

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI AGRIGENTO
COMUNI DI ARAGONA
E JOPPOLO GIANCAXIO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI ARAGONA E JOPPOLO GIANCAXIO COSTITUITO DA 6 AEROGENERATORI DI POTENZA TOTALE PARI A 43.2 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE H - ELABORATI PROGETTUALI SISTEMA ELETTRICO

Elaborato:

RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

Nome file stampa:

EO.ARG01.PD.H.11.pdf

Codifica regionale:

RS06REL0013A0

Scala:

-

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

EO.ARG01.PD.H.11

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY GAMMA S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 17171361003



E-WAY GAMMA S.R.L.
Piazza San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P. Iva 17171361003

Progettista:

E-WAY GAMMA S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 17171361003



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
EO.ARG01.PD.H.11	00	10/2023	A. Rubini	M. Oliviero	A. Bottone

E-WAY GAMMA S.r.l.

Sede legale
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-waygamma@legalmail.it tel. +39 0694414500

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA.....	6
4	METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI.....	12
5	CALCOLO CAMPI ELETTROMAGNETICI	17
5.1	Aerogeneratori (interni al parco).....	17
5.2	Linea elettrica in cavo interrato MT a 30 kV (interno al parco).....	19
5.3	Cabina di raccolta (di utenza).....	22
5.3.1	Quadri MT.....	23
5.3.2	Trasformatore MT/BT per servizi ausiliari	23
5.4	Linea elettrica in cavo interrato MT a 30 kV (esterno al parco)	25
5.5	Stazione elettrica di utenza 30/150 kV	28
5.5.1	Celle MT del locale quadri MT:.....	30
5.5.2	Trasformatore MT/AT;	30
5.5.3	Conduttori AT a 150 kV	30
5.6	Linea elettrica in cavo interrato AT a 150 kV	32
5.7	Stazione elettrica di transizione a 150 kV.....	34
6	CONCLUSIONI.....	35

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 Ortofoto impianto EO con cavi in progetto – collegamenti aerogeneratori / cabina di raccolta utente.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2 Cavo MT di interconnessione tra la Cabina di Raccolta (utente) e stazione elettrica utente 30/150.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3 Individuazione delle Stazioni elettriche di utente, transizione, RTN e linee elettriche MT/AT.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4 Schema unifilare impianto EO con cavi in progetto</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5 schema a blocchi complessivo di progetto.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6 Calcolo delle fasce di rispetto nel caso di nuovo elettrodotto</i>	<i>14</i>
<i>Figura 7 DPA celle MT aerogeneratore</i>	<i>18</i>
<i>Figura 8 Rappresentazione cavo ARE4H5E</i>	<i>19</i>
<i>Figura 9 DPA - 1 terna MT da 400 mm² (interno parco).....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 10 Pianta cabina di raccolta (CR) in progetto</i>	<i>22</i>
<i>Figura 11 DPA - cabina di raccolta di utenza.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12 DPA - 2 TERNE MT da 630 mm²(ESTERNO PARCO)</i>	<i>26</i>
<i>Figura 13 rappresentazione in pianta della DPA dell'elettrodotto esterno a 30 kV</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14 stazione elettrica di utenza 30/150 kV.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 15 Rif. A16.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 16 Individuazione dell'area con valore di B maggiore di 3 microTesla</i>	<i>31</i>
<i>Figura 18 Caratteristiche dei cavi AT di impiego prevalente</i>	<i>32</i>
<i>Figura 19 Rif. A15 - allegato A "DPA LINEE AT E CABINE PRIMARIE" - LINEE GUIDA Enel.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 19 Individuazione dell'area con B maggiore di 3 microTesla</i>	<i>34</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 Limiti vigenti</i>	<i>16</i>
<i>Tabella 2 Elenco tratte interne cavo interrato MT</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 3 Caratteristiche dimensionali cavi MT (interno parco).....</i>	<i>20</i>
<i>Tabella 4 Tratta esterna al parco in cavo interrato MT.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabella 5 Caratteristiche dimensionali cavi MT (esterno parco)</i>	<i>25</i>

1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, ed opere di connessione annesse, denominato "Aragona-Joppolo Giancaxio", sito tra i Comuni di Aragona (AG) e Joppolo Giancaxio (AG).

In particolare, il progetto è relativo ad un impianto eolico di potenza totale pari a 43.2 MW e costituito da:

- n. 6 aerogeneratori di potenza nominale 7.2 MW, di diametro di rotore 162 m e di altezza al mozzo 119 m, assimilabili al tipo Vestas V162;
- n. 1 cabina di raccolta a misura in media tensione a 30 kV;
- linee elettriche in media tensione a 30 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione degli aerogeneratori alla cabina di raccolta e misura;
- una stazione elettrica di trasformazione 150/30 kV utente;
- linee elettriche in media tensione a 30 kV in cavo interrato necessarie per l'interconnessione della cabina di raccolta e misura e la stazione elettrica di utente;
- una sezione di impianto elettrico comune con altri impianti produttori, necessaria per la condivisione dello stallo in alta tensione a 150 kV, assegnato dal gestore della rete di trasmissione nazionale (RTN) all'interno della stazione elettrica della RTN denominata "FAVARA 220/150 kV";
- tutte le apparecchiature elettromeccaniche in alta tensione di competenza utente da installare all'interno della stazione elettrica della RTN "FAVARA 220/150 kV", in corrispondenza dello stallo assegnato;
- una linea elettrica in alta tensione a 150 kV in cavo interrato per l'interconnessione della sezione di impianto comune e la stazione elettrica della RTN "FAVARA 220/150 kV".

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-WAY GAMMA S.r.l., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina 4, 00186 Roma, P.IVA 17171361003.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- DPCM 8 luglio 2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti”;
- “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” APAT (Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i servizi Tecnici);
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”;
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287);
- CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I”;
- CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte II”;
- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”;
- Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche. Linea Guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08. Enel Distribuzione S.p.A.

3 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA

L'impianto eolico oggetto del presente studio sarà costituito da 6 aerogeneratori aventi potenza nominale pari a 7.2 MW ciascuno e sarà collegato alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) come previsto dalla Soluzione Tecnica Minima Generale che prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 150 kV con la stazione elettrica RTN 220/150 kV di Favara (cod. pratica: 202001728). Le opere elettriche di impianto, sulle quali rivolgere l'attenzione ai fini della presente valutazione sono:

- **Aerogeneratori** (interni al parco) contenenti sia il trasformatore BT/MT che le apparecchiature elettromeccaniche MT (quadri MT);
- **Linea elettrica in cavo interrato (interno)** MT a 30 kV, congiungente il parco eolico (entra-esce tra i vari aerogeneratori) con la cabina di raccolta (di utenza);
- **Cabina** di raccolta di utenza;
- **Linea elettrica in cavo interrato (esterno)** MT a 30 kV, congiungente la cabina di raccolta (di utenza) con la sezione a 30 kV della Stazione elettrica 30/150 kV di utenza.
- **Stazione elettrica di utenza 30 /150 kV** (SE di utenza) con locali tecnici MT/BT e sezione di trasformazione MT/AT;
- **Sistema sbarre AT a 150 kV;**
- **Linea elettrica in cavo interrato AT a 150 kV,** congiungente la SE di utenza con la stazione di transizione a 150 kV;
- **Stazione elettrica di transizione a 150 kV;**
- **Linea elettrica in cavo interrato AT a 150 kV,** congiungente la stazione elettrica di transizione con la stazione elettrica RTN 220/150 kV di "Favara".

Si riporta nelle pagine che seguono delle indicazioni topografiche del sito e uno schema a blocchi dei collegamenti elettrici di impianto.

CODICE	EO.ARG01.PD.H.11
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	7 di 35



Figura 1 Ortofoto impianto EO con cavi in progetto – collegamenti aerogeneratori / cabina di raccolta utente

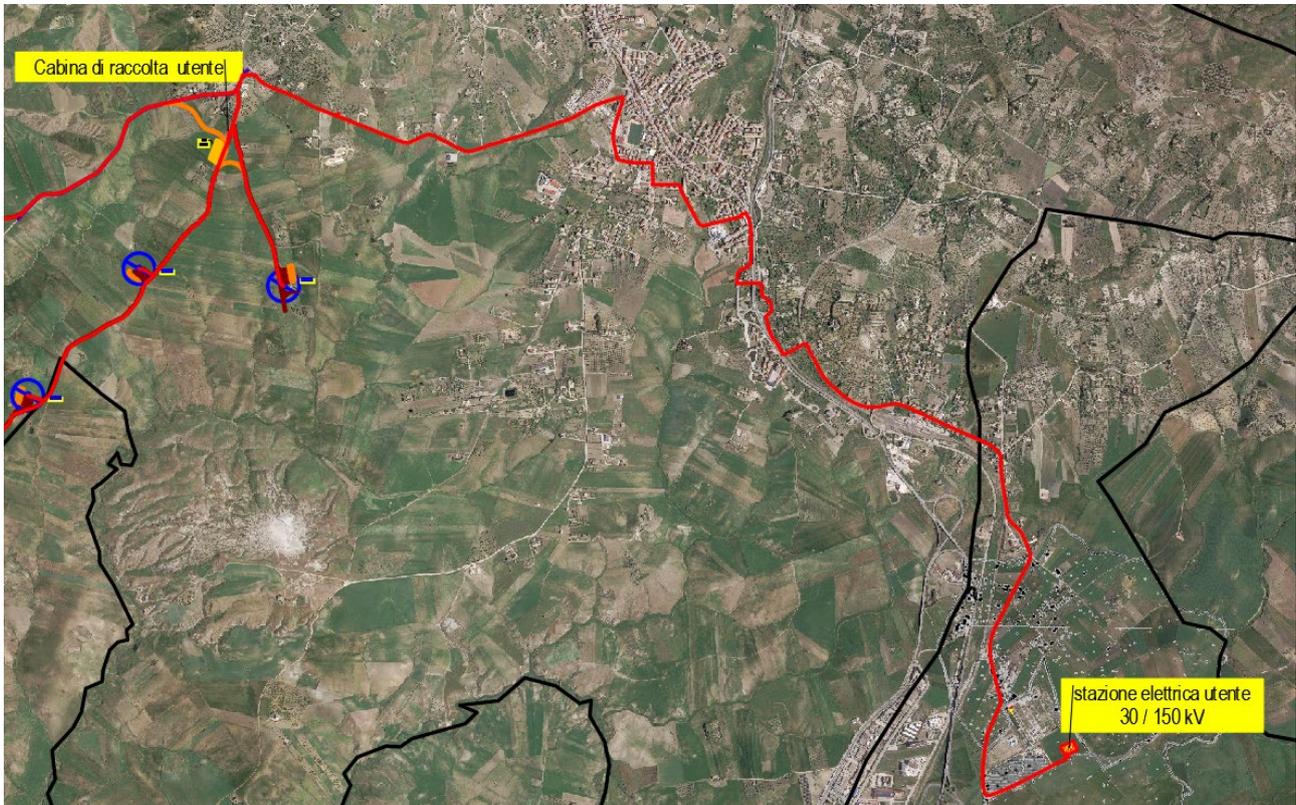


Figura 2 Cavo MT di interconnessione tra la Cabina di Raccolta (utente) e stazione elettrica utente 30/150

