIZZI (CZ)

Relazione tecnica DPA

ELABORATO

A.12

PROPONENTE:



SKI WA1 s.r.l.
via Caradosso n.9
Milano 20123
P.Iva 11412940964

PROGETTO E SIA:



ATECH srl
Via Caduti di Nassirya, 55
70124- Bari (BA)
pec: atechsrl@legalmail.it
Ing. Alessandro Antezza

CONSULENZA:



Via Corsica, 169 - 86039 Termoli (Cb) - Italy
T. +39 0875751452 - M. +393294130607 - E-Mail wirestudiosrls@gmail.com



SOLARITES s.r.l.
Piazza V. Emanuele II n.14
12073 - Ceva (CN)



0	Marzo 2023	LP	LP	LP	Progetto Definitivo
REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE



PROGETTO DEFINITIVO

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

Indice

1. PREMESSA	6
2. DEFINIZIONI	7
5.1. INTRODUZIONE	17
5.2. FORMULE ANALITICHE APPROSSIMATE (CE 106-11)	19
6.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA	21
6.2. UBICAZIONE DELL'IMPIANTO	21
7. GENERALITÀ	24
8. IMPIANTO – SORGENTI DI CEM	28
• RG16H1R12 / DESCRIZIONE	31
• MARCATURA	31
• CARATTERISTICHE FUNZIONALI	31
• CONDIZIONI DI POSA	31
• IMPIEGO E TIPO DI POSA	31
• CARATTERISTICHE TECNICHE	32
• CARATTERISTICHE ELETTRICHE	32
• CARATTERISTICHE TECNICHE	33
• CARATTERISTICHE ELETTRICHE	33
9. CALCOLO DELLA DPA	39
9.1. CALCOLO DELLA DPA 'CABINA' TRASFORMATORE (MT/BT)	39
9.2. CALCOLO DPA CONDUTTURE	44
9.3. CAMPO EOLICO - CANALIZZAZIONE ENTRA ED ESCI A 30 kV (INTERRATA SEZ. 300MM²)	48
9.4. CAMPO EOLICO - CANALIZZAZIONE ENTRA ED ESCI A 30 kV (INTERRATA SEZ. 300MM²) DUE LINEE INTERRATE	49

9.5. CAMPO EOLICO - CANALIZZAZIONE ENTRA ED ESCI A 30 kV (INTERRATA SEZ. 400MM2)	50
9.6. CAMPO EOLICO - CANALIZZAZIONE ENTRA ED ESCI A 30 kV (INTERRATA SEZ. 400MM2) DUE LINEE INTERRATE	52
9.7. CANALIZZAZIONE TRA CABINA CS E SOTTOSTAZIONE UTENTE - CANALIZZAZIONE A 30 kV (INTERRATA SEZ. 630MM2)	53
9.8. CANALIZZAZIONE INTERRATA TRA IL TRASFORMATORE DI POTENZA LATO 36 KV E I QUADRI IN MEDIA TENSIONE LATO 36 KV	54
9.9. CANALIZZAZIONE INTERRATA TRA IL LA SE UTENTE E LA SE TERNA LATO 36 KV	56
9.10. TRASFORMATORE 36/30 kV –SOTTOSTAZIONE UTENTE	58
10. CONCLUSIONI.....	59
11. APPENDICE.....	61
11.1. GRANDEZZE, CONVENZIONI E SIMBOLI	61
11.2. NOZIONI DI BASE (CEI 106-11)	62


PROGETTO DEFINITIVO

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

Regione	<i>Calabria</i>				
Comune	<i>Torre di Ruggiero – Chiaravalle Centrale - Petrizzi</i>				
Proponente	<i>SKI W A1 S.R.L. via Caradosso n.9 Milano 20123 P.Iva 11412940964</i>				
Redazione Progetto elettrico	<i>Wire Studio Srls Via Corsica, 169 86039 – Termoli (Cb)</i>				
Documento	Relazione tecnica studio di impatto elettromagnetico (DPA)				
Revisione	<i>00</i>				
Emissione	<i>Marzo 2023</i>				
Redatto	<i>Lino Pistilli</i>	Verificato	<i>A.A.</i>	Approvato	<i>O.T.</i>

Redatto: Gruppo di lavoro	<i>Wire Studio Srls</i>
Verificato:	<i>Lino Pistilli</i>
Approvato:	<i>Lino Pistilli</i>

1. PREMESSA

In questo documento si andrà a calcolare la Distanza di Prima Approssimazione (DPA), valutata con la metodologia generale della Guida CEI 106-11 per una situazione di progetto per la realizzazione di un nuovo impianto per la produzione di energia elettrica prodotta da un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori, ciascuno della potenza nominale di 7,2 MW, ubicato nei comuni di TORRE DI RUGGIERO e CHIARAVALLE CENTRALE, provincia di Catanzaro. Gli aerogeneratori sono distribuiti nelle zone catastalmente assegnate ai Foglio 3,5,6,7,8,11,12,20 (Comune di Torre di Ruggiero) e al Foglio 2 (Comune di Chiaravalle Centrale) raggruppati in due sotto-campi e connessi tra di loro da una rete di distribuzione in cavo interrato in MT con tensione a 30kV. Il tracciato del cavidotto è stato scelto in modo da essere il più breve possibile così da avere un basso impatto ambientale e allo stesso tempo minimizzare le possibili interferenze presenti lungo il percorso.

I cavi saranno interrati a non meno di 1m di profondità rispetto al piano di campagna (vedasi particolari). La dorsale principale del cavidotto MT, sulla quale passano cavi derivati dalla sottostazione, costeggia la strada statale SS182 per un breve percorso, poi costeggia per un altro breve tratto la strada provinciale SP154, quindi si deriva costeggiando strade comunali non identificate, dove sarà ubicato il Parco Eolico.

In uscita dalla SS la potenza verrà convogliata, tramite due linee composte ognuna da 2 terne di cavi di sezione 630 mm² alla CS, il percorso, si svolgerà lungo viabilità già esistente provinciale e comunale. Il percorso delle condutture che costeggiano la statale 182 lambisce in più punti alcune abitazioni della periferia di Torre di Ruggiero.

Le caratteristiche tecniche dei vari componenti l'impianto, le planimetrie ed i prospetti, i rilievi metrici, utilizzati per la valutazione delle distanze, sono rilevabili negli elaborati del progetto definitivo.

Su tali documenti è basato il risultato di calcolo dalla DPA.

2. DEFINIZIONI

Campo elettrico (E)

Si definisce campo elettrico una quantità vettoriale che, in ogni punto di una data regione di spazio, rappresenta il rapporto tra la forza esercitata su una carica elettrica di prova q ed il valore della carica medesima. L'unità di misura del campo elettrico nel sistema S.I. è il volt/metro (V/m).

Campo magnetico (H)

Si definisce campo magnetico una quantità vettoriale-assiale definita in ogni punto di una data regione di spazio in modo tale che il suo rotore sia eguale alla densità di corrente elettrica totale, compresa la corrente di spostamento. L'unità di misura del campo magnetico nel sistema S.I. è l'ampère/metro (A/m).

Campi a frequenza multipla

Sovrapposizione di due o più campi elettromagnetici di fase arbitraria e di frequenza diversa.

Conducibilità

Rapporto tra la densità di corrente di conduzione in un mezzo e l'intensità del campo elettrico. La conducibilità è espressa in siemens per metro (S/m).

Corrente di contatto

Corrente che passa attraverso il corpo quando quest'ultimo viene in contatto con un oggetto conduttore immerso in un campo elettromagnetico.

Densità di corrente

Corrente indotta da un campo elettromagnetico nell'unità di superficie all'interno del corpo umano.

La densità di corrente si esprime in ampère per metro quadrato (A/m^2).

Densità di energia

Energia incidente su un'area unitaria normale alla direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica. È espressa in Joule per metro quadrato (J/m^2).

Densità di potenza (S)

Potenza che fluisce nell'unità di superficie posta perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica. È normalmente espressa in watt per metro quadro (W/m^2).

Densità di potenza media nel tempo

Valore istantaneo della densità di potenza, mediato nel tempo, definito dalla formula:

$$S_m = \frac{1}{T} \int_T S(t) dt$$

Dove:

T è il periodo del segnale generato dalla sorgente.

Densità di potenza, picco

Densità di potenza istantanea massima che si manifesta quando si trasmette potenza.

Densità di potenza, di onda piana equivalente

Termine di uso comune associato a qualsiasi onda elettromagnetica, uguale in ampiezza alla densità di potenza di un'onda piana che ha la stessa intensità dei campi elettrico (E) e/o magnetico (H).

Effetto diretto dell'esposizione

Conseguenza di una interazione diretta dei campi elettromagnetici con il corpo umano esposto.

Effetto indiretto dell'esposizione

Conseguenza di una interazione indiretta che si manifesta quando il corpo umano viene a contatto con oggetti metallici in campi elettromagnetici.

Esposizione breve

Tempi di esposizione più brevi del corrispondente tempo di media.

Esposizione continua

Esposizione per periodi di tempo più lunghi del corrispondente tempo di valutazione della media.

Esposizione non uniforme

Livelli di esposizione non uniforme si determinano quando i campi non sono uniformi su volumi di dimensioni paragonabili alle dimensioni del corpo umano considerato nella sua interezza. Questa situazione può essere causata da onde stazionarie, da radiazione diffusa oppure può verificarsi in zona di campo vicino.

Esposizione parziale del corpo

L'esposizione parziale ha luogo quando si ha una deposizione localizzata di energia.

Frequenza (f)

Numero di cicli o periodi nell'unità di tempo. L'unità di misura nel sistema S.I. è l'hertz (Hz).

Impedenza d'onda del vuoto

Rapporto tra l'intensità del campo elettrico e quella del campo magnetico di un'onda elettromagnetica che si propaga. Per un'onda piana che si propaga nel vuoto, l'impedenza d'onda intrinseca del vuoto è circa 377 Ohm.

Induzione elettrica (D)

Modulo di un vettore, pari al prodotto dell'intensità del campo elettrico (E) per la costante dielettrica (ϵ):

$$D = \epsilon \times E.$$

L'induzione elettrica è espressa in coulomb per metro quadrato (C/m²).

Induzione magnetica (B)

Modulo di un vettore, pari al prodotto dell'intensità del campo magnetico (H) per la permeabilità magnetica (μ) del mezzo:

$$\mu = \frac{B}{H}$$

L'induzione magnetica si esprime in tesla (T).

Livello di esposizione

Valore della grandezza considerata quando una persona è esposta a campi elettromagnetici.

Lunghezza d'onda (λ)

La lunghezza d'onda (λ) di un'onda elettromagnetica è legata alla frequenza (f) ed alla velocità di propagazione (c) dall'espressione $c = f \times \lambda$. Nel vuoto la velocità di un'onda elettromagnetica è uguale alla velocità della luce. La lunghezza d'onda si esprime in metri (m).

Media temporale della potenza assorbita (P_m)

Tasso di trasferimento di energia, mediato nel tempo, definito dalla formula seguente:

$$P_m = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt$$

Dove:

t₁ e t₂ sono i tempi di inizio e fine dell'esposizione. Il periodo t₂ - t₁ rappresenta la durata dell'esposizione.

NIR

campi elettromagnetici non ionizzanti (fra 300 kHz e 300 GHz)

Obiettivi di qualità

Sono valori di campo elettromagnetico da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, usando tecnologie e metodiche di risanamento disponibili, al fine di minimizzare l'esposizione della popolazione.

Onda piana

É una distribuzione di campo elettromagnetico propagativo, in cui in ogni punto i vettori campo elettrico e campo magnetico sono perpendicolari fra loro e giacciono su piani perpendicolari alla direzione di propagazione.

Permeabilità magnetica (μ)

La permeabilità magnetica di un materiale è definita dal rapporto fra il valore dell'induzione magnetica (B) e l'intensità del campo magnetico (H):

$$\mu = \frac{B}{H}$$

La permeabilità magnetica μ si esprime in henry per metro (H/m).

Permettività, o costante dielettrica (ϵ)

Proprietà di un materiale dielettrico (ad esempio un tessuto biologico) definita dal rapporto fra l'intensità dell'induzione elettrica (D) e l'intensità del campo elettrico (E)

$$\epsilon = \frac{D}{E}$$

La costante dielettrica si esprime in farad per metro (F/m).

Polarizzazione

Caratteristica dei campi elettromagnetici che descrive la direzione e l'ampiezza, variabili nel tempo, del vettore di campo elettrico; in particolare, indica la figura tracciata, in funzione del tempo, dall'estremità del vettore campo elettrico in un punto fisso nello spazio come è vista lungo la direzione di propagazione.

Popolazione

Tutti i non esposti a campi elettromagnetici per ragioni professionali.

Punti caldi

Zona o volume molto localizzati di irraggiamento o assorbimento di energia elettromagnetica, prodotto da radiazione diffusa, da effetti focalizzanti o da altre disomogeneità.

Radiazione diffusa

Campo elettromagnetico risultante da correnti indotte in un oggetto secondario, conduttore o dielettrico, da onde elettromagnetiche incidenti sull'oggetto stesso da una o più fonti primarie. L'oggetto diffondente è talvolta chiamato "re-irradiatore" o "irradiatore secondario".

