

REGIONE SICILIA

Provincia di CALTANISSETTA

Comune di BUTERA

Società: Mediterranean Wind OffShore S.r.l.



**PROGETTO:** CONNESSIONE ALLA RTN DEL "PARCO EOLICO OFF-SHORE DEL GOLFO DI GELA" DA 163,8 MVA DI BUTERA (CL), CON STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 30/150 kV E CONSEGNA 220(380)/150 kV (TERNA) SITA NEL COMUNE DI BUTERA (CL)

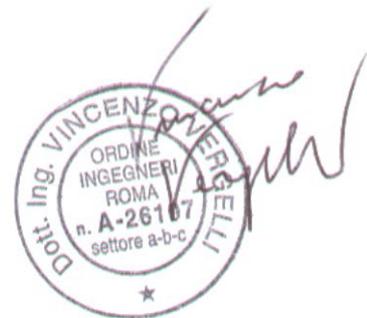
**CODICE ELABORATO:** 97758\_ESER029

**NOME ELABORATO:** STUDIO ELETTROMAGNETICO ST.NE TRASFORMAZIONE 45/150 kV E CONSEGNA UTENTE 150 kV

I Tecnici  
della Società  
Eco Service Consulting S.r.l.

Dott. Ing. Vincenzo Vergelli

Dott. Ing. Corrado Rossi



Data 26/03/2013

REV.00



## **PREMESSA**

La popolazione ed i lavoratori sono esposti a campi elettromagnetici prodotti da una grande varietà di sorgenti che utilizzano l'energia elettrica a varie frequenze. Tali campi, variabili nel tempo, occupano la parte dello spettro elettromagnetico che si estende dai campi statici alle radiazioni infrarosse.

In questa gamma di frequenze (0 Hz - 300 GHz) i fenomeni di ionizzazione nel mezzo interessato dai campi sono trascurabili: pertanto le radiazioni associate a queste frequenze rientrano in quelle cosiddette radiazioni non-ionizzanti.

Alle più basse frequenze, quando i campi sono caratterizzati da variazioni lente nel tempo, per esempio alle frequenze industriali di 50/60 Hz, o, più in generale, quando l'esposizione ai campi elettromagnetici avviene a distanze dalla sorgente piccole rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici possono essere considerati indipendentemente.

Alle frequenze più alte o, più in generale, a distanze elevate rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici sono strettamente correlati tra di loro: dalla misura di uno di essi si può in genere risalire all'altro.

Contrariamente a quanto succede con le radiazioni ionizzanti, per le quali il contributo delle sorgenti naturali rappresenta la porzione più elevata dell'esposizione della popolazione, per le radiazioni non-ionizzanti le sorgenti di campi elettromagnetici realizzati dall'uomo tendono a diventare sempre più predominanti rispetto alle sorgenti naturali.

In alcune parti dello spettro di frequenza, quali quelle utilizzate per la distribuzione dell'energia elettrica e per la radiodiffusione, i campi elettromagnetici prodotti dall'uomo sono molte migliaia di volte superiori a quelli naturali prodotti dal Sole o dalla Terra.

Negli ultimi decenni l'uso dell'elettricità è aumentato considerevolmente, sia per la distribuzione dell'energia elettrica sia per lo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione, con conseguente aumento dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

I campi variabili nel tempo più comuni a cui le persone sono permanentemente esposte sono quelli derivanti dai sistemi di generazione, trasmissione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica a 50/60 Hz, dai sistemi di trazione ferroviaria (0 Hz, 16 2/3 Hz e 25 Hz), dai sistemi di trasporto pubblico (da 0 Hz a 3 kHz) e dai sistemi di telecomunicazione (trasmettitori radiofonici e televisivi, ponti radio a microonde, stazioni radiobase per telefonia mobile, radar, ecc.), che interessano frequenze più elevate.

La popolazione è anche esposta a campi di bassa intensità prodotti da apparecchiature domestiche (forni a microonde, televisori, videoterminali, ecc.) o industriali (azionamenti elettrici, apparecchi ad induzione, automobili elettriche, ecc.).