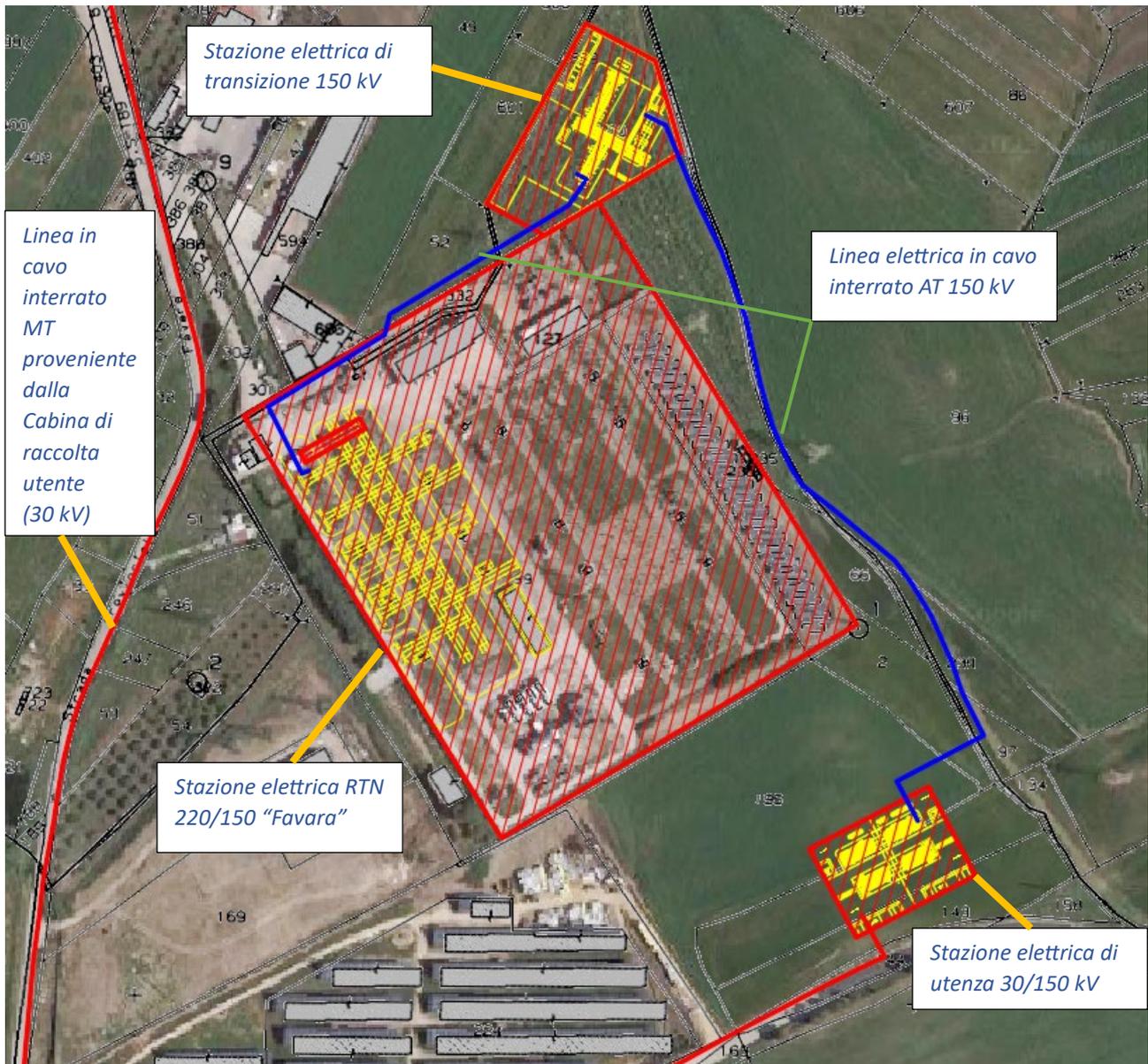


Figura 3 Individuazione delle Stazioni elettriche di utente, transizione, RTN e linee elettriche MT/AT

CABINA DI RACCOLTA - LIVELLO DI TENSIONE 30 kV

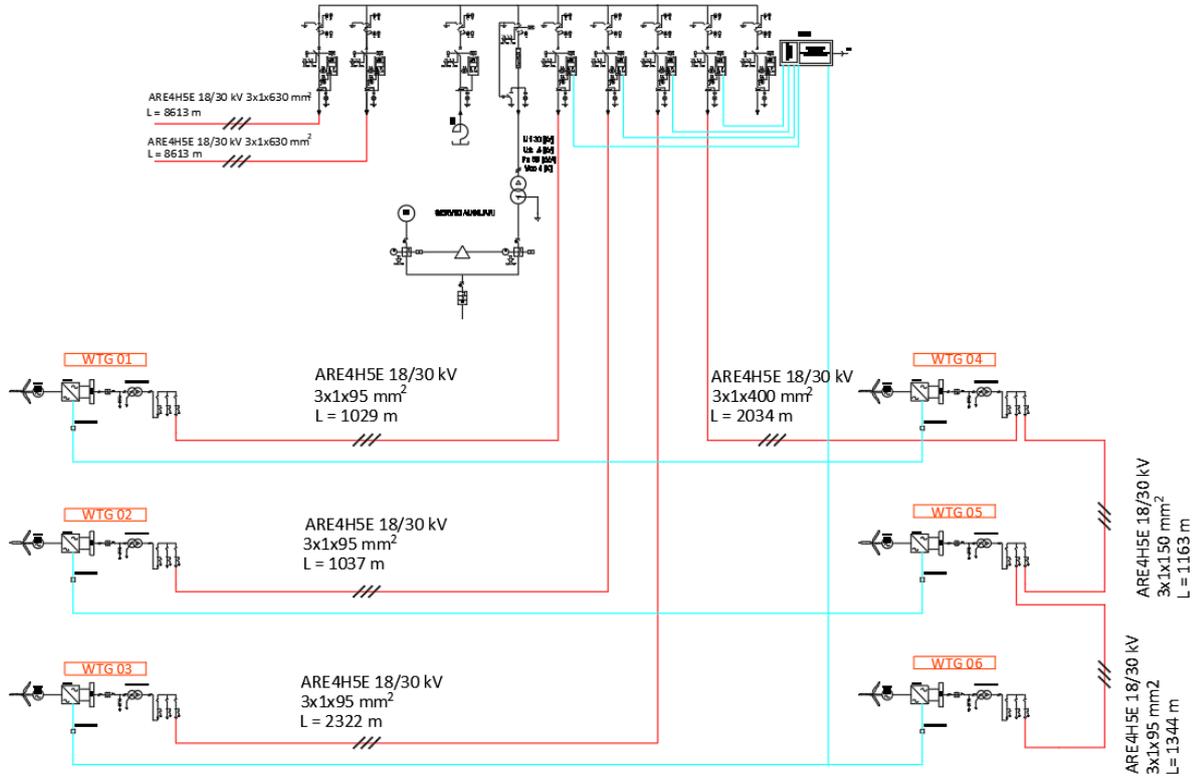


Figura 4 Schema unifilare impianto EO con cavi in progetto

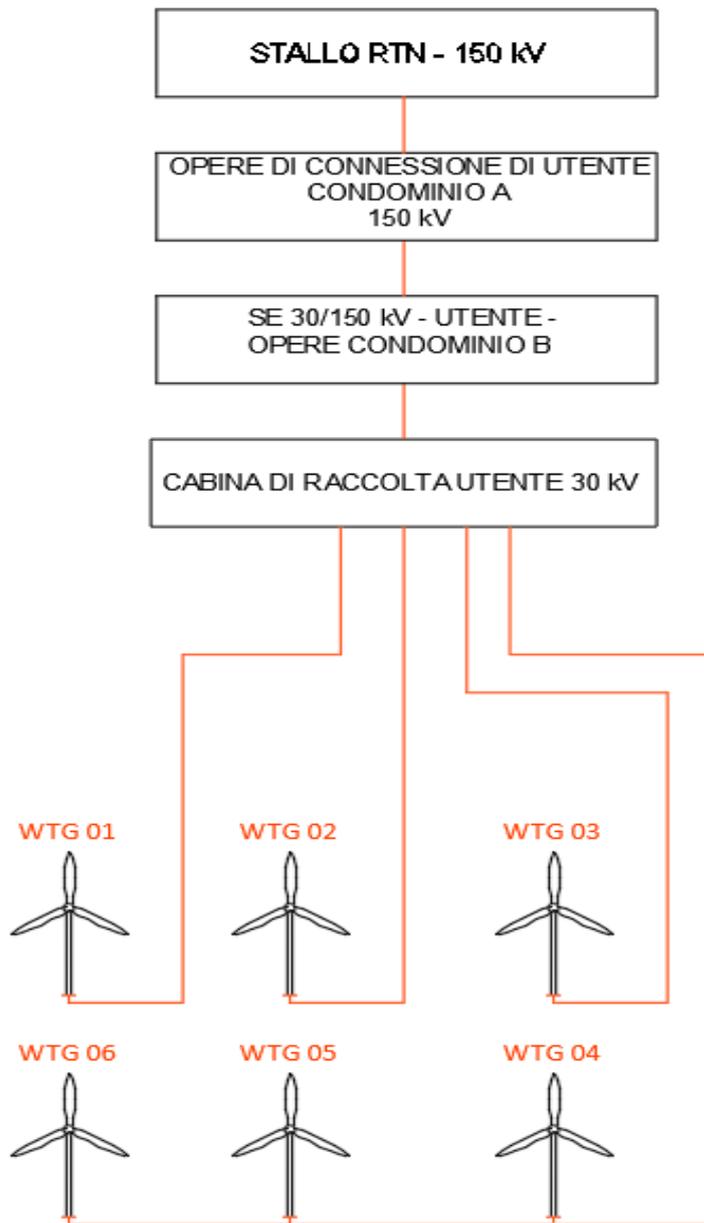


Figura 5 schema a blocchi complessivo di progetto

4 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

La tutela di cui al D.P.C.M. 8 luglio 2003 si esplica sia sull'esercizio degli elettrodotti (art.5), sia sulla regolamentazione delle nuove installazioni e/o nuovi insediamenti presso elettrodotti preesistenti (art.6).

Il secondo caso, oggetto della presente relazione, si attua mediante gli strumenti di pianificazione territoriale ed in particolare mediante la previsione di fasce di rispetto, comunicate alle autorità competenti dal proprietario/gestore dell'elettrodotto.