Radio frequenza (RF)

É l'intervallo di frequenza da 10 kHz – 300 GHz.

Rapidità di variazione dell'induzione magnetica

Derivata rispetto al tempo dell'induzione magnetica.

Regione di campo lontano

Regione di spazio, sufficientemente lontano dalla sorgente, nella quale il campo elettromagnetico ha una distribuzione caratteristica dell'onda piana. L'estensione di questa regione dipende dalle dimensioni massime lineari D del sistema d'antenna e dalla lunghezza d'onda λ del campo stesso. Si assume convenzionalmente che la regione di campo lontano inizi ad una distanza dalla sorgente maggiore della quantità r eguale alla maggiore fra le quantità λ e $\frac{D^2}{\lambda}$.

Regione di campo vicino

Regione in prossimità di un'antenna o di altra struttura radiante, in cui i campi elettrico e magnetico non presentano la caratteristica dell'onda piana, ma variano notevolmente da punto a punto. La regione di campo vicino si suddivide ancora in regione reattiva ($r < \frac{\lambda}{10}$), che è la più vicina alla struttura radiante e che contiene buona parte dell'energia immagazzinata e la regione radiante in cui il campo di radiazione predomina su quello reattivo, ma si scosta sostanzialmente dall'onda piana e ha configurazione complessa.

Tempo di media (tm)

Intervallo di tempo su cui è mediata l'esposizione allo scopo di determinare il rispetto dei limiti.

Valore efficace (root-mean-square [rms])

Valore efficace di una grandezza fisica, $a(t)$, che varia nel tempo con periodo T . Esso si ottiene calcolando la radice quadrata del valore medio rispetto al tempo del quadrato della funzione che descrive la grandezza stessa nel modo seguente:

$$A_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \times \int_T a^2(t) dt}$$

Asse della linea elettrica

è il piano verticale passante per i punti centrali delle basi dei due sostegni di estremità di ogni campata costituente la linea ovvero per il conduttore centrale di una linea aerea a bandiera o di una terna di cavi interrati.

Centro geometrico dei conduttori

si assume come centro geometrico dei conduttori il baricentro del triangolo determinato dall'intersezione di un piano (x, y) ortogonale ai tre conduttori di fase della linea e avente come vertici i centri di tali conduttori o dei fasci nel caso di conduttori a fascio. Nella Figura 1 è schematizzata la costruzione di detto centro geometrico, richiamando, per comodità, le formule che esprimono le sue coordinate $G(x_G, y_G)$ in funzione delle coordinate dei vertici del triangolo $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$, $C(x_3, y_3)$.

Fascia di rispetto

È lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità.

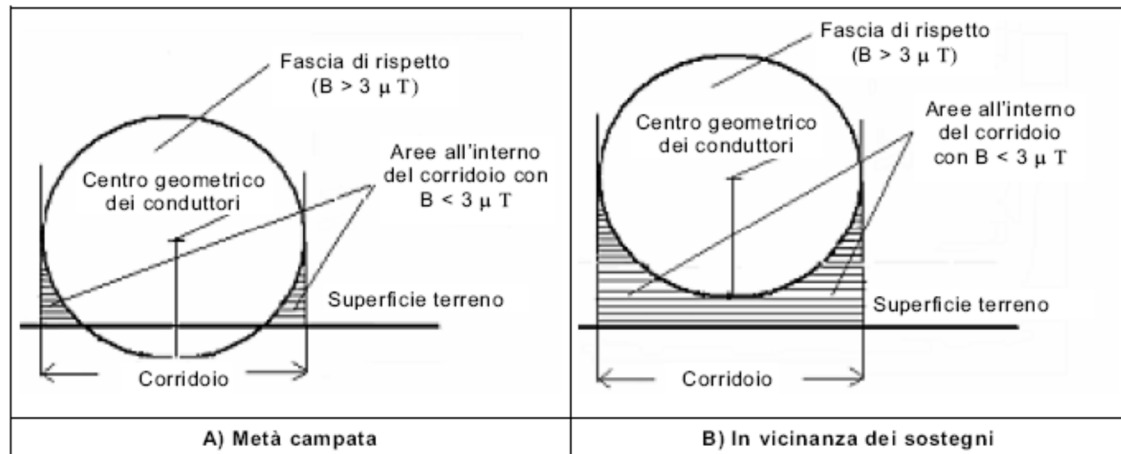
Salvo situazioni particolari, nel caso di linee elettriche aeree in conduttori nudi e di cavi interrati unipolari, i conduttori si mantengono tra di loro paralleli; quindi, lo spazio comprendente tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale ad un determinato valore definiscono attorno ai conduttori un volume, centrato sul baricentro dei conduttori stessi, la cui sezione trasversale ha forma e dimensione dipendenti dalla geometria della linea, dall'intensità della corrente e dal valore dell'induzione magnetica prescelto. Ad esempio, la Figura 2 illustra come nell'intorno di una linea a 380 kV a semplice terna, per il valore di corrente considerato, la suddetta sezione trasversale tende a diventare sempre più simile ad un cerchio col diminuire del valore prescelto per l'induzione magnetica.

Si noti che, anche per effetto della disposizione dei conduttori secondo una catenaria, la proiezione al suolo lungo tutta la linea, dei punti più esterni dell'isolinea relativa al valore dell'induzione magnetica di $3 \mu\text{T}$, delimita una striscia di terreno (o corridoio) che presenta al suo interno non solo zone interessate da valori di induzione magnetica superiori all'obiettivo di qualità di $3 \mu\text{T}$ ma anche aree, più o meno estese a seconda dell'altezza da terra dei conduttori, in cui l'induzione magnetica è inferiore a tale valore.



PROGETTO DEFINITIVO

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)



Fasce di rispetto, corridoi e aree all'esterno delle fasce di rispetto ma all'interno dei corridoi con valori di induzione magnetica inferiori all'obiettivo di qualità: confronto tra le situazioni a metà campata e in vicinanza dei sostegni (CEI 106-11).

Questo aspetto va tenuto presente qualora si volesse, per motivi di praticità ed in via preliminare (ad esempio per individuare più semplicemente e rapidamente le possibili situazioni critiche), calcolare l'ampiezza di tale striscia di terreno quale indice conservativo della fascia di rispetto. Sul piano pratico-applicativo si potrebbe suggerire un approccio a due livelli che consenta da un lato di utilizzare il calcolo della suddetta striscia di terreno come proiezione al suolo della fascia di rispetto (larghezza costante ecc.) e dall'altro di evitare misure eccessivamente ed ingiustificatamente penalizzanti per l'uso del territorio, demandando la verifica precisa dei valori di campo ad una successiva, più accurata, valutazione.

Tratte omogenee di una linea

insieme di campate successive di una linea aerea caratterizzate dalla stessa tipologia e disposizione reciproca dei conduttori nello spazio (realizzate con lo stesso tipo di sostegno), ovvero di tratte di cavo interrato caratterizzate dalla stessa tipologia e disposizione di posa dei cavi.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

3.1.1. Normativa Comunitaria

Raccomandazione del Consiglio 519/1999/CE del 12 Luglio 1999 recante "Limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0Hz a 300GHz".

Con essa il Consiglio fornisce agli stati membri i valori relativi ai limiti base ed ai livelli di riferimento, così come definiti dall'ICNIRP (International Commission Non Ionizing Radiation Protection) nelle proprie linee guida.

3.1.2. Normativa Nazionale

- D.P.C.M. 23 Aprile 1992 "Limiti massimi d'esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.
- D.M. 10 Settembre 1998 n. 381 "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana".
- Documento interministeriale, di cui al Decreto del Ministero dell'Ambiente 2 giugno 1997, relativo alle linee guida applicative del D.M. 10 Settembre 1998 n. 381.
- Legge 22 Febbraio 2001 n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici"
- D.P.C.M. 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti d'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 (50Hz) 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".

3.1.3. Norme CEI

- Norma CEI 211-4 del 1996 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- Norma CEI 211-6 del 2001 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0Hz— 10kHz.
- Norma 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"

4. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISIMA FREQUENZA

4.1.1. Introduzione

È ben noto che l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e l'Associazione Internazionale per le Protezioni Radiologiche (IRPA) definiscono con l'acronimo "ELF" (Extremely Low Frequency) i campi elettromagnetici sinusoidali a frequenze comprese fra 30 e 300 Hz, il cui campo magnetico alle basse frequenze viene usualmente espresso come densità di flusso magnetico in tesla (T) o meglio in sottomultipli millitesla e microtesla (mT, μ T).

In tale ambito è altrettanto noto, in considerazione di possibili effetti sanitari attribuibili all'esposizione ai campi elettrici e magnetici presenti nelle vicinanze di linee di trasmissione ad alta tensione, che la frequenza di maggiore rilevanza protezionistica è quella di 50 Hz (frequenza di rete) adottata in Italia e in Europa e quella di 60Hz in uso negli Stati Uniti e in Canada.

4.1.2. Normative

Alle basse frequenze, e precisamente per quella di rete 50 Hz, per i lavoratori le raccomandazioni dell'ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) indicano un limite di 500 μ T (micro tesla) per l'induzione magnetica, mentre per quanto riguarda la popolazione si può fare riferimento ai livelli previsti nella Raccomandazione Europea del 12/7/1999 e al limite di esposizione pari a 100 μ T stabilito dal "D.P.C.M. 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". È da tener presente che quest'ultimo è espressamente riferito al problema della esposizione a campi derivanti dalla generazione, trasformazione e trasporto dell'energia elettrica.

Sempre nello stesso decreto, nell'art. 3 al comma 2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume **per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T**, da intendersi come **mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio**.

4.1.3. **Art. 4. Obiettivi di qualità**

1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato **l'obiettivo di qualità di 3 μ T** per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

4.1.4. **Art. 6 "Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"**

1. Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I gestori provvedono a comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.
2. L'APAT, sentite l'ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

5. CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI A BASSISSIMA FREQUENZA

Per il calcolo della fascia di rispetto così come definita precedentemente occorre che si conoscano i seguenti dati (che dovranno essere acquisiti per tratte omogenee di linea):

- portata in corrente in servizio normale (che deve essere dichiarata dal gestore della linea);
- numero e tipologia dei conduttori aerei o dei cavi interrati, loro disposizione relativa e sistema di riferimento rispetto all'asse della linea;
- condizioni di fase relativa delle correnti elettriche.

Inoltre, anche se non strettamente indispensabili per la determinazione della fascia di rispetto, ma allo scopo di verificare con precisione il rispetto dell'obiettivo di qualità, ove necessario all'interno delle fasce di rispetto, è necessario conoscere anche i seguenti parametri.

- altezza dei conduttori all'attacco ai sostegni e lunghezza delle campate;
- altezza dei conduttori sul suolo nelle condizioni di temperatura di progetto di cui al DM 21 marzo 1988 n°449 e norma CEI 11-4, Articolo. 2.2.04, ipotesi 3 (55 °C per le linee in zona A e 40 °C per le linee in zona B), con catenaria verticale.

Per ciò che attiene esclusivamente alla metodologia di calcolo per la determinazione della striscia di terreno precedentemente citata, risulta possibile desumere le indicazioni geometriche sul posizionamento reciproco dei conduttori anche avvalendosi di una misurazione strumentale diretta.

5.1. Introduzione

Il modello normalizzato per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta in una sezione trasversale di una linea elettrica aerea è quello descritto nella norma CEI 211-4, che viene considerato applicabile anche alle linee in cavo interrato.

Si tratta di un modello bidimensionale che applica la legge di Biot e Savart per determinare l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate.

Vengono assunte le seguenti schematizzazioni della linea:



- 1) tutti i conduttori sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- 2) le correnti sono considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori aerei o dei cavi e, nel caso dei conduttori aerei a fascio, negli assi centrali dei fasci, cioè negli assi dei cilindri aventi come generatrici gli assi dei subconduttori dei fasci;
- 3) per le linee aeree non vengono considerate le correnti indotte nelle funi di guardia in quanto il loro effetto sull'induzione magnetica è ritenuto trascurabile; analogamente per le linee in cavo interrato non si tiene conto delle correnti indotte negli schermi;
- 4) il suolo è considerato perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e quindi si trascurano le immagini dei conduttori rispetto al suolo, che alla frequenza industriale risultano a profondità molto elevate;

Il modello bidimensionale considerato, con le schematizzazioni sopra elencate, fornisce risultati del tutto accettabili per la maggior parte delle situazioni riscontrabili per le linee aeree e in cavo.