Definizioni

- **Distanza di Prima Approssimazione (DPA):** per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.
- **Elettrodotto:** è l'insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.
- **Fascia di rispetto:** è lo spazio circostante un elettrodotto, 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 all'obiettivo di qualità (3 μ T). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 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 e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.
- **Impianto:** officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di Primarie e Secondarie e Cabine Utente.
- **Limiti di esposizione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1):** nel caso di esposizione, della popolazione, a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- **Linea:** collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti.
- **Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h):** aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.
- **Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4):** 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 giornaliere 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 della popolazione 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.
- **Portata in corrente in servizio normale:** è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 § 2.6. La corrente di calcolo

per la determinazione delle fasce di rispetto è la “portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata”:

- per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
- per gli elettrodotti aerei con tensione <100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;
- per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 § 3.5 e § 4.2.1 come portata in regime permanente (massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato).
- **Tratta:** porzione di tronco (campate contigue) avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, ecc.) e relative alla proprietà.
- **Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2):** a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione 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.
- **Distanza di prima approssimazione di parete (DPAP):** è la distanza da ogni singola parete, soffitto e pavimento del locale ospitante le apparecchiature elettriche atte alla trasformazione da media a bassa tensione e il sezionamento a media tensione dell'energia elettrica, che garantisce l'osservanza della fascia di rispetto. Nel calcolo della DPA di parete si devono considerare i contributi dovuti alle apparecchiature installate presso la parete in esame.

Il calcolo dell'induzione magnetica deve essere eseguito, ai sensi del § 5.1.2 dell'Allegato al D.M. 29 maggio 2008, sulla base delle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea, tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti.

Detto calcolo delle fasce di rispetto va eseguito utilizzando modelli:

- bidimensionali (2D), se sono rispettate le condizioni di cui al § 6.1 della norma CEI 106-11 parte I;
- tridimensionali (3D), in tutti gli altri casi (estensione della norma CEI 211-4).

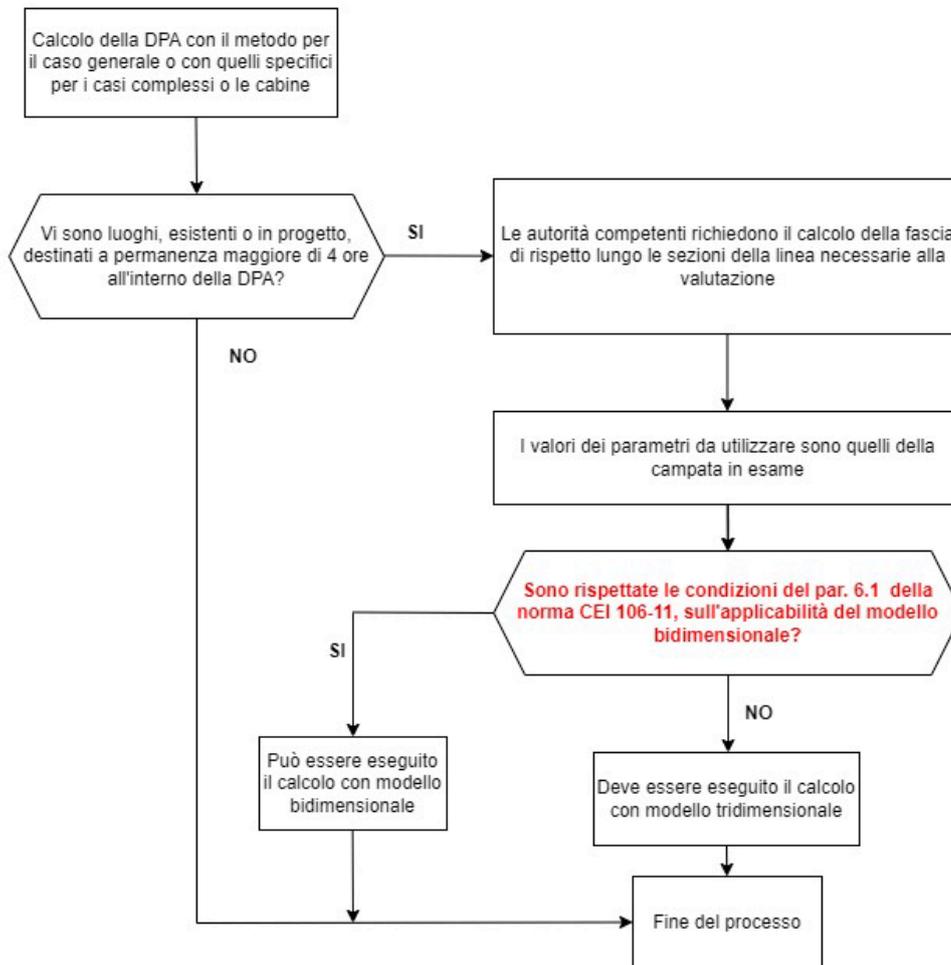


Figura 6 Calcolo delle fasce di rispetto nel caso di nuovo elettrodotto

Modello di calcolo normalizzato (§ 6.1 della norma CEI 106-11 parte I):

Il modello normalizzato utilizzato per la seguente valutazione per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta in una sezione trasversale di una linea elettrica aerea è quello descritto dalla 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-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, considerate simmetriche ed equilibrate.

Vengono assunte le seguenti schematizzazioni della linea:

- tutti i conduttori sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- 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 sub-conduttori dei fasci;
- 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;
- 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;

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 µT, 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**.

Per quanto riguarda le cabine elettriche, si adotta una metodologia semplificata (**§ 5 della norma CEI 106-11 parte II**) che tiene conto della disposizione dei componenti all'interno di una cabina; quindi si rende necessario ampliare il concetto della distanza di prima approssimazione (DPA), unica per tutte le pareti, ad un concetto di distanza di prima approssimazione di parete (DPAP).

I componenti presenti in cabina possono essere modellizzati mediante sorgenti di campo magnetico proporzionali all'intensità della corrente e inversamente proporzionali alla distanza dalla sorgente o dal quadrato o dal cubo della stessa.

$$B = \alpha * \frac{I}{r^\beta}$$

La sorgente può avere inoltre simmetria di tipo cilindrico o sferico.

Dalla formula dell'andamento dell'induzione è possibile determinare la fascia di rispetto associata al valore dell'obiettivo di qualità $3\mu T$:

$$r_{3\mu T} = \sqrt[3]{\frac{\alpha}{3}} * \sqrt[3]{I}$$

I coefficienti α e β sono determinati in funzione dei parametri geometrici delle diverse sorgenti (trasformatore, collegamenti elettrici, quadri).

Di seguito un prospetto dei limiti attualmente vigenti (f=50 Hz):

Normativa	Limiti previsti	Intensità del campo di Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo Elettrico E (kV/m)
L. 36/01 DPCM 8/7/03	Limite d'esposizione	100	5
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. Cons. Europeo 12/07/1999	Livelli di riferimento	100	5
ICNIRP (2010)	Livelli di riferimento	200	5

Tabella 1 Limiti vigenti

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. Dal momento che i valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano, l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante.

La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico, e in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno.

Per il caso di elettrodotti interrati, **il campo elettrico è ridotto dai rivestimenti dei cavi e soprattutto dall'interramento, tanto che già a brevissima distanza dal cavo il campo è sostanzialmente trascurabile (§ 6.5.2.2 della norma CEI 11-17)**. Si pensi infatti che date le caratteristiche dielettriche del terreno, il piano di terra costituisce un riferimento elettrico equipotenziale, a potenziale nullo. Per tale motivo, il campo elettrico non è generalmente di interesse per la valutazione di effetti biologici legati alla presenza di elettrodotti in bassa frequenza (50Hz), e le normative che fissano i limiti di esposizione a bassa frequenza sono incentrate sul campo magnetico.

5 CALCOLO CAMPI ELETTROMAGNETICI

5.1 Aerogeneratori (interni al parco)

L'impatto EM dell'aerogeneratore è essenzialmente prodotto dal trasformatore MT/BT ($P_{nom} = 8400$ kVA), presente all'interno della navicella ($h=119$ m), e dalle apparecchiature elettromeccaniche MT, poste alla base della torre.

Per i motivi suddetti, *si omette di considerare la DPA del trasformatore*, e si riportano quelli generati dalle celle MT.

Per il calcolo, in via cautelativa, si fa riferimento alle celle MT dell'aerogeneratore che compone la serie tra tre turbine, interessate da una corrente complessiva pari a:

$$I [A] = \frac{7200 * 3}{30 * \sqrt{3}} = 416,18$$

CEI 106-11 p.2

par.3.1

QUADRO MEDIA TENSIONE (3 celle) isolato in aria

portata in corrente regime permanente (A)

$I = 420,00$

Bx (m)

$r_{3\mu T} = 2,26$

By (m)

$r_{3\mu T} = 2,61$

Bz (m)

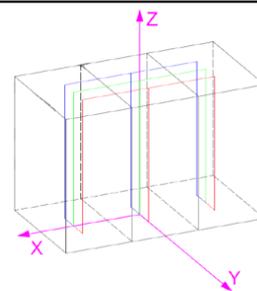
$r_{3\mu T} = 4,82$

max [m] = 2,61

Lungo X $r_{3\mu T} = 0,3024\sqrt[3]{I}$

Lungo Y $r_{3\mu T} = 0,3485\sqrt[3]{I}$

Lungo Z $r_{3\mu T} = 0,6437\sqrt[3]{I}$



Modello del quadro di media tensione a 3 celle isolato in aria

Ne risulta quindi una **DPA pari a 2,6 metri** dal centro della cella, si riporta una vista in pianta del risultato di calcolo.

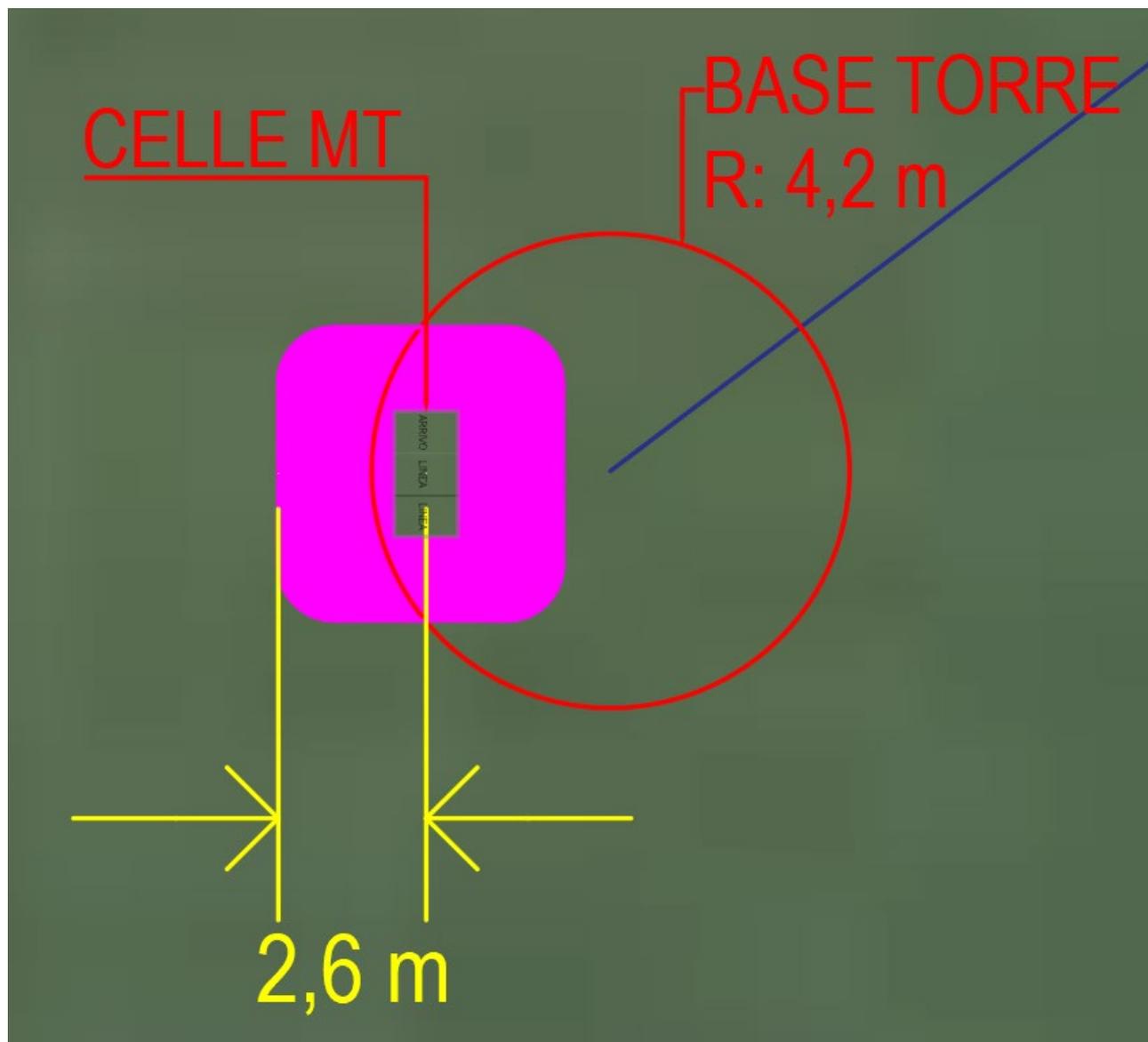


Figura 7 DPA celle MT aerogeneratore

5.2 Linea elettrica in cavo interrato MT a 30 kV (interno al parco)

Si prevede l'utilizzo di cavi del tipo **ARE4H5E** o equivalenti, caratterizzati da conduttori a corda rotonda compatta di alluminio, semiconduttori interni ed esterni in miscela estrusa, isolante in Polietilene reticolato e schermatura a nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Il tutto è ricoperto da una guaina di Polietilene di colore rosso, in conformità alla Norma CEI 20-13.

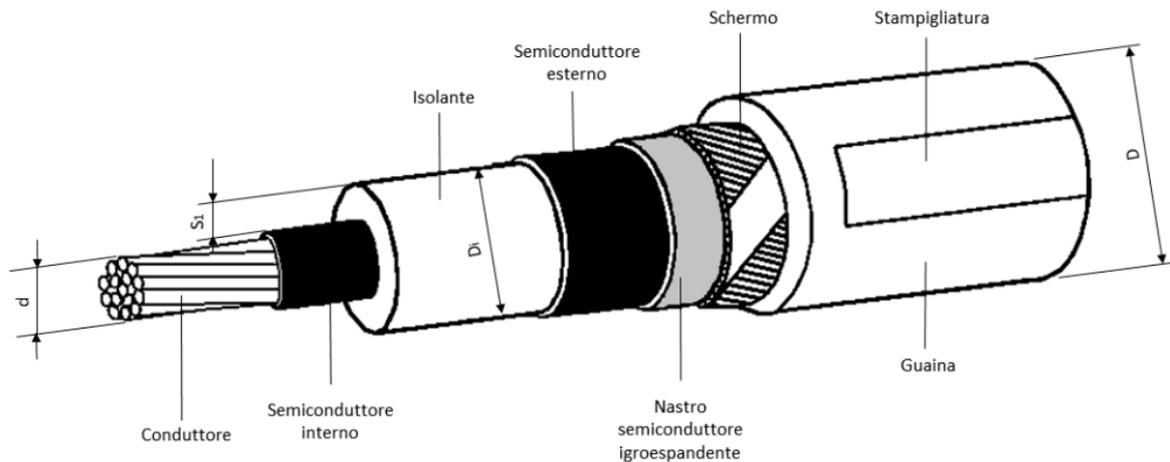


Figura 8 Rappresentazione cavo ARE4H5E

Le sezioni di cavo previste per le diverse tratte interne al parco (fino alla CR) sono riportate nella seguente tabella:

Impianto EOLICO ARAGONA - JOPPOLO - GIANCAXIO con pot.nom. 43200 kW						
Denominazione tratta	WTG01-CR	WTG02 - C.R.	WTG_03 - C.R.	WTG_04 - C.R.	WTG_05 - WTG 04	WTG_06 - WTG 05
Potenza attiva [kW]	7200	7200	7200	21600	14400	7200
Lunghezza Linea [km]	1,03	1,03	2,32	2,03	1,16	1,34
N.ro di cavi x fase	1	1	1	1	1	1
N.ro di terne sullo stesso strato	2	2	2	2	2	2
Tipo cavo	ARE4H5E 18/30					
Tipo di posa prevalente	Cavi direttamente interrati (CEI 11-17 - tipo M)					
Disposizione delle terne	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio	a trifoglio
Profondità di posa [m]	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Tipo di linea	Trifase					
Tensione di linea [kV]	30					
Corrente di impiego [A]	138,56	138,56	138,56	415,69	277,13	138,56
Sezione Cavo [mm ²]	95	95	95	400	150	95
Anima conduttore	Al	Al	Al	Al	Al	Al

Tabella 2 Elenco tratte interne cavo interrato MT

Dati costruttivi cavo ARE4HSE 18/30						
Sez. (mm ²)	Ø cond. (mm)	Øi isolante (mm)	Øext massimo (mm)	Peso (kg/km)	Rmin curv. (mm)	Portata a trifoglio int. [I]
95 - Al	11,40	26,50	35,00	950	470	255
150 - Al	14,00	28,10	37,00	1130	490	324
400 - Al	23,80	37,90	48,00	2130	650	549

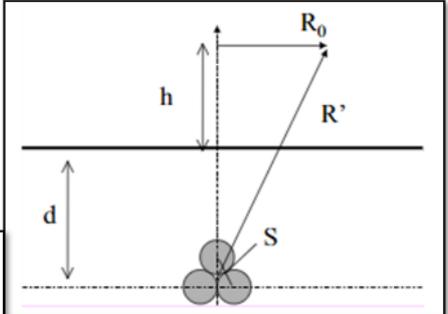
Tabella 3 Caratteristiche dimensionali cavi MT (interno parco)

Premesso che:

Le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree) sono escluse dall'applicazione della metodologia del DM 29 maggio 2008; ***in questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta.***

In ogni caso, ***a garanzia di sicurezza***, si riportano di seguito i risultati ottenuti considerando le tratte con il cavo di sezione maggiore (1 x 400 mm²) e la rispettiva corrente al limite termico (549 A).

CEI 106-11	par. 6.2.3 punto b)	Linee in cavo interrato a semplice terna (unipolari posati a trifoglio)	
	obiettivo di qualità	B (µT) =	3,00
	distanza tra cond. [m]	S =	0,050
	profondità di posa [m]	d =	1,25
CEI 11-17	portata in corrente regime permanente [A]	I =	549,00
		k =	0,29
		R' [m] =	1,50
		R0 [m] =	0,83
		$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2}$ [µT]	$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I}$ [m]



Ne risulta quindi una **DPA pari a 1,5 metri** dal centro della cella, si riporta una vista in sezione del risultato del calcolo.

CODICE	EO.ARG01.PD.H.11
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	21 di 35

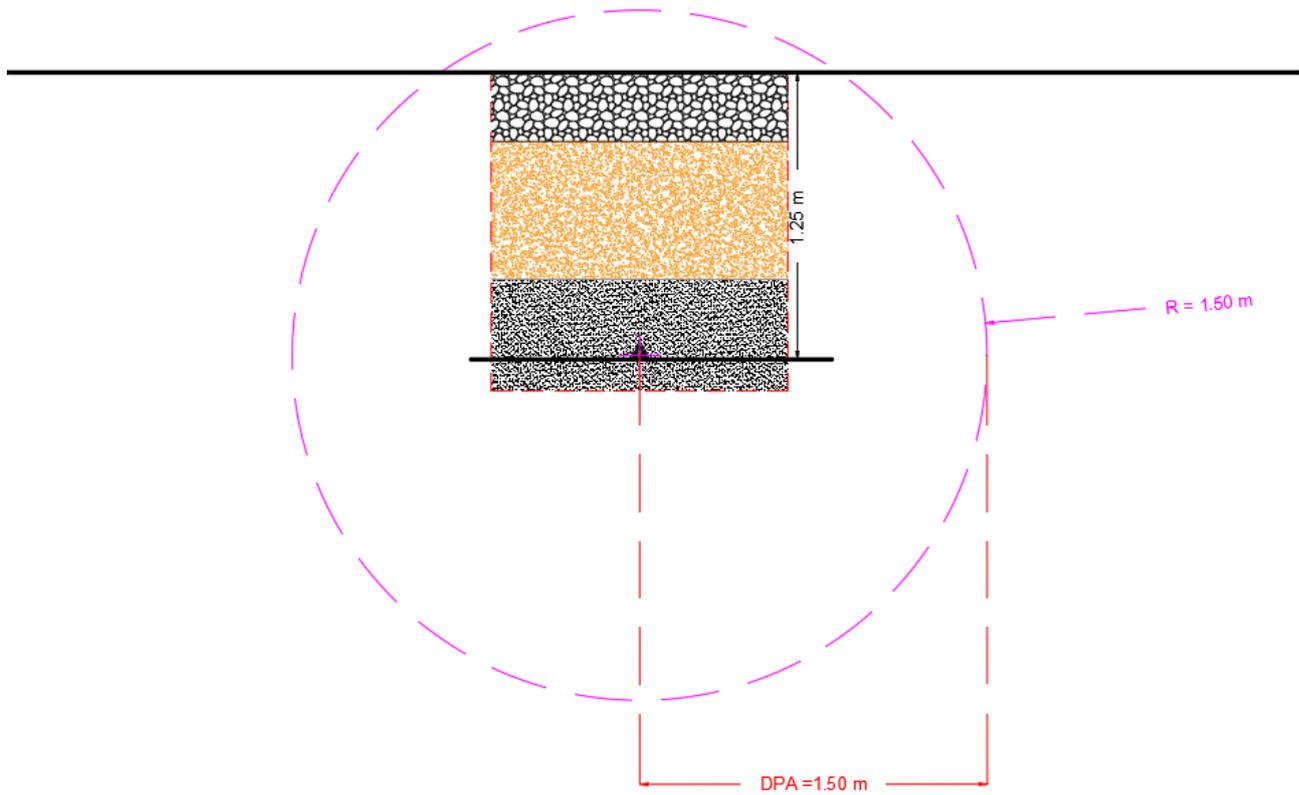


Figura 9 DPA - 1 terna MT da 400 mm² (interno parco)

5.3 Cabina di raccolta (di utenza)

Considerando la distribuzione degli aerogeneratori e la potenza complessiva in gioco, le ipotesi di collegamento prevedono la presenza di N° 4 celle MT di arrivo e N°2 celle MT di partenza.