L'algoritmo di calcolo, implementabile con codici relativamente semplici, considera in sintesi i seguenti passi:

- a) i valori efficaci e le fasi delle correnti sinusoidali sui conduttori sono rappresentati attraverso fasori (numeri complessi): I_i è il fasore della corrente i ; sul conduttore i ;
- b) con riferimento ad un generico punto di coordinate (x_P, y_P) sul piano ortogonale ai conduttori si calcolano i fasori delle componenti spaziali dell'induzione magnetica totale B_x e B_y attraverso le formule riportate nella Figura 4, nella quale è anche illustrato il significato dei simboli usati nelle formule stesse, con riferimento alle linee aeree e a quelle in cavo interrato; per queste ultime la profondità di posa dei cavi (coordinata del centro geometrico di ciascun cavo) va introdotta con il segno negativo; per semplicità e maggior chiarezza, gli schemi riportati si riferiscono a linee a semplice terna, ma ovviamente le formule sotto riportate valgono per linee a doppia terna, introducendo

opportunamente i fasori delle correnti in modo da rappresentare la disposizione delle fasi;

- c) il valore efficace dell'induzione B magnetica viene ottenuto con la formula già sopra illustrata:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

A) Linea aerea	B) Linea in cavo interrato
$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{y_i - y_p}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \right]$	$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[\frac{x_p - x_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2} \right] \quad B_z = 0 \quad (5)$

Schematizzazione delle linee aeree e in cavo interrato e formule per la determinazione dei fasori delle componenti spaziali dell'induzione magnetica

5.2. Formule analitiche approssimate (CE 106-11)

In alternativa all'utilizzazione del modello di calcolo normalizzato sopra descritto, che richiede l'uso di codici di calcolo, seppur relativamente semplici, si può ricorrere a formule analitiche approssimate, che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal centro geometrico dei conduttori della linea elettrica o reciprocamente la distanza da tale centro geometrico a cui si verifica un prefissato valore di induzione magnetica: esse sono pertanto molto utili per valutazioni approssimate e immediate delle fasce di rispetto delle linee aeree e in cavo interrato.

Tali formule derivano dalla considerazione che l'induzione magnetica generata da un sistema di conduttori di lunghezza infinita e tra di loro paralleli può essere espresso dalla scomposizione in serie della legge di Biot-Savart e che, per punti relativamente lontani dai conduttori, quali quelli di interesse per la valutazione delle fasce di rispetto a $3 \mu\text{T}$, lo sviluppo in serie può essere troncato al primo termine con un'approssimazione tanto più accettabile tanto più è elevata la distanza dai conduttori. Con questa approssimazione le curve isolivello dell'induzione magnetica sono le circonferenze aventi per centro il centro geometrico dei conduttori.

Linee aeree trifase a semplice terna (CEI 106-11 – Rif. 6.2.1)

Formule approssimate per una terna di conduttori disposti a triangolo

Per una terna di conduttori disposti ai vertici di un triangolo equilatero con distanza tra i conduttori pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A], l'induzione magnetica B [μT] in un punto distante R [m] dal baricentro dei tre conduttori, con $R \gg S$, è data dalla seguente equazione approssimata:

$$B = 0,1 \times \sqrt{6} \times \frac{S \times I}{R^2} \quad [\mu\text{T}]$$

Dalla equazione suddetta si ricava la distanza R' corrispondente ad un valore di B pari a $3 \mu\text{T}$ (micro tesla):

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

Nel caso di linee reali con disposizione geometrica dei conduttori assimilabile alla disposizione a triangolo, come parametro S si assume la media delle distanze tra i tre conduttori ($SA, B;$ $SB, C;$ SA, C)

6. LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto sarà ubicato nella Regione Calabria, provincia di Catanzaro ed interesserà i Comuni di TORRE DI RUGGIERO e CHIARAVALLE CENTRALE.

6.1. Inquadramento geografico dell'area

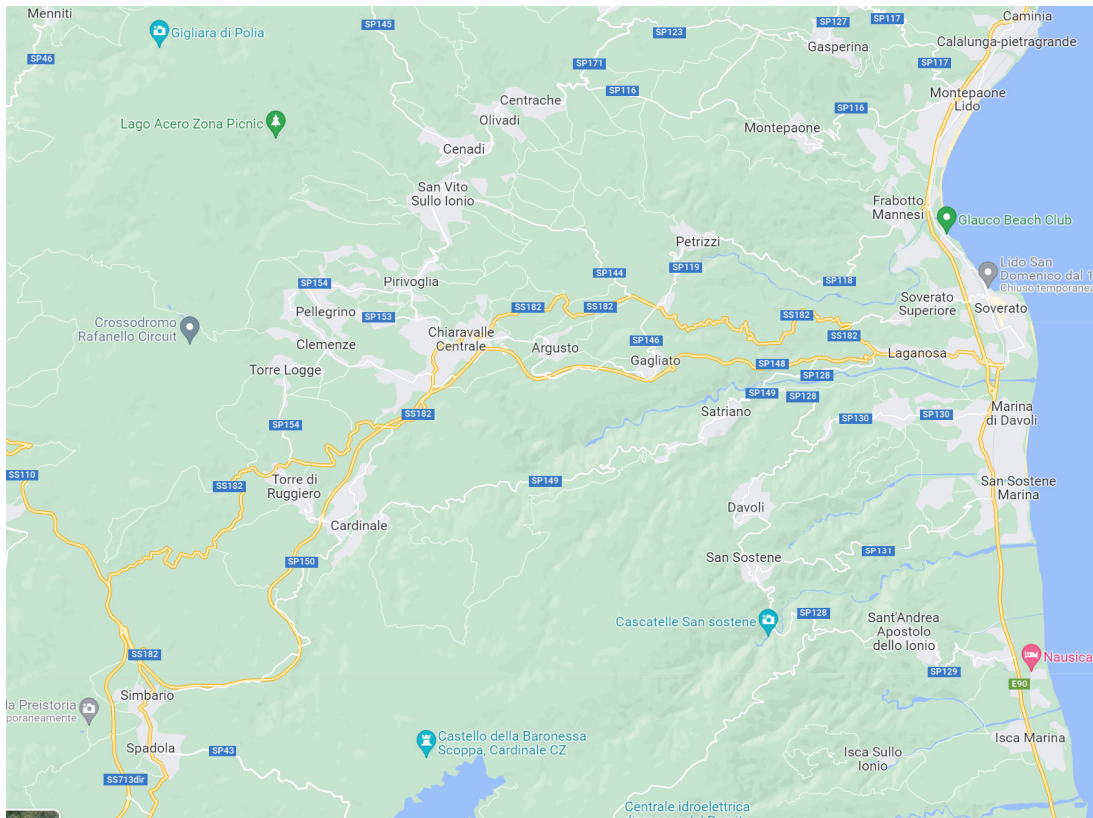


Figura 1 – area interessata dalla installazione

6.2. Ubicazione dell'impianto

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo impianto per la produzione di energia elettrica prodotta da un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori, ciascuno della potenza nominale di 7,2 MW. Gli aerogeneratori sono distribuiti nelle zone catastalmente assegnate ai Foglio 3,5,6,7,8,11,12,20 (Comune di Torre di Ruggiero) e al Foglio 2 (Comune di Chiaravalle Centrale) raggruppati in due sotto-campi e connessi tra di loro da una rete di distribuzione in cavo interrato in MT con tensione a 30kV. Il tracciato del cavidotto è stato scelto in modo da essere il più breve possibile così da avere un basso impatto ambientale e allo stesso tempo minimizzare le possibili interferenze presenti lungo il percorso, si svilupperà principalmente

lungo le strade di nuova realizzazione oppure già esistenti. I cavi saranno interrati a non meno di 1m di profondità rispetto al piano di campagna. La dorsale principale del cavidotto MT, sulla quale passano cavi derivati dalla sottostazione, costeggerà la strada statale SS182 per un breve percorso, poi costeggerà per un altro breve tratto la strada provinciale SP154, quindi si andrà a derivare costeggiando strade comunali non identificate, dove sarà ubicato il Parco Eolico.

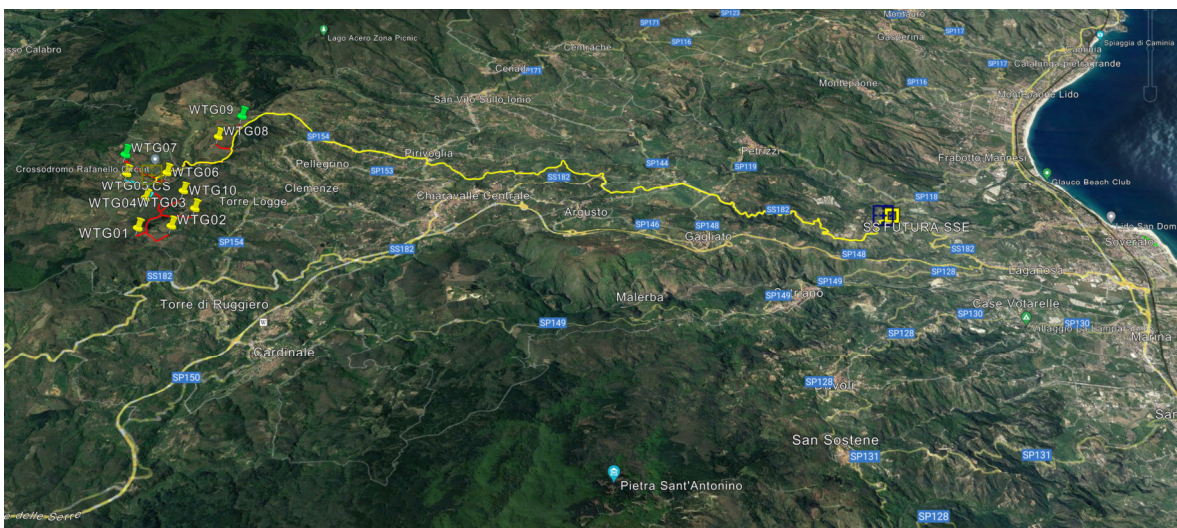


Figura 2 – indicazione dei punti di installazione e del percorso del cavidotto fino alla sottostazione

I tratti in cui è suddiviso il cavidotto sono i seguenti:

- Cavidotto SS-CS (Linea 1-2)
- Cavidotto 1 (WT 08-09 – Linea 3-4)
- Cavidotto 2 (WT 05-06-07 – Linea 5-6-7)
- Cavidotto 3 (WT 04-10-03 – Linea 8-9-10)
- Cavidotto 4 (WT 01-02 – Linea 11-12)

Sia gli aerogeneratori, connessi sulla linea 3-4, sulla linea 5-6-7 che quelli connessi sulla linea 8-9-10 e sulla linea 11-12 convogliano la potenza generata nella cabina di smistamento denominata CS

L'architettura del campo è composta da quattro circuiti derivati dal quadro di distribuzione in media tensione posto in cabina CS in singolo radiale. Gli aerogeneratori sono collegati con

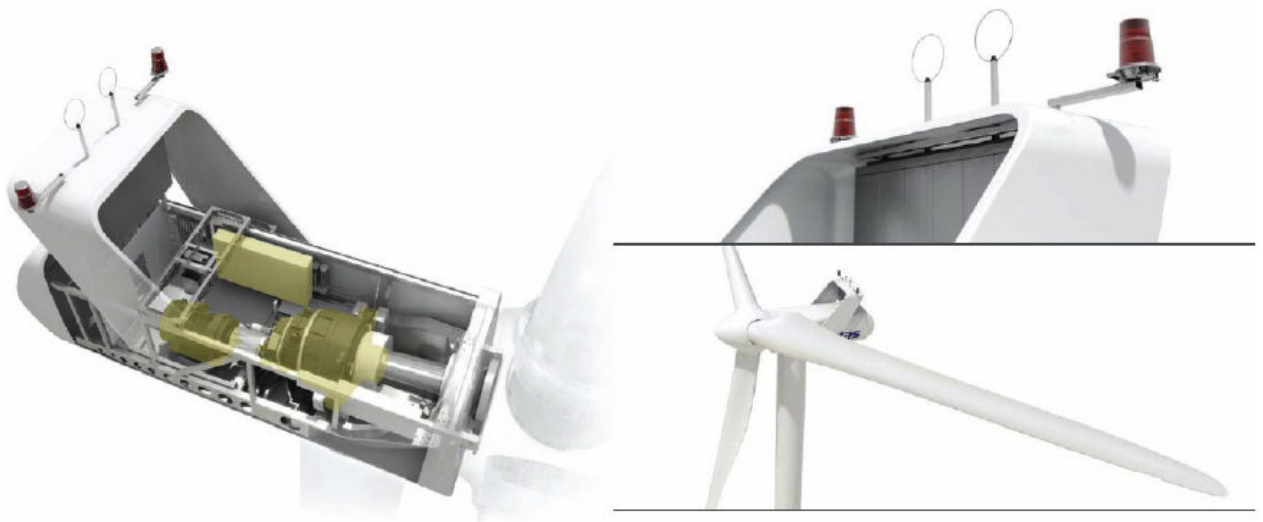
schema entra-esce, il dimensionamento dei cavi è stato realizzato in modo tale da sopportare l'intera energia prodotta dagli aerogeneratori.



Figura 3 – indicazione dei punti di installazione e del percorso dei cavidotti tra gli aerogeneratori

7. GENERALITÀ

L'impianto eolico dei 10 aerogeneratori in progetto, sarà ubicato nei Comuni di TORRE DI RUGGIERO e CHIARAVALLE CENTRALE ha una potenza complessiva pari a 72 MW. L'aerogeneratore ha un rotore tripala a passo variabile il cui moto è trasmesso tramite un moltiplicatore di giri al generatore asincrono trifase di potenza nominale pari a 7,2 MWA. Un controllo di imbardata permette alla macchina di orientarsi al vento.



Aerogeneratore eolico

Aerogeneratori derivati dalla linea 1 SS-CS

- Gli aerogeneratori WT05-WT06-WT07 sono collegati alla cabina CS con schema entra-esce, le sezioni utilizzate per le connessioni sono le seguenti:
- Collegamento cabina CS a WT05, terna di cavi di sezione pari a 400 mm² in alluminio;
- Collegamento da WT05 a WT06 e da WT06 a WT07, terna di cavi di sezione pari a 300 mm² in alluminio.
- Gli aerogeneratori WT08-WT09 sono collegati alla cabina CS con schema entra-esce, le sezioni utilizzate per le connessioni sono le seguenti:
- Collegamento cabina CS a WT08, terna di cavi di sezione pari a 300 mm² in alluminio;

- Collegamento cabina da WT08 a WT09, terna di cavi di sezione pari a 300 mm² in alluminio;

Aerogeneratori derivati dalla linea 2 SS-CS

- Gli aerogeneratori WT04-WT10-WT03 sono collegati alla cabina CS con schema entra-esce, le sezioni utilizzate per le connessioni sono le seguenti:
- Collegamento cabina CS a WT04, terna di cavi di sezione pari a 400 mm² in alluminio;
- Collegamento da WT04 a WT10 e da WT10 a WT03, terna di cavi di sezione pari a 300 mm² in alluminio.
- Gli aerogeneratori WT01-WT02 sono collegati alla cabina CS con schema entra-esce, le sezioni utilizzate per le connessioni sono le seguenti:
- Collegamento cabina CS a WT01, terna di cavi di sezione pari a 300 mm² in alluminio;
- Collegamento cabina da WT01 a WT02, terna di cavi di sezione pari a 300 mm² in alluminio;

La stazione elettrica di trasformazione 30/36 kV verrà costruita nei pressi della stazione elettrica primaria 36/150/380 KV.

Come si può vedere dalla tabella in "allegato b", alla piena potenza nominale (100%), per tratti che supportano un solo aerogeneratore (di potenza nominale 7,2 MW) la corrente d'impiego = 138,73 A; la sezione suggerita è di 300mm² (per fase) avente portata pari a circa = 412,64 A.

L'esigenza di tale dimensionamento viene giustificata da una attenta valutazione termica, elettrica ed economica, tenendo conto delle distanze dei singoli tratti e delle quantità di cavo necessarie per la realizzazione dell'impianto.

Per i tratti che supportano una potenza nominale di 14,4 MW, la sezione sarà di 300 mm² (per fase) poiché la corrente di impiego è = 277,46 A <= 412,64 A; per i tratti che supportano 21.6 MW (in uscita da una serie di tre aerogeneratori) avremo = 416,18 A quindi è consigliata una sezione da 400 mm² poiché la sua portata è pari a 462,8 A

Ai fini del cavidotto di collegamento della cabina di smistamento (CS) alla sottostazione (SS) la corrente di impiego è = 693,64 A, verranno quindi utilizzate sia per la linea



denominata L1 che per la linea denominata L2, due terne di cavi di sezione pari a 630 mm², avente portata totale superiore alla Ib (1231,8 Amp.).

Si ricorre alla scelta progettuale di utilizzare più terne di cavi in parallelo da 630 mm² in quanto risulta, nello specifico, essere soddisfatta la verifica termica dei cavi.

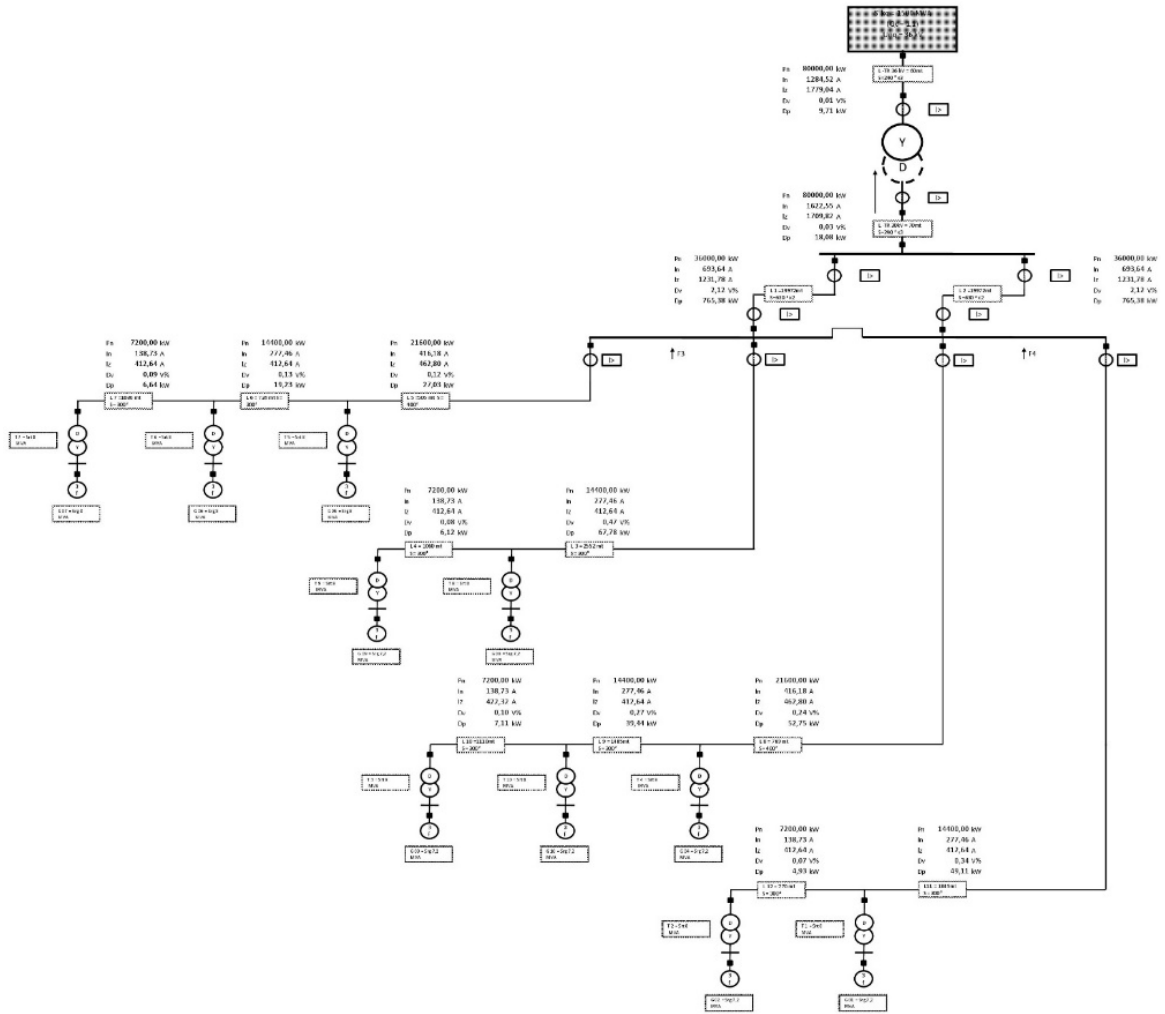
Nella tabella possono leggersi le perdite di potenza e le perdite di potenza percentuali per ogni tratto.

Tratto	Potenza (mW)	Ib (A)	sezione cavo (mmq)	Iz (A)	R Max in C.A. a 20° (Ω/km)	DP nel Tratto (kW)	DP %	Lungh. Tratto (mt)	Caduta di tensione (V)	Caduta di tensione (DV%)
L-TR 36kV	80000	1284,52	3x3x1x240	1779,04	0,002	9,71	0,01	60	4,36	0,01
L-TR 30kV	80000	1622,55	3x3x1x240	1709,82	0,002	18,08	0,02	70	9,38	0,03
L1	36000	693,64	3x2x1x630	1231,78	0,530	765,38	2,13	19972	636,31	2,12
L2	36000	693,64	3x2x1x630	1231,78	0,530	765,38	2,13	19972	636,31	2,12
L3	14400	277,46	3x1x300	412,64	0,294	67,78	0,47	2552	140,87	0,47
L4	7200	138,73	3x1x300	412,64	0,119	6,12	0,09	1060	25,44	0,08
L5	21600	416,18	3x1x400	462,80	0,052	27,03	0,13	505	37,45	0,12
L6	14400	277,46	3x1x300	412,64	0,098	19,23	0,13	724	39,96	0,13
L7	7200	138,73	3x1x300	412,64	0,130	6,64	0,09	1036	27,60	0,09
L8	21600	416,18	3x1x400	462,80	0,155	52,75	0,24	769	73,09	0,24
L9	14400	277,46	3x1x300	412,64	0,099	39,44	0,27	1485	81,97	0,27
L10	7200	138,73	3x1x300	422,32	0,123	7,11	0,10	1110	29,57	0,10
L11	14400	277,46	3x1x300	412,64	0,217	49,11	0,34	1849	102,06	0,34
L12	7200	138,73	3x1x300	412,64	0,071	4,93	0,07	770	20,51	0,07

schema di distribuzione delle connessioni tra gli aerogeneratori

PROGETTO DEFINITIVO

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)



8. IMPIANTO – SORGENTI DI CEM

Di seguito, sono riportate le caratteristiche tecniche ed i valori specifici relativi ai cavi Prysmian RG7H1R, RG26H1M16 e ARE4H5E, in base ai quali sono stati effettuati i calcoli di progetto. (N.B. la marca dei cavi è solo indicativa)

In base ai calcoli preliminari fatti, abbiamo:

- Collegamento da SE utente a SE TERNA (36 kV) collegato al quadro 36 kV in cabina di consegna Terna con una linea trifase composta da due conduttori in parallelo per fase di sezione pari a 400 mm² in rame
- Trasformatore AT/MT (lato 36 kV) collegato al quadro 36 kV in cabina di consegna Terna con una linea trifase composta da tre conduttori in parallelo per fase di sezione pari a 240 mm² in rame
- Trasformatore AT/MT (lato 30 kV) collegato al quadro di distribuzione a 30 kV con una linea trifase composta da tre conduttori in parallelo per fase di sezione pari a 240 mm² in rame
- Tutti i cavi sono stati dimensionati valutando la piena potenza nominale del trasformatore (carico=100%), anche se accade raramente che questo funzioni a potenza nominale. Tale criterio è stato adottato come motivo precauzionale; infatti, in caso si dovesse verificare tale situazione, non si hanno problemi di sovraccarico sui conduttori, e quindi diminuzione della vita utile del cavo.

Le canalizzazioni per il collegamento entra ed esci tra gli aerogeneratori sarà realizzata con posa interrata con UN CAVO PER FASE ARE4H5E 18/30KV di sezione 300mm² e 400mm² posato a trifoglio.

ARE4H5E



La canalizzazione per il collegamento tra la cabina di smistamento e la cabina utente di sottostazione sarà realizzata con posa interrata con 4 linee con 1 cavo per fase ARE4H5E 18/30KV di sezione 630mm² posato a trifoglio.



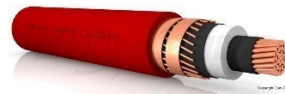
PROGETTO DEFINITIVO

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

ARE4H5E



La canalizzazione per il collegamento tra il trasformatore di potenza nella sottostazione utente la sottostazione di TERNA SpA sarà del tipo interrato con tre conduttori PER FASE RG26H1M16 18/30 KV di sezione 240mm².



RG16H1R12

La canalizzazione per il collegamento tra la cabina utente di sottostazione e il trasformatore di potenza sarà del tipo interrato con TRE CAVI PER FASE RG16H1R12 26/45KV di sezione 240mm².



PROGETTO DEFINITIVO

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

RG16H1R12-1,8/3 kV ÷ 26/45 kV

Costruzione, requisiti fisici e	CEI 20-
	CEI 20-
	IEC
Misura delle scariche	CEI 20-
	IEC 60885-

reazione al fuoco

 CONFORME REGOLAMENTO	
Norma	EN
Classe	E _c
Classificazione	EN 13501-
Propagazione fiamma	EN 60332-1-
Organismo	0051
CE	202



PROGETTO DEFINITIVO

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

- Cavi unipolari isolati in gomma HEPR di qualità G16, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso
(solo cavi Uo/U \geq 6/10 kV)
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G16 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo (solo cavi Uo/U \geq 6/10 kV)
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Guaina: miscela a base di PVC, qualità R12
- Colore: rosso

N.B. Il cavo può essere fornito nella versione tripolare riunito ad elica visibile. In tal caso la sigla di designazione diventa RG16H1R12X seguita dalla tensione nominale di esercizio.

RG16H1R12 / Descrizione

- Cavi tripolari isolati in gomma HEPR di qualità G16, sotto guaina di PVC.
- Conduttore: rame rosso, formazione rigida compatta, classe 2
- Strato semiconduttore: estruso
(solo cavi Uo/U \geq 6/10 kV)
- Isolamento: gomma HEPR, qualità G16 senza piombo
- Strato semiconduttore: estruso, pelabile a freddo (solo cavi Uo/U \geq 6/10 kV)
- Schermo: fili di rame rosso con nastro di rame in controspirale
- Identificazione fasi: fili o nastrini colorati
- Riempitivo: estruso penetrante tra le anime
- Guaina: miscela a base di PVC, qualità R12
- Colore: rosso

Marchatura

RG16H1R12 / Descrizione

Discreta resistenza ai raggi UV.
(ISO 4892-2:2013 / IEC 60811-501:2012 / 1000h)

Caratteristiche funzionali

- Tensione nominale di esercizio Uo/U: 1,8/3 ÷ 26/45 kV
- Temperatura massima di esercizio: 90°C
- Temperatura minima di esercizio: -15°C
(in assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Temperatura massima di corto circuito: 250°C

Condizioni di posa

- Temperatura minima di posa: 0°C
- Raggio minimo di curvatura consigliato: 14 volte il diametro del cavo
- Massimo sforzo di trazione consigliato: 60 N/mm² di sezione del rame

Impiego e tipo di posa

Adatto per il trasporto di energia tra le cabine di trasformazione e le grandi utenze. Per posa in aria libera, in tubo o canale.