Il sistema sarà costituito da tutte le apparecchiature necessarie per l'interconnessione e il controllo dei diversi aerogeneratori.

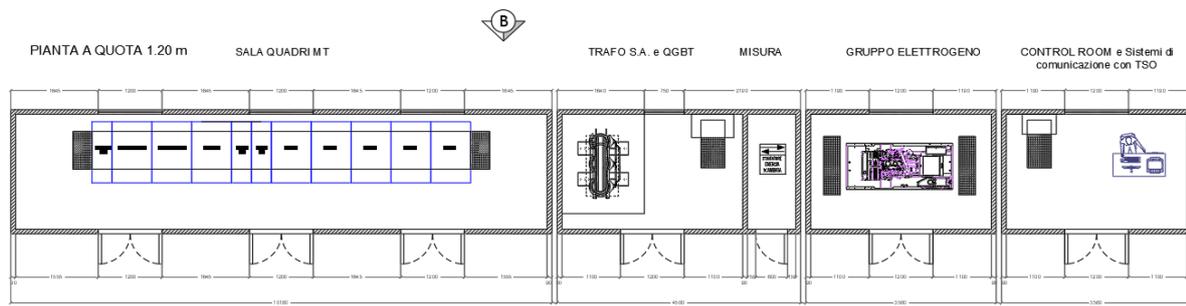


Figura 10 Pianta cabina di raccolta (CR) in progetto

All'interno della cabina, ai fini dell'emissione elettromagnetica, si configurano due punti di emissione:

- Quadri MT;
- Trasformatore MT/BT per servizi ausiliari.

Nei paragrafi seguenti vengono descritte le caratteristiche elettriche delle sorgenti, interne alla cabina, ed il calcolo delle relative DPA.

CODICE	EO.ARG01.PD.H.11
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	23 di 35

5.3.1 Quadri MT

Per il calcolo si fa riferimento alle celle MT interessate da una corrente complessiva pari a:

$$I [A] = \frac{7200 * 6}{30 * \sqrt{3}} = 832,4$$

CEI 106-11 p.2

par.3.1

QUADRO MEDIA TENSIONE (3 celle) isolato in aria

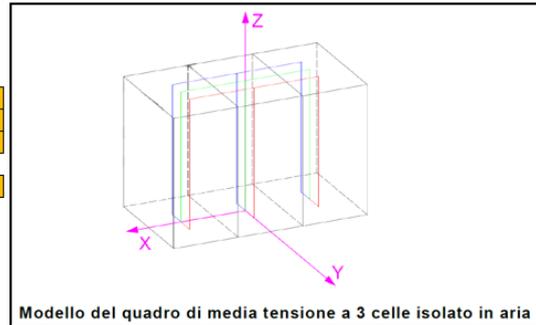
portata in corrente regime permanente (A)

I = **833,00**

Bx (m)	r _{3μT} = 2,85
By (m)	r _{3μT} = 3,28
Bz (m)	r _{3μT} = 6,06

max [m] = **3,28**

Lungo X	r _{3μT} = 0,3024 ³ √I
Lungo Y	r _{3μT} = 0,3485 ³ √I
Lungo Z	r _{3μT} = 0,6437 ³ √I



Modello del quadro di media tensione a 3 celle isolato in aria

Da cui risulta una **DPA di 3,3** metri dal centro della cella.

5.3.2 Trasformatore MT/BT per servizi ausiliari

Si utilizzerà un trasformatore in resina, di potenza nominale 50 kVA, con tensione primaria = 30 kV e tensione secondaria = 400 V;

CEI 106-11 p.2

par.3.3

TRASFORMATORE IN RESINA

Vpri (kV) =	30,00
Vsec (kV) =	0,40
Rapp.trasf. =	75,00
potenza nominale (kVA)	Pnom = 100,00
Isec (A)	I = 144,34

ipotesi cautelativa

Bx (m)	r _{3μT} = 1,83
By (m)	r _{3μT} = 1,50
Bz (m)	r _{3μT} = 2,53
max [m] =	1,83

Coeff. per trafo in resina pot.nom. 100 kVA	
	0,25
	4,10
	0,07
	3,00
	15,00
	7,10

Lungo X	r _{3μT} = $\frac{\mu_x}{3} \sqrt{I}$
Lungo Y	r _{3μT} = $\frac{\mu_y}{3} \sqrt{I}$
Lungo Z	r _{3μT} = $\frac{\mu_z}{3} \sqrt{I}$

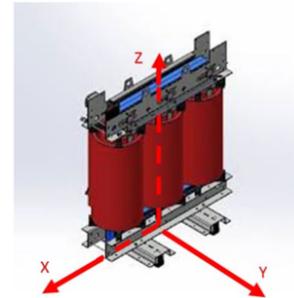


Figura 6 – Sistema di riferimento per il trasformatore a secco

Da cui risulta una DPA pari a 2 metri.

Si riporta nel seguito una rappresentazione in pianta dei risultati dei calcoli, sottolineando che la **DPA complessiva risulta essere di ampiezza pari a 4 metri** per effetto della sovrapposizione delle due DPA ricavate dalle emissioni prodotte dagli apparecchi di cui sopra

CODICE	EO.ARG01.PD.H.11
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	10/2023
PAGINA	24 di 35

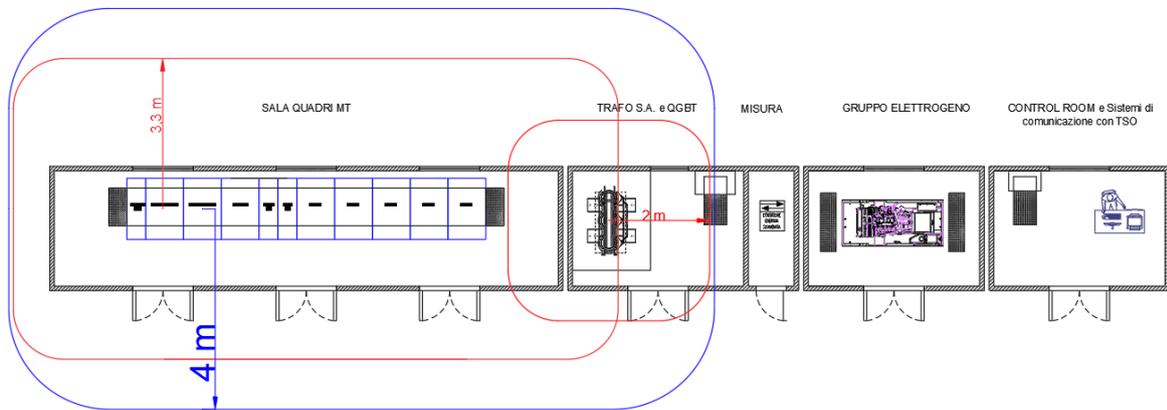


Figura 11 DPA - cabina di raccolta di utenza

5.4 Linea elettrica in cavo interrato MT a 30 kV (esterno al parco)

Si prevede l'utilizzo di cavi del tipo **ARE4H5E** o equivalenti, caratterizzati da conduttori a corda rotonda compatta di alluminio, semiconduttivo interni ed esterni in miscela estrusa, isolante in Polietilene reticolato e schermatura a nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Il tutto è ricoperto da una guaina di Polietilene di colore rosso, in conformità alla Norma CEI 20-13.

La sezione di cavo prevista per la tratta esterna al parco (**dalla CR alla SE 30/150 kV**) è riportata nella seguente tabella:

Impianto EOLICO ARAGONA - JOPPOLO - GIANCAXIO con pot.nom. 43200 kW	
Denominazione tratta	CR-SE 30/150 kV
Potenza attiva [kW]	43200
Lunghezza Linea [km]	9,23
N.ro di cavi x fase	2
N.ro di terne sullo stesso strato	2
Tipo cavo	ARE4H5E 18/30
Tipo di posa prevalente	Cavi direttamente interrati (CEI 11-17 - tipo M)
Disposizione delle terne	a trifoglio
Profondità di posa [m]	1,25
Tipo di linea	Trifase
Tensione di linea [kV]	30
Corrente di impiego [A]	831,38
Sezione Cavo [mm²]	630
Anima conduttore	Al

Tabella 4 Tratta esterna al parco in cavo interrato MT

Dati costruttivi cavo ARE4H5E 18/30						
Sez.	Ø cond.	Øi isolante	Øext massimo	Peso	Rmin curv.	Portata a trifoglio int. [I]
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(A)
630 - Al	30,50	45,60	56,00	3130	760	709

Tabella 5 Caratteristiche dimensionali cavi MT (esterno parco)

Premesso che:

Si è tenuto conto dell'effetto magnetico prodotto dalle *due* terne di cavi di sezione 630 mm² distanti 25 cm, necessarie al collegamento dell'impianto con la SE 30/150 kV

CEI 106-11 par.6.2.3 punto b)

obiettivo di qualità
distanza tra cond. [m]
profondità di posa [m]

CEI 11-17

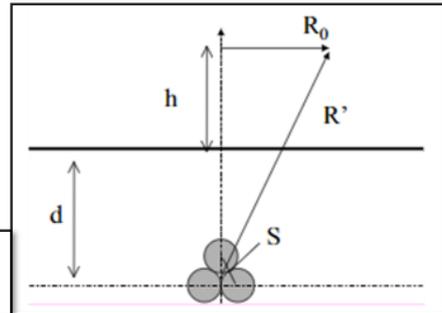
portata in corrente regime permanente [A]

Linee in cavo interrato a semplice terna (unipolari posati a trifoglio)

B (μT) = 3,00
S = 0,059
d = 1,25
I = 709,00
k = 0,29
R' [m] = 1,84
R0 [m] = 1,36

h=0

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



La DPA risultante per la singola terna risulta essere pari a 1,85 metri.