Ammessa la posa interrata anche non protetta, in conformità all'art. 4.3.11 della norma CEI 11-17.

Riferimento Regolamento Prodotti da Costruzione 305/2011/UE e Norma EN 50575:

Il cavo è adatto per l'alimentazione di energia elettrica nelle costruzioni ed altre opere di ingegneria civile.

Caratteristiche particolari

RG16H1R12 - 18/30 kV

U₀/U: 18/30 kV

U max: 36 kV

Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno indicativo	Peso indicativo cavo	Portate di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,1	8,0	32,5	1470	229	254	214	222
1 x 70	9,7	8,0	34,1	1730	285	316	263	272
1 x 95	11,4	8,0	36,0	2065	347	387	314	325
1 x 120	12,9	8,0	38,4	2425	401	445	358	370
1 x 150	14,3	8,0	39,9	2760	452	505	400	415
1 x 185	16,0	8,0	41,7	3105	520	580	453	469
1 x 240	18,3	8,0	44,3	3860	615	680	525	540
1 x 300	21,0	8,0	46,8	4585	705	775	593	606
1 x 400	23,2	8,0	49,6	5505	815	895	671	685
1 x 500	26,1	8,0	53,4	6745	943	1030	761	775
1 x 630	30,3	8,0	57,5	8345	1085	1170	860	875

(*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:

- Resistività termica del terreno: 1 K·m/W

- Temperatura ambiente 20°C

- profondità di posa: 0,8 m

Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		Ω/km	Ω/km	Ω/Km	Ω/Km	
n° x mm ²	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	µF/km
1 x 50	0,387	0,494	0,494	0,15	0,20	0,15
1 x 70	0,268	0,342	0,342	0,14	0,20	0,16
1 x 95	0,193	0,246	0,246	0,13	0,19	0,18
1 x 120	0,153	0,196	0,196	0,13	0,18	0,19
1 x 150	0,124	0,159	0,158	0,12	0,18	0,20
1 x 185	0,0991	0,128	0,127	0,12	0,18	0,22
1 x 240	0,0754	0,0985	0,0972	0,11	0,17	0,24
1 x 300	0,0601	0,0797	0,0779	0,11	0,17	0,27

1 x 400	0,0470	0,0638	0,0616	0,11	0,16	0,29
1 x 500	0,0366	0,0517	0,0489	0,10	0,16	0,32
1 x 630	0,0283	0,0425	0,0389	0,099	0,16	0,36

RG16H1R12 - 26/45 kV

U_o/U: 26/45 kV

U max: 52 kV

Caratteristiche tecniche

Formazione	Ø indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Ø esterno indicativo	Peso indicativo cavo	Portata di corrente A			
					in aria		interrato*	
n° x mm ²	mm	mm	mm	kg/km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano
1 x 50	8,1	10,3	37,7	1910	225	250	205	212
1 x 70	9,7	10,3	39,3	2190	280	315	255	260
1 x 95	11,4	10,3	41,2	2540	340	380	300	310
1 x 120	12,9	10,0	42,2	2805	395	440	355	365
1 x 150	14,3	9,5	42,8	3080	445	495	385	395
1 x 185	16,0	9,3	44,3	3465	510	570	440	450
1 x 240	18,3	9,3	46,9	4160	600	665	510	520
1 x 300	21,0	9,0	49,2	4875	695	760	570	580
1 x 400	23,2	9,0	51,8	5782	800	875	650	655
1 x 500	26,1	9,0	55,3	7000	930	1010	735	740
1 x 630	30,3	9,0	59,3	8355	1070	1180	835	845

(*) I valori di portata si riferiscono alle seguenti condizioni:

- Resistività termica del terreno: 1 K·m/W

- Temperatura ambiente 20°C

- profondità di posa: 0,8 m

Caratteristiche elettriche

Formazione	Resistenza elettrica a 20°C	Resistenza apparente a 90°C e 50Hz		Reattanza di fase		Capacità a 50Hz
		Ω/km		Ω/Km		
n° x mm ²	Ω/Km	a trifoglio	in piano	a trifoglio	in piano	μF/km
1 x 50	0,387	0,494	0,494	0,15	0,20	0,15
1 x 70	0,268	0,342	0,342	0,15	0,21	0,15
1 x 95	0,193	0,246	0,246	0,14	0,20	0,16


PROGETTO DEFINITIVO

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

1 x 120	0,153	0,196	0,196	0,14	0,20	0,18
1 x 150	0,124	0,159	0,158	0,13	0,19	0,20
1 x 185	0,0991	0,128	0,127	0,13	0,19	0,21
1 x 240	0,0754	0,0985	0,0972	0,12	0,18	0,23
1 x 300	0,0601	0,0797	0,0779	0,12	0,18	0,26
1 x 400	0,0470	0,0638	0,0616	0,11	0,17	0,28
1 x 500	0,0366	0,0517	0,0489	0,11	0,17	0,31
1 x 630	0,0283	0,0425	0,0389	0,10	0,16	0,34

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / MEDIUM VOLTAGE - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV



Norma di riferimento
HD 620/IEC 60502-2

Descrizione del cavo

Anima
Conduttore a corda rotonda compatta di alluminio
Semiconduttivo interno
Miscela estrusa
Isolante
Miscela di polietilene reticolato (qualità DIX 8)
Semiconduttivo esterno
Miscela estrusa
Rivestimento protettivo
Nastro semiconduttore igroespandente
Schermatura
Nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale (Rmax 3Ω/Km)
Guaina
Polietilene: colore rosso (qualità DMP 2)
Marcatura
PRYSMIAN (**) ARE4H5E <tensione>
<sezione> <anno>

(**) sigla sito produttivo

Marcatura in rilievo ogni metro
Marcatura metrica ad inchiostro

Applicazioni

Il cavo rispetta le prescrizioni della norma HD 620 per quanto riguarda l'isolante; per tutte le altre caratteristiche rispetta le prescrizioni della IEC 60502-2.

Accessori idonei

Terminali

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTS-630/C (pag. 136)

Giunti

ECOSPEED™ (pag. 140)

Standard

HD 620/IEC 60502-2

Cable design

Core
Compact stranded aluminium conductor
Inner semi-conducting layer
Extruded compound
Insulation
Cross-linked polyethylene compound (type DIX 8)
Outer semi-conducting layer
Extruded compound
Protective layer
Semiconductive watertight tape
Screen
Aluminium tape longitudinally applied (Rmax 3Ω/Km)
Sheath
Polyethylene: red colour (DMP 2 type)
Marking
PRYSMIAN (**) ARE4H5E <rated voltage>
<cross-section> <year>

(**) production site label

Embossed marking each meter
Ink-jet meter marking

Applications

According to the HD 620 standard for insulation, and the IEC 60502-2 for the other characteristics.

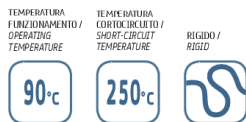
Suitable accessories

Terminations

ELTI-1C (pag. 115), ELTO-1C (pag. 118), FMCS 250 (pag. 128), FMCE (pag. 130), FMCTS-400 (pag. 132), FMCTS-630/C (pag. 136)

Joints

ECOSPEED™ (pag. 140)



Condizioni di posa / Laying conditions



Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

MEDIA TENSIONE - APPLICAZIONI TERRESTRI E/O EOLICHE / **MEDIUM VOLTAGE** - GROUND AND/OR WIND FARM APPLICATION

ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV
Single core 12/20 kV and 18/30 kV

Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARE4H5E

sezione nominale	di diametro conduttore	di diametro sull'isolante	di diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio
<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>	<i>open air installation</i>	<i>underground installation trefoil</i>
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	$\rho=1\text{ }^{\circ}\text{C m/W}$	$\rho=2\text{ }^{\circ}\text{C m/W}$
						$\rho=1\text{ }^{\circ}\text{C m/W}$	$\rho=2\text{ }^{\circ}\text{C m/W}$
						(A)	(A)

Dati costruttivi / Construction charact. - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370
70	9,7	20,8	29	650	380
95	11,4	22,1	30	740	400
120	12,9	23,2	32	840	420
150	14,0	24,3	33	930	440
185	15,8	26,1	35	1090	470
240	18,2	28,5	37	1310	490
300	20,8	31,7	42	1560	550
400	23,8	34,9	45	1930	610
500	26,7	37,8	48	2320	650
630	30,5	42,4	53	2880	700

Caratt. elettriche / Electrical charact. - 12/20 kV

50	186	175	134
70	230	214	164
95	280	256	197
120	325	291	225
150	365	325	250
185	421	368	283
240	500	427	328
300	578	483	371
400	676	551	423
500	787	627	482
630	916	712	547

Dati costruttivi / Construction charact. - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450
70	9,7	25,6	34	870	450
95	11,4	26,5	35	950	470
120	12,9	27,4	36	1040	470
150	14,0	28,1	37	1130	490
185	15,8	29,5	38	1260	510
240	18,2	31,5	41	1480	550
300	20,8	34,7	44	1740	590
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

50	190	175	134
70	235	213	164
95	285	255	196
120	328	291	225
150	370	324	249
185	425	368	283
240	503	426	327
300	581	480	369
400	680	549	422
500	789	624	479
630	918	709	545

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

MEDIA TENSIONE - DATI TECNICI / MEDIUM VOLTAGE - TECHNICAL DATA

RESISTENZA E REATTANZA RESISTANCE AND REACTANCE

Cavi isolati in materiale elastomerico / Cables insulated with elastomeric compounds

Resistenza apparente del conduttore (rame rosso) (alluminio) a 50 Hz e a 90 °C
Apparent resistance of red conductor (bare copper) (aluminium) at 50 Hz and at 90 °C

sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio						CAVI UNIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni		CAVI TRIPOLARI conduttore in rame - alluminio tutte le tensioni	
	1,8/3 kV - 3,6/6 kV (Ω/km)		6/10 kV - 8,7/15 kV (Ω/km)		12/20 kV - 18/30 kV (Ω/km)		26/45 kV (Ω/km)		(Ω/km)	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
10	2,330	3,9100	2,3300	3,9100	-	-	-	-	2,330	3,9100
16	1,470	2,4700	1,4700	2,4700	-	-	-	-	1,470	2,4700
25	0,929	1,5600	0,9290	1,5600	0,9290	1,5600	-	-	0,929	1,5600
35	0,670	1,1200	0,6710	1,1300	0,6710	1,1300	-	-	0,670	1,1200
50	0,495	0,8320	0,4950	0,8320	0,4950	0,8320	-	-	0,495	0,8320
70	0,347	0,5830	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,3440	0,5800	0,344	0,5800
95	0,248	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,2480	0,4160	0,248	0,4160
120	0,198	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,1980	0,3330	0,198	0,3330
150	0,161	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,1610	0,2700	0,161	0,2700
185	0,130	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,1300	0,2180	0,130	0,2180
240	0,0984	0,1650	0,0983	0,1650	0,0982	0,1650	0,0981	0,1650	0,100	0,1680
300	0,0789	0,1320	0,0788	0,1320	0,0787	0,1320	0,0786	0,1320	0,081	0,1360
400	0,0625	0,1050	0,0624	0,1050	0,0623	0,1050	0,0622	0,1050	0,065	0,1090
500	0,0496	0,0835	0,0494	0,0830	0,0493	0,0828	0,0491	0,0825	0,053	0,0890
630	0,0396	0,0665	0,0394	0,0662	0,0393	0,0662	0,0391	0,0657	0,044	0,0739

Reattanza di fase a 50 Hz / Phase reactance at 50 Hz

sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	CAVI UNIPOLARI (VALORI MEDI)						
	1,8/3 kV (Ω/km)	3,6/6 kV (Ω/km)	6/10 kV (Ω/km)	8,7/15 kV (Ω/km)	12/20 kV (Ω/km)	18/30 kV (Ω/km)	26/45 kV (Ω/km)
10	0,19	0,20	0,21	-	-	-	-
16	0,18	0,19	0,20	0,21	-	-	-
25	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	-	-
35	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	-
50	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,20	-
70	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21
95	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20
120	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19
150	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,19
185	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18
240	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,18
300	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17	0,17
400	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17
500	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17
630	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16

Note / Notes:
Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Valid both for copper and aluminium cables.

MEDIA TENSIONE - DATI TECNICI / MEDIUM VOLTAGE - TECHNICAL DATA

CAPACITÀ CAPACITANCE

Cavi isolati in materiale elastomerico (HEPR) / Cables insulated with elastomeric compounds (HEPR)
Capacità / Capacitance

sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	schermati		armati		6/10 kV (μF/km)	8,7/15 kV (μF/km)	12/20 kV (μF/km)	18/30 kV (μF/km)	26/45 kV (μF/km)
	shielded (μF/km)	1,8/3 kV armoured (μF/km)	shielded (μF/km)	3,6/6 kV armoured (μF/km)					
10	0,20	0,16	0,21	0,14	0,17	-	-	-	-
16	0,27	0,18	0,23	0,16	0,19	0,17	-	-	-
25	0,28	0,21	0,27	0,18	0,20	0,19	0,18	-	-
35	0,32	0,25	0,30	0,19	0,24	0,20	0,17	0,14	-
50	0,36	0,25	0,35	0,22	0,26	0,22	0,19	0,15	-
70	0,42	0,28	0,38	0,24	0,30	0,24	0,21	0,16	0,15
95	0,48	0,30	0,43	0,25	0,34	0,27	0,23	0,18	0,16
120	0,53	0,32	0,47	0,28	0,37	0,29	0,25	0,19	0,17
150	0,58	0,34	0,51	0,29	0,40	0,32	0,27	0,21	0,19
185	0,67	0,37	0,56	0,31	0,43	0,34	0,29	0,22	0,21
240	0,73	0,38	0,61	0,32	0,49	0,39	0,33	0,25	0,23
300	0,81	0,41	0,64	0,35	0,54	0,43	0,36	0,27	0,25
400	0,90	0,44	0,67	0,38	0,59	0,47	0,40	0,29	0,27
500	0,95	0,45	0,70	0,39	0,66	0,52	0,44	0,32	0,30
630	0,97	-	0,80	-	0,76	0,59	0,50	0,37	0,35

Note / Notes:

Validi sia per cavi in rame che alluminio.
Valid both for copper and aluminium cables.

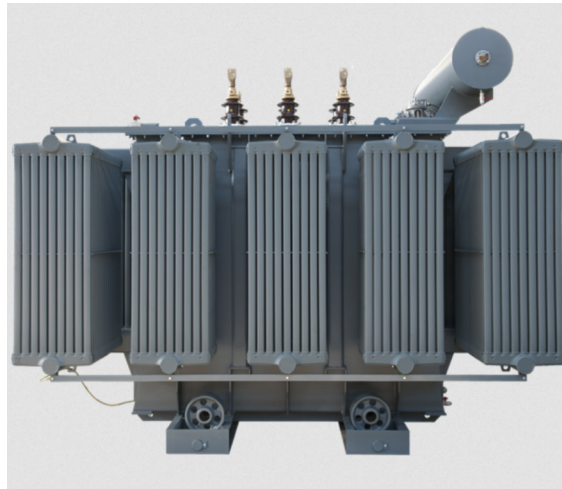
Cavi isolati in polietilene reticolato (XLPE) / Cables insulated with cross-linked polyethylene (XLPE)
Capacità / Capacitance

sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	12/20 kV (μF/km)	18/30 kV (μF/km)
35	0,17	-
50	0,18	0,14
70	0,21	0,16
95	0,23	0,17
120	0,25	0,19
150	0,27	0,20
185	0,29	0,22
240	0,32	0,24
300	0,36	0,26
400	0,39	0,29
500	0,43	0,32
630	0,49	0,36

Cavi isolati in elastomero termoplastico (HPTE) / Cables insulated with thermoplastic elastomer (HPTE)
Capacità / Capacitance

sezione nominale conductor cross-section (mm ²)	12/20 kV (μF/km)	18/30 kV (μF/km)
50	0,19	0,13
70	0,22	0,15
95	0,25	0,17
120	0,28	0,19
150	0,29	0,21
185	0,31	0,23
240	0,35	0,26
300	0,38	0,29
400	0,42	0,32
500	0,46	0,34
630	0,52	0,38

All'interno dell'area della sottostazione utente, sarà installato un Trasformatore 80 MW - MT/MT 36/30KV, Vcc $\pm 12\%$



All'interno della cabina CS, sarà installato un Trasformatore Mt/Bt 30/0,4 kV 160 kVA per le utenze degli ausiliari.

9. CALCOLO DELLA DPA

Detto calcolo previsionale è stato effettuato attraverso il calcolo della DPA di cui al DM 29/05/2008 (ove applicabile) e delle Norma CEI di riferimento (CEI 116-11).

Le cabine di smistamento e nella sottostazione utente saranno predisposte per il sezionamento delle linee e conterranno solo il trasformatore di piccola taglia per gli ausiliari (160 kVA).

9.1. Calcolo della DPA 'cabina' trasformatore (MT/BT)

La presente valutazione ha lo scopo di effettuare il calcolo previsionale del campo magnetico a frequenza di rete 50 Hz emesso dalle canalizzazioni in media tensione e dai componenti della cabina di trasformazione MT/ BT per l'impianto da realizzare.

La Dpa, distanza di prima approssimazione, per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa, che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del perimetro di cabina più di DPA, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Per fascia di rispetto si intende, in questo caso, lo spazio circostante il locale cabina che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica d'intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 μ T).

Questa indicazione può valere nel caso di cabine 'standard' prefabbricate e di dimensioni contenute (rif. 5.2.1 DM 29/05/2008).

Nel caso di tipologie di cabine differenti da quelle sopra, come i locali in oggetto, **la struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la DPA è un sistema trifase BT, percorso dalla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore, nell'ipotesi che la distanza tra le fasi fosse pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.**

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \times x^{0,5242}$$

dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m)

I = corrente nominale del trafo (A)

x = diametro dei cavi (m)

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 160 kVA 0,4/30 kV collocati nelle cabine di trasformazione.

Per il calcolo è stato considerato per le fasi come diametro dei conduttori un valore pari a 0,016 m (formazione dei cavi BT rame 1x150 e una corrente pari a 260 A (corrente nominale secondaria del trasformatore).

Pertanto, servendoci della corrente nominale di bassa tensione del trasformatore e del diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore e applicando la formula riportata sul DM 29/05/08 è stato calcolato il rapporto $\frac{DPA}{\sqrt{I}}$. detto rapporto moltiplicato per e approssimato al mezzo metro successivo restituisce DPA.

$$DPA = \sqrt{I} \times 0,40942 \times 0,016^{0,5241} = 0,75 \text{ m che approssimato al mezzo metro superiore diventa:}$$

DPA trasformatore 1,00 m

Relativamente alla nuova metodologia di calcolo definita nel decreto 29 Maggio 2008, la distanza di prima approssimazione, ovvero la distanza minima al di sopra della quale si ottiene l'obiettivo di qualità dei 3 μ T per la 'cabina' risulta pari a DPA = 1,0 m dalla proiezione in pianta del trasformatore.

Si possono prendere comunque le indicazioni di 2 metri dalle pareti della cabina come indicato in letteratura.

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

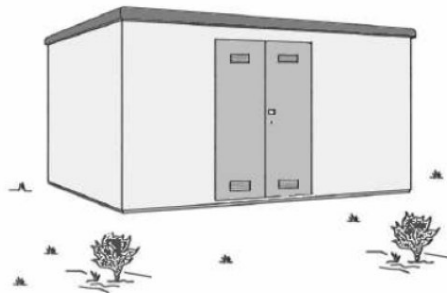


DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI
QSA/TUN

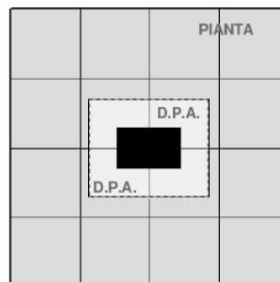
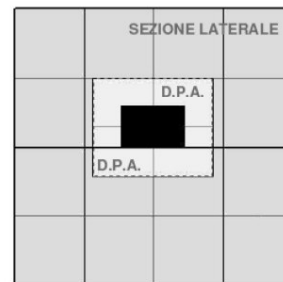
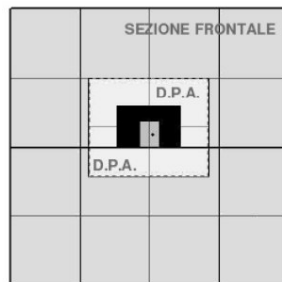
PROGETTO DEFINITIVO



Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO – TENSIONE 15 KV O 20 KV



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



-  $< 3 \mu T$
-  $> 3 \mu T$

DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c



PROGETTO DEFINITIVO

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)

D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

9.2. Calcolo Dpa condutture

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, saranno considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre, la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio" o a elica) fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

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

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a $3 \mu\text{T}$.

Considerando la posa dei **conduttori a trifoglio**, la formula da applicare è la seguente:

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu\text{T}] \qquad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}]$$

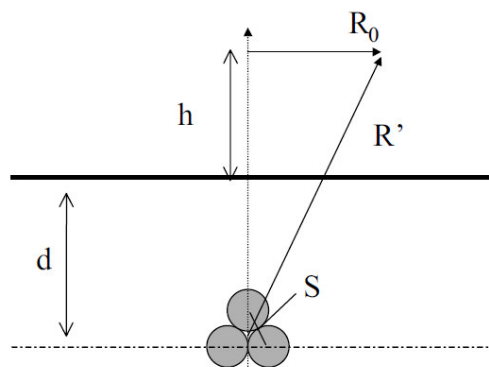


Figura 12 – Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità (d è la profondità del centro del conduttore)

E per R_0

$$R_0 = \sqrt{0,082 \times S \times I - d^2} \quad [\text{m}]$$

nel caso i cavi siano posati in piano alla profondità d e spazati di S si ricorre alle seguenti formule approssimate per **conduttori in piano**:

l'induzione magnetica vale:

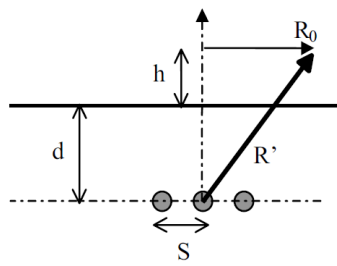
$$B = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{S \cdot I}{R'^2} \quad [\mu T] \quad R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

Assegnando a $B=3,0 \mu T$

Si ha la seguente formula:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I}$$

dove



In alcuni casi può essere conveniente calcolare - al posto della distanza dal baricentro dei conduttori che può risultare fin troppo conservativa - la distanza R_0 dall'asse della linea al livello del suolo ($h = 0$) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto di un valore prefissato ($3 \mu T$). In questa ipotesi, la profondità di posa diviene un ulteriore parametro per poter ottenere la distanza dall'asse della linea. R_0 può quindi essere calcolato applicando la formula semplificata per il calcolo di R' e tenendo conto della profondità di posa d :

$$R_0 = \sqrt{R'^2 - d^2} \quad [m] \quad R_0 = \sqrt{0,115 \cdot S \cdot I - d^2} \quad [m]$$

Formula approssimata ed empirica per la valutazione del campo di **induzione magnetica prodotto da un trasformatore**:

$$B(d) = B_0 \frac{u_{cc\%}}{6} \sqrt{\frac{S}{630}} \left(\frac{3}{d}\right)^{2,8} \quad [\mu T]$$

ove S è la potenza nominale del trasformatore in kVA, $ucc\%$ è la tensione di corto circuito percentuale, d la distanza dal centro del trasformatore (in metri) e B_0 vale $5\mu T$ per trasformatori a secco e $3\mu T$ per trasformatori a olio.