Sempre considerando la sovrapposizione degli effetti, la *DPA complessiva risulta essere di 2,01 metri.*

Si riporta di seguito una rappresentazione in sezione ed in pianta del risultato del calcolo

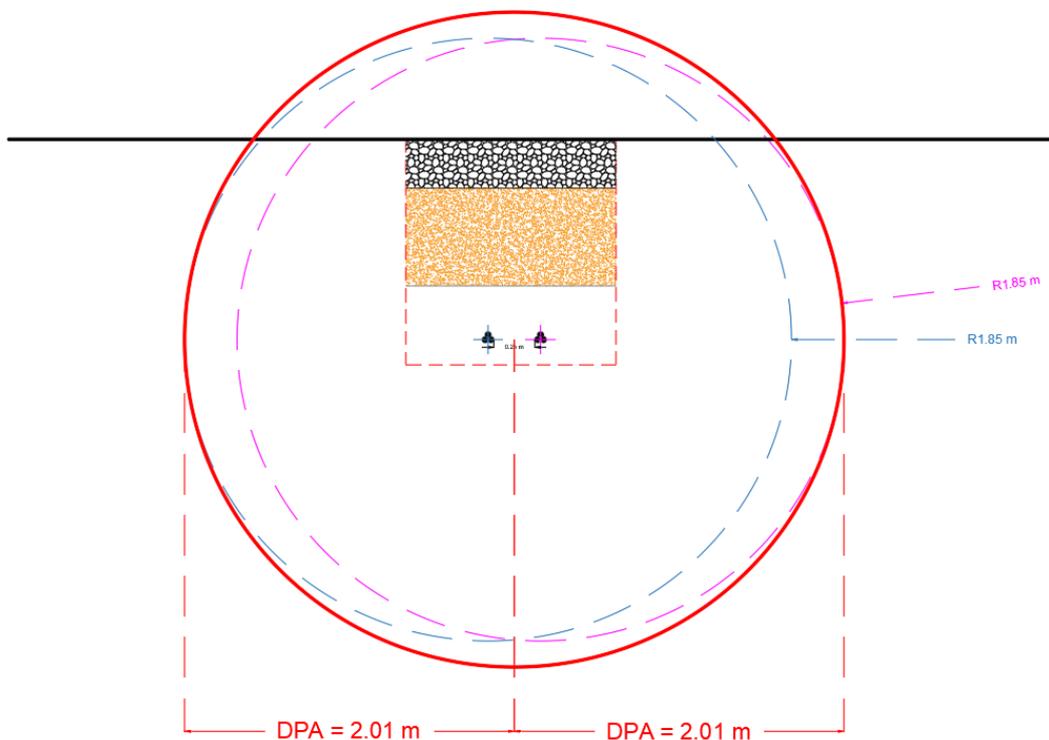


Figura 12 DPA - 2 TERNE MT da 630 mm²(ESTERNO PARCO)

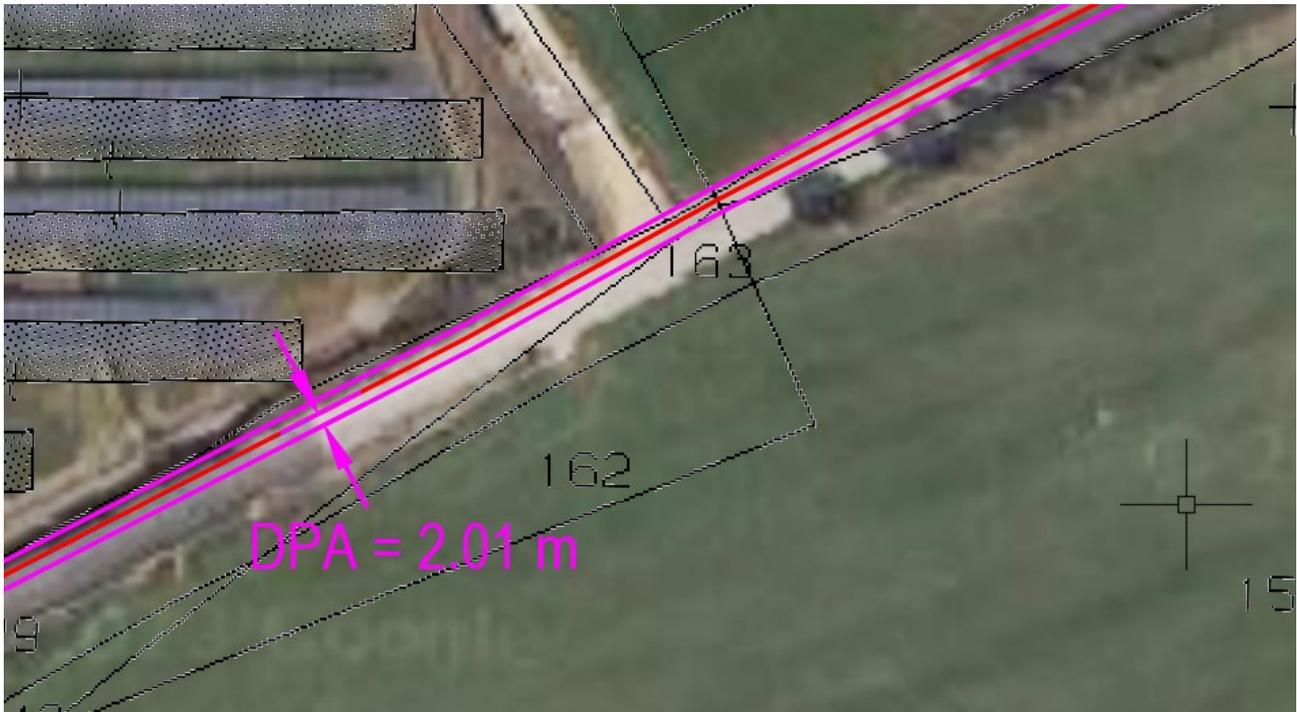


Figura 13 rappresentazione in pianta della DPA dell'elettrodotto esterno a 30 kV

5.5 Stazione elettrica di utenza 30/150 kV

La stazione elettrica di trasformazione utente MT/AT è costituita da:

- N.1 stallo trasformatore 30/150 kV e da apparecchiature elettriche a 150 kV per protezione, sezionamento e misura dell'energia;
- N.1 edificio utente per apparecchiature MT, BT, servizi ausiliari, telecontrollo e misure;
- Eventuali reattanze di shunt per la regolazione della potenza reattiva e per la gestione del neutro della rete in media tensione;
- Un palo antenna qualora sia richiesto dal provider dei servizi di telecomunicazioni;
- Opere civili per piazzali, recinzione e viabilità di accesso.

Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato specifico "EO.ARG01.PD.H.12"

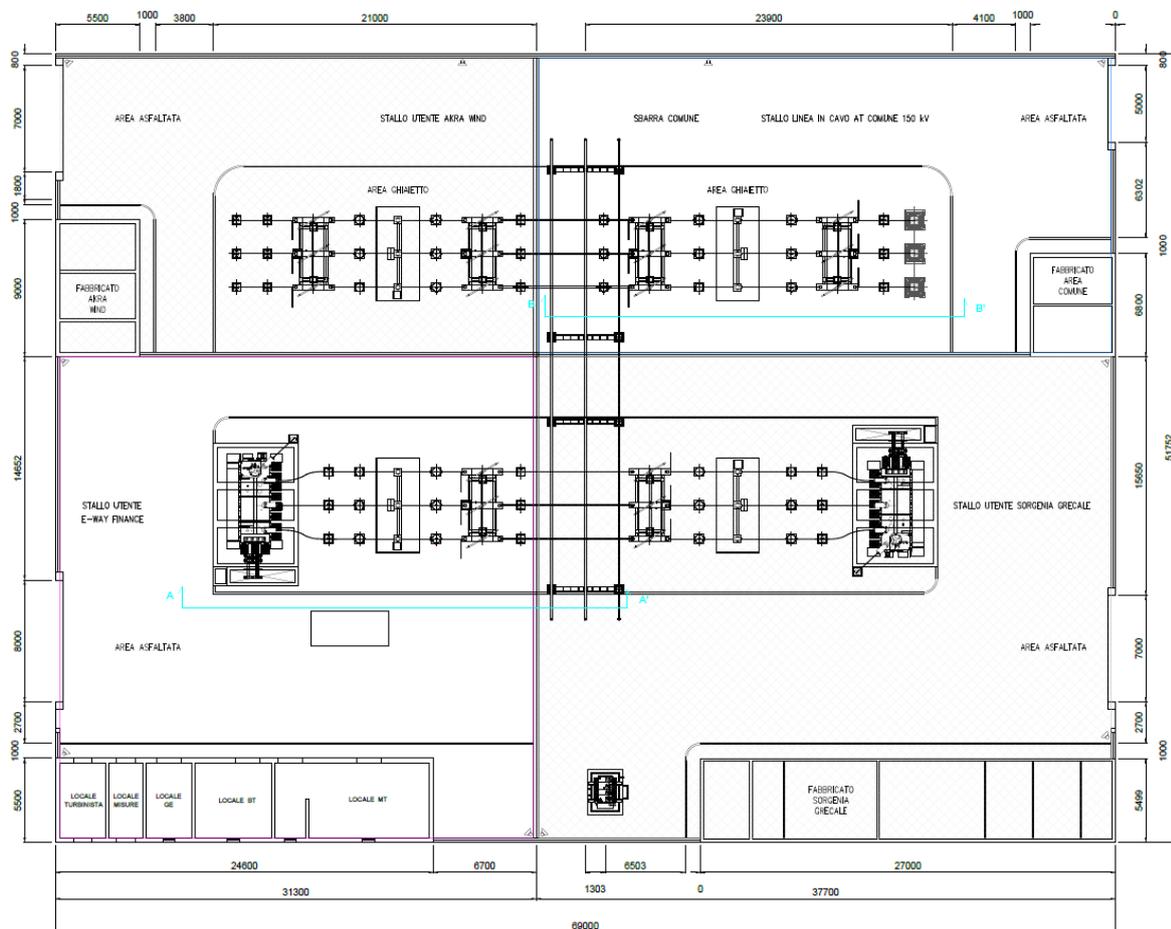


Figura 14 stazione elettrica di utenza 30/150 kV

Per quanto concerne la determinazione della fascia di rispetto, la S.E. di utenza è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria, per la quale il calcolo della fascia di rispetto si sviluppa secondo quanto riportato al *paragrafo 5.1 "Allegato A "DPA LINEE AT E CABINE PRIMARIE" rif. A16 (vedi figura 15) delle Linee Guida e-distribuzione per l'applicazione del 5.1.3 dell'Allegato al D.M. 29.05.08*