La distanza $d_{3\mu T}$ dal centro del trasformatore alla quale il campo di induzione magnetica è pari a $3\mu T$ è data dalla formula inversa (per trasformatori a olio):

$$DPA = (0,24 \times Ucc \% \times \sqrt{Sr})^{0,35714}$$

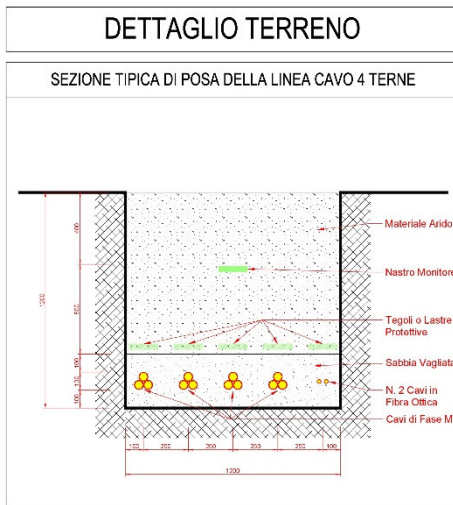
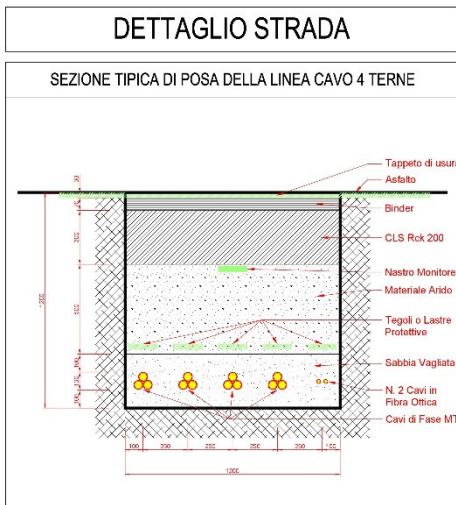
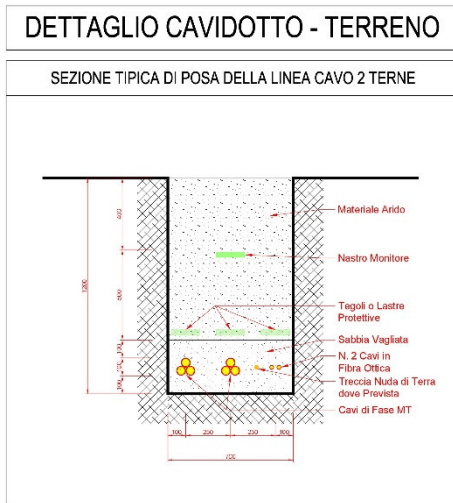
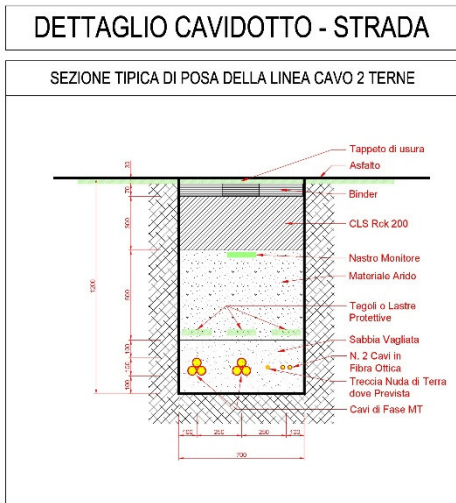
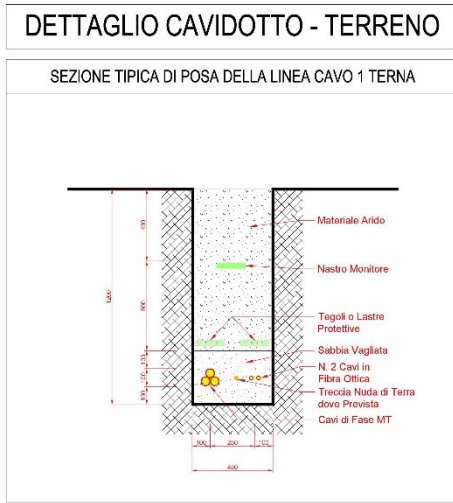
Dove:

Sr potenza apparente nominale trasformatore [kVA];

$Ucc \%$ tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore

Dpa distanza di prima approssimazione [m]

Progetto relativo alla realizzazione di un impianto eolico costituito da 10 aerogeneratori da realizzare nei comuni di Torre di Ruggiero (CZ) e Chiaravalle Centrale (CZ) e relative opere di connessione alla R.T.N. ricadenti nel comune di Petrizzi (CZ)



9.3. CAMPO EOLICO - canalizzazione entra ed esci a 30 kV (interrata sez. 300mm2)

Per quanto riguarda la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 30000 Volt interrata, nel campo eolico, la geometria di posa prevede un cavidotto con all'interno tre conduttori del tipo ARE4H1R 18/30 KV posati a trifoglio.

Per le linee in cavo la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente così come definita nella Norma CEI 11-17. Di seguito sono indicare le portate tabellate per sezione di alcuni cavi:

DATI DELLA LINEA

GESTORE UTENTE PRIVATO

ELETTRODOTTO CANALIZZAZIONE MT

TENSIONE 30 kV

FREQUENZA 50 Hz

CORRENTE 480 A (portata cavo regime permanente)

CONDUTTORI 1 PER FASE

GEOMETRIA A TRIFOGLIO

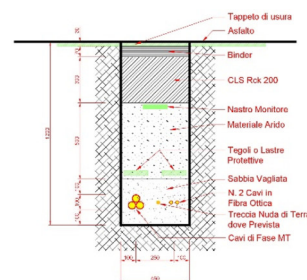
DISTANZA TRA LE FASI (S) S=0,044 m

TIPOLOGIA SOSTEGNO CAVIDOTTO
INTERRATO

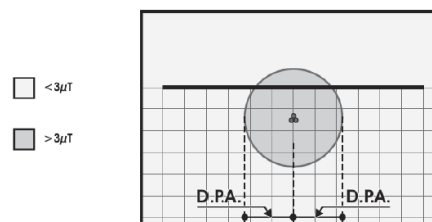
d = 1,0 m

h = 0 m

Si ottiene:



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



$$R' = 0,286 \times \sqrt{(0,044 \times 480)} = 1,31 \text{ m}$$

$$R_0 = \sqrt{0,082 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

$$R_0 = \sqrt{1,31^2 - 1^2} = 0,85 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 1 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 2 m

9.4. CAMPO EOLICO - canalizzazione entra ed esci a 30 kV (interrata sez. 300mm²) due linee interrate

Per quanto riguarda la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 30000 Volt interrata, nel campo eolico, la geometria di posa prevede un cavidotto con all'interno tre conduttori del tipo ARE4H1R 18/30 KV posati a trifoglio.

Per le linee in cavo la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente così come definita nella Norma CEI 11-17. Di seguito sono indicare le portate tabellate per sezione di alcuni cavi:

DATI DELLA LINEA

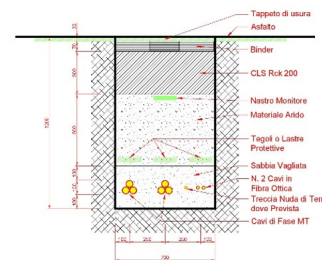
GESTORE UTENTE PRIVATO

ELETTRODOTTO CANALIZZAZIONE MT

TENSIONE 30 kV

FREQUENZA 50 Hz

CORRENTE 480 A (portata cavo regime permanente)



CONDUTTORI	1 PER FASE
GEOMETRIA	DUE LINEE A TRIFOGLIO
DISTANZA TRA LE FASI (S)	S=0,044 m
DISTANZA TRA LE LINEE	dl=0,250 m
TIPOLOGIA SOSTEGNO	CAVIDOTTO INTERRATO

d = 1,0 m

h = 0 m

Si ottiene:

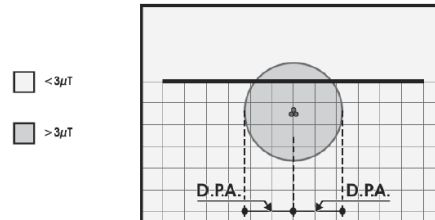
$$R' = 0,286 \times \sqrt{(0,044 \times 480)} = 1,31 \text{ m}$$

$$R_0 = \sqrt{0,082 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

$$R_0 = \sqrt{1,31^2 - 1^2} = 0,85 \quad [m] \text{ una linea}$$

$$R_0 = \sqrt{1,31^2 - 1^2} = 0,85 + 0,25 = 1,10 \quad [m] \text{ per due linee distanti } 0,25\text{m}$$

RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 2 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 2 m

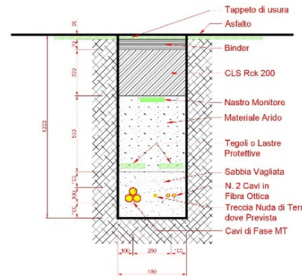
9.5. CAMPO EOLICO - canalizzazione entra ed esci a 30 kV (interrata sez. 400mm²)

Per quanto riguarda la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 30000 Volt interrata, nel campo eolico, la geometria di posa prevede un cavidotto con all'interno tre conduttori del tipo ARE4H1R 18/30 KV posati a trifoglio.

Per le linee in cavo la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente così come definita nella Norma CEI 11-17. Di seguito sono indicare le portate tabellate per sezione di alcuni cavi:

DATI DELLA LINEA (L5 L8)

GESTORE UTENTE PRIVATO



ELETTRODOTTO CANALIZZAZIONE MT

TENSIONE 30 kV

FREQUENZA 50 Hz

CORRENTE 549 A (portata cavo regime permanente)

CONDUTTORI 1 PER FASE

GEOMETRIA A TRIFOGLIO

DISTANZA TRA LE FASI (S) S=0,048 m

TIPOLOGIA SOSTEGNO CAVIDOTTO INTERRATO

d = 1,0 m

h = 0 m

Si ottiene:

$$R' = 0,286 \times \sqrt{(0,048 \times 549)} = 1,47 \text{ m}$$

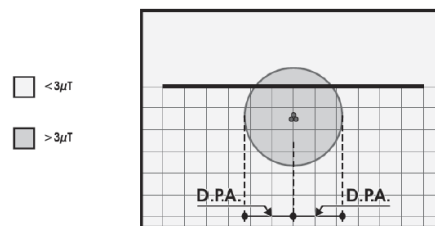
$$R_0 = \sqrt{0,082 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

$$R_0 = \sqrt{1,47^2 - 1^2} = 1,07 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 2 m, rispetto all'asse del caavidotto.

DPA 2 m

RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



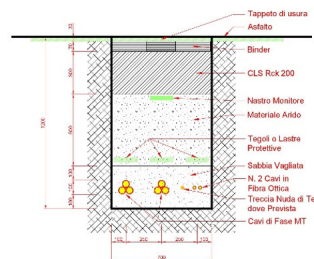
9.6. CAMPO EOLICO - canalizzazione entra ed esci a 30 kV (interrata sez. 400mm²) due linee interrato

Per quanto riguarda la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 30000 Volt interrata, nel campo eolico, la geometria di posa prevede un cavidotto con all'interno tre conduttori del tipo ARE4H1R 18/30 KV posati a trifoglio.

Per le linee in cavo la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente così come definita nella Norma CEI 11-17. Di seguito sono indicare le portate tabellate per sezione di alcuni cavi:

DATI DELLA LINEA

GESTORE UTENTE PRIVATO



ELETTRODOTTO CANALIZZAZIONE MT

TENSIONE 30 kV

FREQUENZA 50 Hz

CORRENTE 549 A (portata cavo regime permanente)

CONDUTTORI 1 PER FASE

GEOMETRIA DUE LINEE A TRIFOGLIO

DISTANZA TRA LE FASI (S) $S=0,048$ m

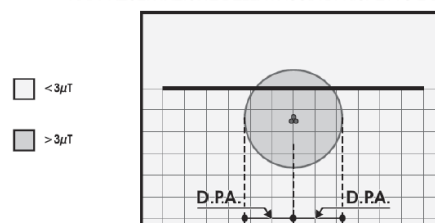
DISTANZA TRA LE LINEE $d_l=0,250$ m

TIPOLOGIA SOSTEGNO CAVIDOTTO INTERRATO

$d = 1,0$ m

$h = 0$ m

RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



Si ottiene:

$$R' = 0,286 \times \sqrt{(0,048 \times 549)} = 1,47 \text{ m}$$

$$R_0 = \sqrt{0,082 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

$$R_0 = \sqrt{1,47^2 - 1^2} = 1,07 \quad [m] \text{ una linea}$$

$$R_0 = \sqrt{1,47^2 - 1^2} = 1,07 + 0,25 = 1,32 \quad [m] \text{ per due linee distanti } 0,25m$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 2 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA2 m

9.7. CANALIZZAZIONE TRA CABINA CS e SOTTOSTAZIONE UTENTE - canalizzazione a 30 kV (interrata sez. 630mm²)

DATI DELLA LINEA

GESTORE

UTENTE PRIVATO

ELETTRODOTTO

CANALIZZAZIONE MT

TENSIONE

30 kV

FREQUENZA

50 Hz

CORRENTE

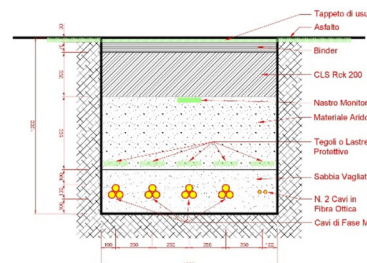
709 A (portata cavo regime permanente)

CONDUTTORI

2 PER FASE

GEOMETRIA

2 linee A TRIFOGLIO



DISTANZA TRA LE FASI (S) S=0,056 m

TIPOLOGIA SOSTEGNO CAVIDOTTO
INTERRATO

d = 1,0 m

h = 0 m

Si ottiene:

$$R' = 0,286 \times \sqrt{(0,056 \times 709)} = 1,80 \text{ m}$$

$$R_0 = \sqrt{1,8^2 - 1^2} = 1,50 \text{ [m]}$$

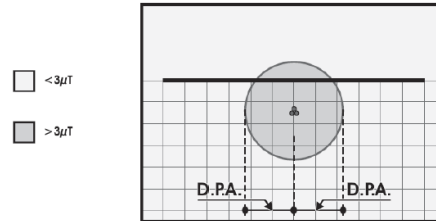
le due linee più distanti pari a 0,75 m si ha:

$$R_0 = \sqrt{1,8^2 - 1^2} = 1,50 + 0,75 = 2,25 \text{ [m]}$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 3 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 6 m

RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



9.8. CANALIZZAZIONE INTERRATA TRA IL TRASFORMATORE DI POTENZA LATO 36 KV E I QUADRI IN MEDIA TENSIONE LATO 36 KV

Per quanto riguarda la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 36 kV interrata, dal trasformatore di potenza AT/MT ai quadri in AT a 36 kV. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG16H1R12 - 26/45 posati a trifoglio il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi. Si procederà alla costipazione della trincea con i vari elementi (strati) di chiusura.