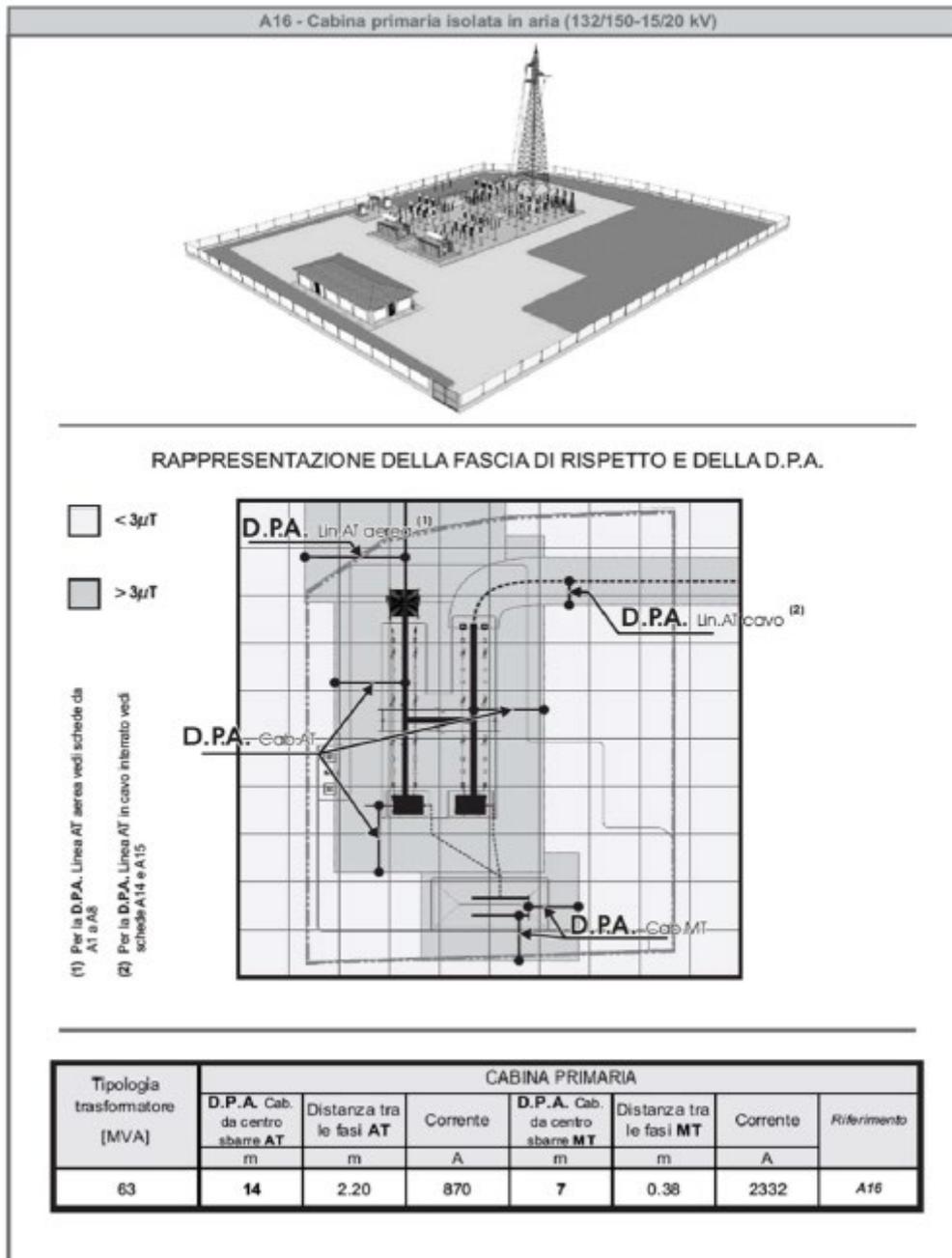


Figura 15 Rif. A16

L'impatto elettromagnetico nella S.E. di utenza è sostanzialmente prodotto da:

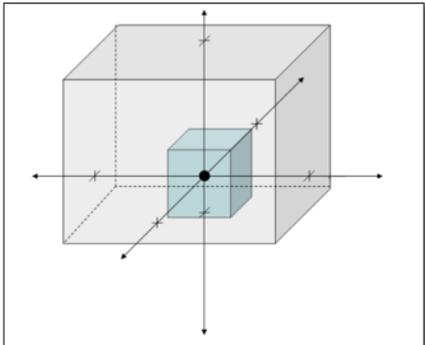
- Celle MT del locale quadri MT;
- Trasformatore MT/AT;
- Conduttori AT a 150 kV.

5.5.1 Celle MT del locale quadri MT:

Per il locale quadri MT della SE, si ipotizza l'effetto già considerato nel paragrafo 5.3.1 per il caso dei quadri MT presenti nella Cabina di raccolta di utenza.

5.5.2 Trasformatore MT/AT;

CEI 106-11 p.2	appendice	TRASFORMATORE MT-BT in olio con pot.nom. 63000 kVA
	Trasformatore	in olio
	Vpri (kV) =	30,00
	Vsec (kV) =	150,00
	potenza nominale (kVA)	Pnom = 63000,00
	Isec (A)	I = 242,49
		B0 = 3,00
		Ucc (%) 8,00%
	d3μT [m]=	7,56

$$d_{3\mu T} = 3 \left(\frac{B_0 u_{cc\%}}{18} \sqrt{\frac{S}{630}} \right)^{0.357}$$


Da cui risulta una **DPA di 8 metri**.

5.5.3 Conduttori AT a 150 kV

Si considera lo stallo MT/AT – 30/150 kV di competenza, facente parte della stazione elettrica di utenza;

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

Nel caso in esame si è ipotizzata una potenza di transito sulle sbarre pari a 200 MVA, superiore alla potenza immessa dai 3 produttori presenti in stazione.

Si riporta il risultato di calcolo nella figura che segue:

CEI 106-11 p.1 par.6.2.1 punto a)

obiettivo di qualità
distanza tra conduttori
correnti simm. ed equilibrate

Linee aeree trifase a semplice terna (cond. disposti in piano orizz./vert.)

B (μ T) = 3,00 Tens. di linea (kV) = 150,00
S (m) = 2,20 Pot.nom. (kVA) = 200.000,00
I (A) = 769,80

k = 0,34

R>>S R (m) = 13,98

Da cui si ricava una **DPA di 14 metri**.

Dai calcoli effettuati si riporta una schematizzazione in pianta dell'area interessata da un campo magnetico B del valore di 3 microtesla, coerentemente a quanto indicato dalle prescrizioni normative, considerando come sorgenti le apparecchiature prima descritte e di competenza di E-Way Gamma S.r.l.

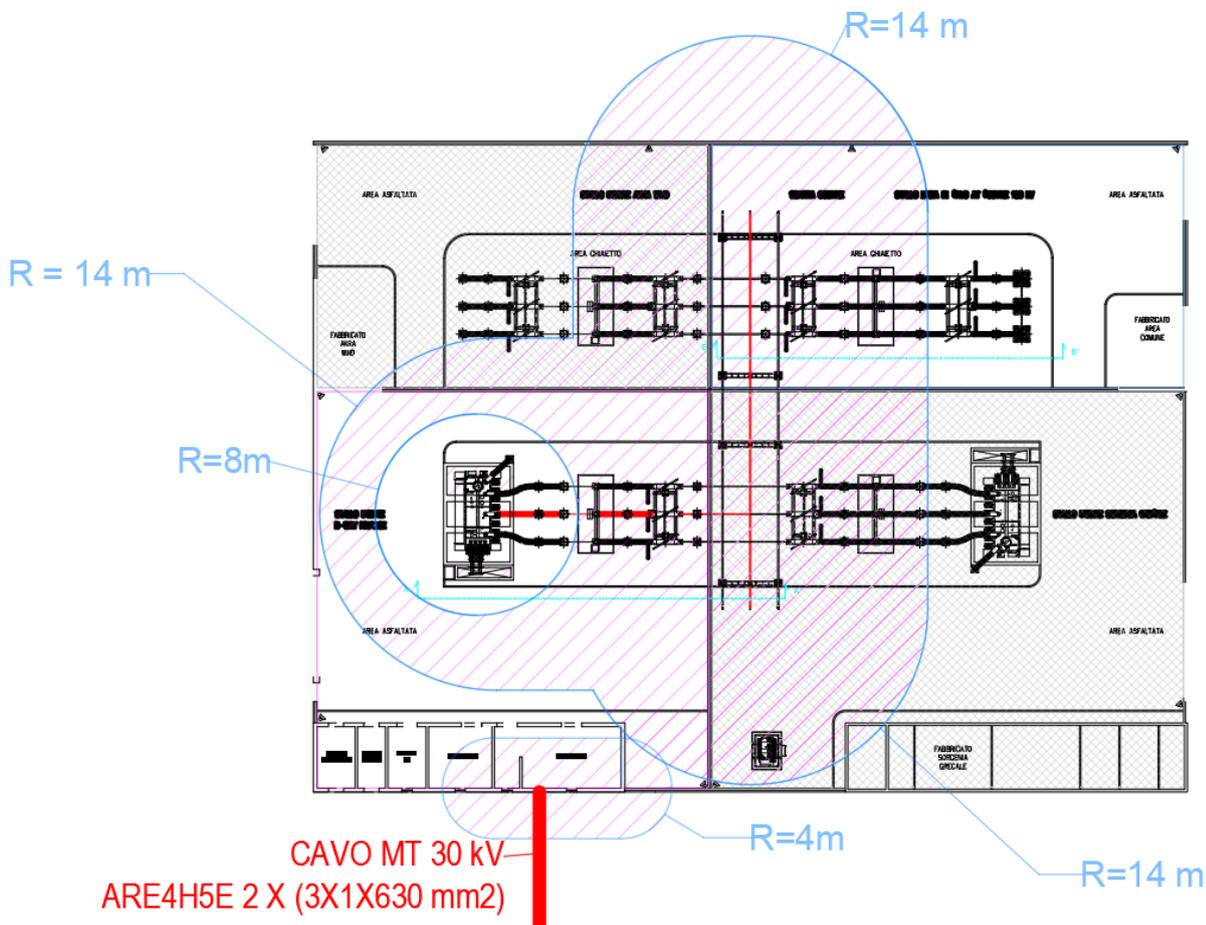


Figura 16 Individuazione dell'area con valore di B maggiore di 3 microTesla

Come si evince dallo sviluppo grafico su riportato, la DPA risultante è data dalla estensione maggiore che si ottiene considerando sia il campo magnetico sviluppato conduttori AT, sia il campo magnetico prodotto dal trafo MT/AT, pari a 14 metri.

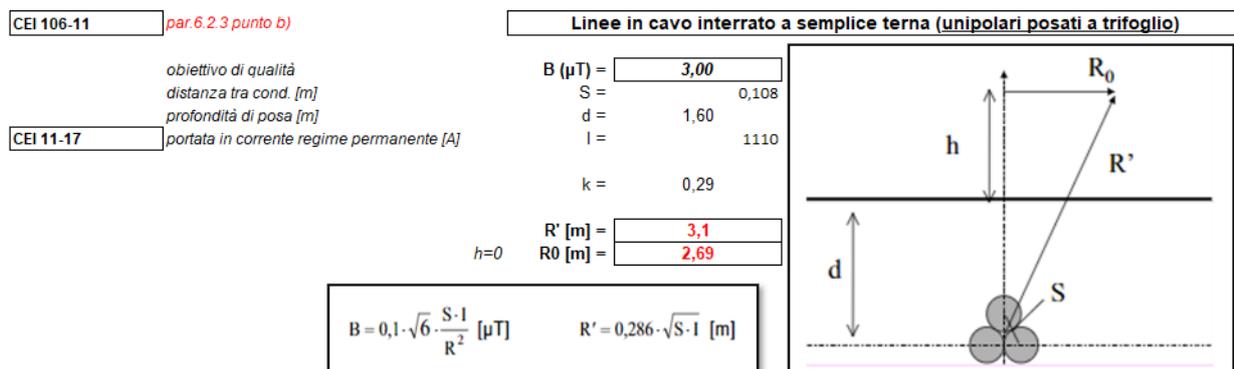
5.6 Linea elettrica in cavo interrato AT a 150 kV

La linea elettrica interrata AT che collegherà la stazione elettrica di utenza alla stazione di transizione, sarà realizzata per mezzo di una terna composta da tre cavi unipolari realizzati con conduttore in alluminio acciaio, isolante in XPLE, schermatura in alluminio e guaina esterna in polietilene.

Caratteristiche tecniche	
Tensione nominale	87/150 (170) kV
Tensione di tenuta ad impulso	750 Vc
Corrente nominale continuativa	1.060 A
Corrente termica di cortocircuito (min.)	
Conduttore	130 kA – 0,5 sec
Schermo	20 kA – 0,5 sec
Temperatura del conduttore	
In regime permanente	90° C
Cortocircuito	250° C
Conduttore	
Materiale	Alluminio
Sezione	1.600 mm ²

Figura 17 Caratteristiche dei cavi AT di impiego prevalente

La scelta di operare con linee in AT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno e del cavo stesso. Nel caso in questione, lo studio del campo magnetico è stato effettuato, alla tensione nominale di esercizio di 150 kV, sul tratto di cavidotto costituito da una terna di conduttori di sezione 1600 mm², percorsa da una corrente massima pari a 1110 Ampere, interrati ad una profondità di 1,6 m.



Da cui risulta una **DPA calcolata paria 3,1 metri.**

Tale risultato è in accordo con le indicazioni fornite dalle Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 di seguito riportato:

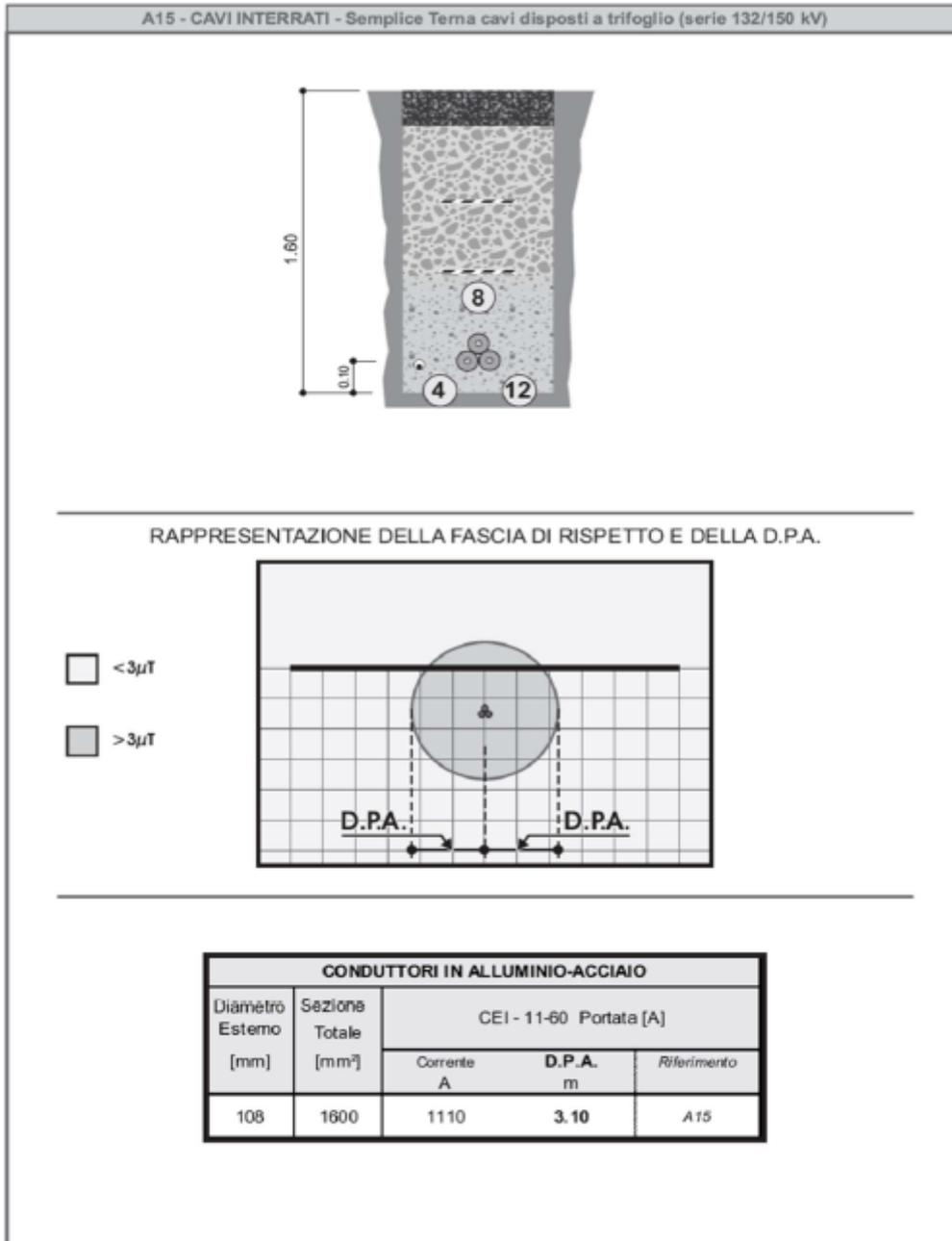


Figura 18 Rif. A15 - allegato A "DPA LINEE AT E CABINE PRIMARIE" - LINEE GUIDA Enel

5.7 Stazione elettrica di transizione a 150 kV

In analogia all'analisi condotta per la stazione elettrica utente al paragrafo 5.5, ci si riconduce anche per la stazione di transizione a 150 kV al caso indicato dalle "Linee guida enel per il calcolo della distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", considerando in questo caso come sorgente di emissione la sola presenza delle conduttori AT a 150 kV e di riconducendo le stesse ad una linea aerea trifase a 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, ad una altezza di circa 4,5 dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate. I risultati dei calcoli e la relativa rappresentazione in pianta del campo magnetico che si genera in presenza di una corrente che scorre sulle sbarre AT quando questo risulta essere maggiore di $3 \mu\text{T}$, sono riportati nel seguito:

CEI 106-11 p.1 par.6.2.1 punto a)

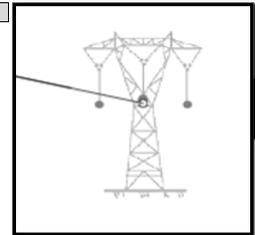
obiettivo di qualità
distanza tra conduttori
correnti simm. ed equilibrate

Linee aeree trifase a semplice terna (cond. disposti in piano orizz./vert.)

B (μT) = **3,00** Tens. di linea (kV) = **150,00**
S (m) = 2,20 Pot.nom. (kVA) = **200.000,00**
I (A) = 769,80

k = 0,34

R>>S R (m) = **13,98**



Da cui si ricava il valore della DPA pari a 14 metri.

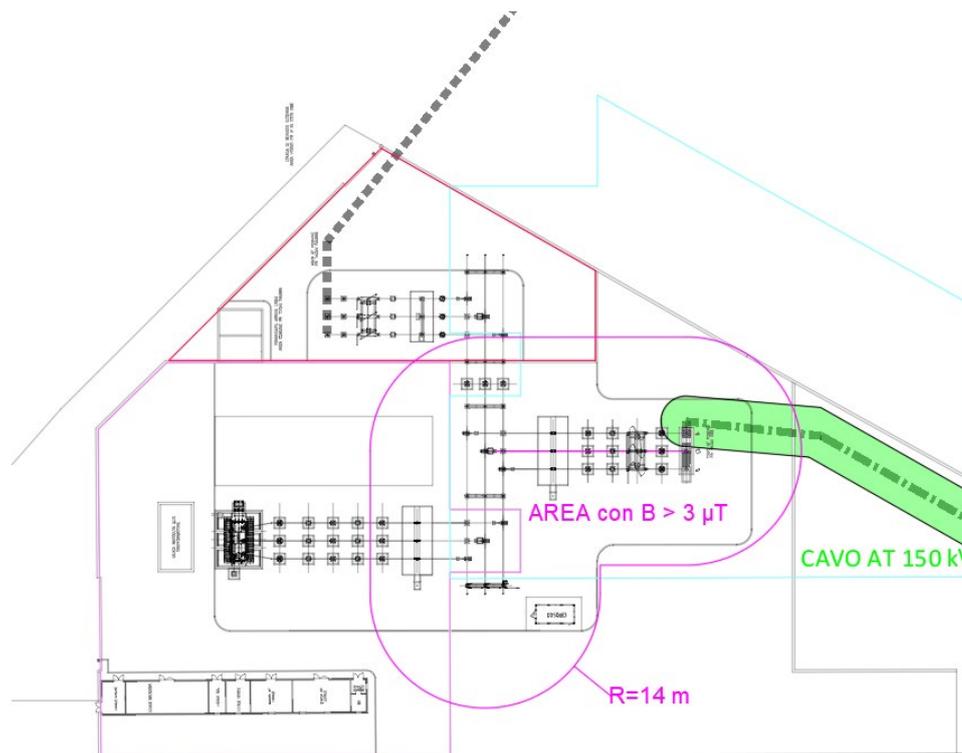


Figura 19 Individuazione dell'area con B maggiore di 3 microTesla

6 CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti è possibile verificare che tutte le aree caratterizzate da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (**3 μ T**) sono:

- Interne all'impianto eolico o ricadono in aree utilizzate dall'impianto medesimo. All'interno di tali "aree remote" non si riscontra la presenza di "luoghi tutelati", ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.
- Nelle aree recintate delle stazioni AT e nelle immediate vicinanze, comunque ricadenti nelle particelle di proprietà della E-Way Gamma S.r.l. , ove comunque non sono presenti "luoghi tutelati".
- Non intercettando recettori sensibili lungo il percorso seguito dagli elettrodotti MT ed AT.

Ergo, la realizzazione delle opere elettriche previste dal presente progetto sono conformi a quanto stabilito dalla normativa vigente e non costituiscono incremento dei fattori di rischio per la salute pubblica.