Con i seguenti parametri elettrici

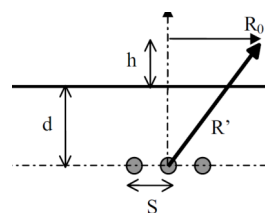
- Tipo di cavo RG16H1R12 - 26/45
- Tensione nominale d'isolamento (Uo/U) kV 26/45

- Tensione massima permanente di esercizio (Um) kV 45
- Sezione nominale 1 x mm² 240 (singoli conduttore)
- diametro esterno 44.3 mm
- portata in regime permanente (in base al tipo di posa) 540A

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da tre conduttori posati a trifoglio, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

DATI DELLA LINEA

GESTORE	UTENETE PRIVATO
ELETTRODOTTO	CANALIZZAZIONE MT
TENSIONE	36 KV
FREQUENZA	50 Hz
CORRENTE	540 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
CORRENTE PER FASE	540X3=1620 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
CONDUTTORI	3 PER FASE
GEOMETRIA	IN PIANO (SINGOLA FASE tre conduttori A TRIFOGLIO)
DISTANZA TRA LE FASI (S)	S=0,25 m (distanza di posa tra i conduttori di fase)
TIPOLOGIA SOSTEGNO	INTERRATO



$d = 1,0 \text{ m}$

$h = 0 \text{ m}$

Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 1620)} = 6,84 \text{ m}$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0,115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

$$R_0 = \sqrt{6,84^2 - 1^2} = 6,76 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 7 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 7 m

9.9. CANALIZZAZIONE INTERRATA TRA IL LA SE UTENTE E LA SE TERNA LATO 36 KV

Per quanto riguarda la DPA in corrispondenza del percorso della canalizzazione a 36 kV interrata, dal trasformatore di potenza AT/MT ai quadri in AT a 36 kV. La geometria di posa prevede cavidotti interrati con all'interno i conduttori del tipo RG16H1R12 - 26/45 posati a trifoglio il tutto coperto da piastre di calcestruzzo prefabbricato poste sopra a garantire la sicurezza dei cavi. Si procederà alla costipazione della trincea con i vari elementi (strati) di chiusura.

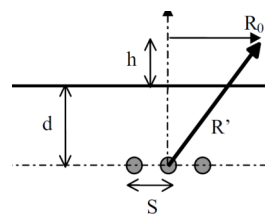
Con i seguenti parametri elettrici

- Tipo di cavo RG16H1R12 - 26/45
- Tensione nominale d'isolamento (U₀/U) kV 26/45
- Tensione massima permanente di esercizio (U_m) kV 36
- Sezione nominale 1 x mm² 400 (singoli conduttore)
- diametro esterno 49,6 mm
- portata in regime permanente (in base al tipo di posa) 685A

Questa tipologia di posa è assimilabile a quella di una terna di conduttori posati in piano dove ogni fase è composta da tre conduttori posati a trifoglio, per i quali la Norma CEI 106-11 prevede l'uso della formula seguente per il calcolo della DPA:

DATI DELLA LINEA

GESTORE	UTENETE PRIVATO
ELETTRODOTTO	CANALIZZAZIONE MT
TENSIONE	36 KV
FREQUENZA	50 Hz
CORRENTE	567 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
CORRENTE PER FASE	685X2=1370 A (portata in corrente del conduttore di riferimento CEI 11-60)
CONDUTTORI	2 PER FASE
GEOMETRIA	IN PIANO (SINGOLA FASE tre conduttori A TRIFOGLIO)
DISTANZA TRA LE FASI (S)	S=0,25 m (distanza di posa tra i conduttori di fase)
TIPOLOGIA SOSTEGNO	INTERRATO



$$d = 1,0 \text{ m}$$

$$h = 0 \text{ m}$$

Si ottiene:

$$R' = 0,34 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}]$$

$$R' = 0,34 \times \sqrt{(0,25 \times 1370)} = 6,29 \text{ m}$$

dove

$$R_0 = \sqrt{0,115 \times S \times I - d^2} \quad [m]$$

O meglio

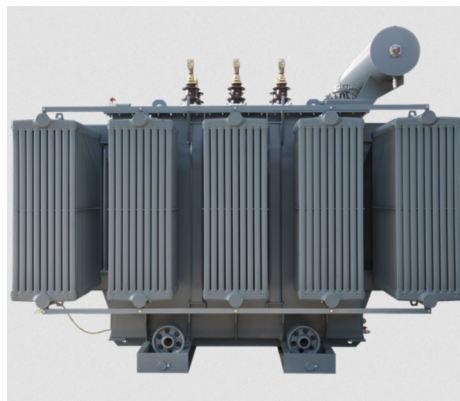
$$R_0 = \sqrt{6,29^2 - 1^2} = 6,21 \quad [m]$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto in superficie pari a 7 m, rispetto all'asse del cavidotto.

DPA 7 m

9.10. TRASFORMATORE 36/30 kV –SOTTOSTAZIONE UTENTE

Normalmente la distanza di approssimazione ai 3 μ T si esaurisce nelle immediate vicinanze del trasformatore in quanto il valore dell'induzione magnetica decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore.



CARATTERISTICHE TRASFORMATORE

Potenza:	80 MVA SEA
Tensione	36 \pm 10 x 1,2 % / 30 kV
Collegamento:	Ynd11
Livello isolamento MT:	52 kV
Tensione di cortocircuito:	12%

Tuttavia, visto le potenze in gioco, si è provveduto al calcolo approssimato delle DPA.

$$DPA = (0,24 \times U_{cc} \% \times \sqrt{Sr})^{0,35714}$$

Dove:

Sr potenza apparente nominale trasformatore [kVA];

Ucc % tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore

Dpa distanza di prima approssimazione [m]

$$DPA = (0,24 \times 12 \times \sqrt{80000})^{0,35714} = 10,95$$

Che arrotondato al metro superiore, fornisce un valore della fascia di rispetto pari a 11 m dalla proiezione in pianta del trasformatore.

DPA trasformatore SOTTOSTAZIONE UTENTE 11 m

10. CONCLUSIONI

Le opere in progetto consistono nell'installazione di un impianto eolico da realizzarsi nei comuni di TORRE DI RUGGIERO e CHIARAVALLE CENTRALE, provincia di Catanzaro e destinato ad operare in parallelo alla rete elettrica di distribuzione mediante la connessione alla Rete di Distribuzione Nazionale di Terna Spa mediante la sottostazione MT/MT 36 KV

L'andamento della isolina a 3 μ T (micro tesla) dell'induzione magnetica, è stata calcolata considerando le Norme CEI 106-11 e il DM 29/05/2008 dove applicabile.

La fascia di rispetto della isolina a 3 μ T dell'induzione magnetica (B) calcolata a partire dalla proiezione in pianta del trasformatore 30/0,4 kV da 160KVA ha un valore pari a 1,0 metro. Tuttavia si è scelto di applicare l'indicazione generica di DPA per le Cabine standard che è pari a 2 metri dalle pareti della cabina MT.

All'interno del campo eolico, la fascia di rispetto della isolina a $3 \mu\text{T}$ dell'induzione magnetica (B) calcolata a partire dal baricentro dei vari cavidotti interrati, ha distanza pari a 2 metri.

Lungo il cavidotto interrato che si estende dalla cabina di smistamento del campo eolico fino alla sottostazione utente, la fascia di rispetto della isolina a $3 \mu\text{T}$ dell'induzione magnetica (B) calcolata in prossimità del suolo a partire dal baricentro dei due cavidotti ha distanza pari a 6 metri.

Lungo il cavidotto interrato che si estende dal trasformatore MT/MT ai quadri a 36 kV in cabina SS, la fascia di rispetto della isolina a $3 \mu\text{T}$ dell'induzione magnetica (B) calcolata in prossimità del suolo a partire dal baricentro dei cavidotti ha distanza pari a 7 metri.

La fascia di rispetto della isolina a $3 \mu\text{T}$ dell'induzione magnetica (B) calcolata a partire dalla proiezione in pianta del trasformatore 36/30 kV da 80 MVA ha un valore pari a 11 metri.

Pertanto, analizzando l'estensione della DPA dell'induzione magnetica calcolata, dovuta alla realizzazione dell'impianto eolico, si può concludere che:

la DPA delle sorgenti presenti nel campo eolico hanno estensioni che si esauriscono nelle immediate vicinanze delle sorgenti e non andranno ad interessare il fondo di campo magnetico eventualmente già presente;

la DPA relativa al cavidotto interrato da realizzarsi lungo il tracciato stradale si esaurisce nelle immediate vicinanze del cavidotto e non andrà ad interessare il fondo di campo magnetico eventualmente già presente nelle aree esterne per più 2 metri a partire dall'asse del cavidotto stesso.

la DPA relativa al trasformatore da 80 MVA 36/30 kV da installarsi nella sottostazione utente si esaurisce nelle immediate vicinanze del trasformatore e non andrà ad interessare il fondo di campo magnetico eventualmente già presente nelle aree esterne al perimetro della sottostazione.

Sovrapponendo la fascia di rispetto al percorso della canalizzazione interrata da realizzarsi dal campo eolico alla sottostazione utente non sono stati individuati recettori sensibili all'interno della fascia stessa.

Come prescritto dall'articolo 4, comma i lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore (valido per la 'popolazione' e non è applicabile nei luoghi di lavoro dove sono interessati lavoratori impiegati per specifica attività).



11. APPENDICE

11.1. *Grandezze, convenzioni e simboli*

μ	permeabilità magnetica del mezzo [H/m]
μ_r	permeabilità magnetica relativa del mezzo [p.u.]
μ_0	permeabilità magnetica del vuoto = $4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \text{H/m}$
\vec{u}	versore (vettore spaziale di lunghezza unitaria nella direzione della corrente)
$\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z$	versori nelle direzioni dei tre assi x, y, z
$i(t)$	valore istantaneo della corrente [A]
$\vec{H}(t)$	valore istantaneo del campo magnetico
$H(t)$	ampiezza istantanea dell'induzione magnetica [A/m]
$\vec{B}(t)$	valore istantaneo dell'induzione magnetica
$B(t)$	ampiezza istantanea dell'induzione magnetica [T]
$B_x(t), B_y(t), B_z(t)$	componenti spaziali istantanee del vettore induzione magnetica
I, B, B_x, B_y, B_z	valori efficaci della corrente, del vettore induzione magnetica e delle sue componenti spaziali
$\mathbf{I}, \mathbf{B}_x, \mathbf{B}_y, \mathbf{B}_z$	fasori (valori complessi) della corrente e delle componenti spaziali del vettore induzione magnetica
\vec{B}	vettore fasoriale dell'induzione magnetica

11.2. **Nozioni di base (CEI 106-11)**

Il campo magnetico si stabilisce nello spazio quando in esso sono presenti poli magnetici o correnti elettriche. Al generico istante t esso può essere rappresentato dal vettore campo magnetico $\vec{H}(t)$ o, in alternativa, dal vettore induzione magnetica (detta anche densità di flusso magnetico) $\vec{B}(t)$.

La densità di flusso magnetico $\vec{B}(t)$ viene definita attraverso la forza $\vec{F}(t)$ esercitata dal campo magnetico su un conduttore di lunghezza unitaria attraversato da una corrente $i(t)$:

$$\vec{F}(t) = \vec{B}(t) \times i(t)\vec{u} \quad (\text{prodotto vettoriale}) \quad (1)$$

Il campo magnetico può essere derivato dall'induzione magnetica attraverso la considerazione della permeabilità magnetica del mezzo.

$$H(t) = \frac{B(t)}{\mu} \quad (2)$$

dove:

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ è la permeabilità del mezzo;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m è il valore della permeabilità assoluta del vuoto;

μ_r è la permeabilità relativa del mezzo in cui si esercita il campo (nel caso dell'aria vale $\mu_r = 1$).

L'intensità del vettore campo magnetico $H(t)$ si esprime in ampere al metro [A/m], mentre quella del vettore induzione magnetica $B(t)$ in tesla [T]: 1 tesla equivale a 1 weber al metro quadrato [Wb/m²], cioè a 1 volt secondo al metro quadrato [V·s/m²].

Ai fini della presente Guida si farà soprattutto riferimento all'induzione magnetica, espressa nel sottomultiplo 10⁻⁶ del tesla (il microtesla, μT). Dall'equazione (1) si ricava facilmente che:

$$1 \text{ A/m} \text{ corrisponde a } 1,257 \mu\text{T}; \quad 1 \mu\text{T} \text{ corrisponde a } 0,796 \text{ A/m}$$

Il vettore induzione magnetica può essere descritto mediante le sue componenti spaziali lungo tre assi mutuamente ortogonali nel modo seguente:

$$\vec{B}(t) = B_x(t) \cdot \vec{u}_x + B_y(t) \cdot \vec{u}_y + B_z(t) \cdot \vec{u}_z \quad (3)$$

Nel caso di campi magnetici dovuti a sistemi di correnti alternate trifase, il vettore induzione magnetica totale $\vec{B}(t)$ descrive al variare di t un'ellisse in un piano ortogonale ai conduttori percorsi da corrente, supposti paralleli, (come mostrato nella Norma CEI 211-4), per cui il campo si dice polarizzato ellitticamente.