Esposizioni a livelli relativamente più elevati possono essere causate, normalmente per brevi periodi, dall'uso, nelle estreme vicinanze del corpo, di telefoni cellulari, sistemi di sicurezza, ecc.



Eco Service Consulting S.r.l.

Sede Legale ed Operativa: Via Mazzini, 151 – 67051 AVEZZANO (AQ)

Tel. n° 0863.33313 Fax n° 0863.440126

I campi generati dalle diverse sorgenti possono essere di vario tipo. La forma d'onda può essere sinusoidale, modulata in ampiezza (AM) o in frequenza (FM) nel caso di comunicazioni radio, o modulata ad impulsi come nei radar dove l'energia delle microonde viene trasmessa in brevi pacchetti di impulsi della durata di microsecondi.

L'esposizione umana dipende non solo dall'intensità dei campi elettromagnetici generati, ma anche dalla distanza dalla sorgente: generalmente le intensità dei campi prodotti dalle sorgenti sopra menzionate decrescono rapidamente con la distanza.

Per proteggere la popolazione e i lavoratori dagli eventuali effetti biologici dell'esposizione ai campi elettromagnetici prodotti da tali sorgenti, sono stati sviluppati in ambiti nazionali e internazionali diversi tipi di linee-guida: esse sono generalmente basate sull'individuazione di valori da non superare per alcune grandezze di base, derivanti da valutazioni di grandezze interne al corpo (quali la densità di corrente e la potenza elettromagnetica assorbita per unità di massa corporea), cui corrispondono altre grandezze derivate esterne, facilmente misurabili, quali il campo elettrico e il campo magnetico.

## **RICHIAMI DI ELETTROMAGNETISMO**

Un qualsiasi elettrodotto è sede di campi elettrici e magnetici legati ai valori di potenza da trasportare e alla tipologia della linea (aerea o interrata).

Il campo elettrico prodotto da una linea in un dato punto dipende in primo luogo dal livello di tensione e dalla distanza del punto dalla linea e in seconda istanza dalla configurazione della linea stessa.

A parità di configurazione, ovviamente il campo elettrico cresce all'aumentare della tensione e diminuisce all'aumentare della distanza.

I parametri legati alla configurazione che influenzano maggiormente il campo elettrico al suolo sono: l'altezza o la profondità della linea, la distanza tra le fasi e la loro disposizione.

Il campo elettrico presenta un massimo nella zona circostante la linea, ma decresce abbastanza rapidamente all'allontanarsi dall'asse della linea stessa.

Le linee elettriche sono inoltre sorgenti di campo magnetico a bassa frequenza.

Esso dipende in primo luogo dal valore della corrente transitante in linea, dalla distanza del punto dalla linea e in seconda istanza dalla configurazione della linea stessa.

Il campo magnetico cresce all'aumentare della corrente e diminuisce all'aumentare della distanza.

Va ancora sottolineato che il campo magnetico prodotto dalle linee elettriche, dipende dalla corrente che, a differenza della tensione, varia notevolmente al variare delle condizioni di carico delle linee stesse.



## RIFERIMENTI LEGISLATIVI

### NORMATIVA EUROPEA

- Raccomandazione n. 99/519/CE del 12 Luglio 1999: “Raccomandazione del Consiglio relativa alla limitazione dell’esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz”. Tramite questa raccomandazione gli stati membri sono stati invitati ad adottare le misure necessarie ad assicurare un elevato livello di protezione della salute della popolazione dall’esposizione ai campi elettromagnetici.

### NORMATIVA NAZIONALE

- DPCM del 23 aprile 1992: “Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno”. Questo decreto è stato abrogato nell’art. 8 del DPCM 8/07/2003 relativo agli elettrodotti.
- DPCM 28 settembre 1995:” Norme tecniche procedurali di attuazione del DPCM 23 Aprile 1992 relativamente agli elettrodotti”.
- DM 10 settembre 1998, n. 381: “Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana”.
- Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001: “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”. Essa da attuazione in modo organico e adeguato alla Raccomandazione del Consiglio della Comunità Europea 1999/519/CE del 12 Luglio 1999.
- DPCM dell’ 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”.  
Questo decreto, riguardo i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità sui campi elettromagnetici alla frequenza di 50 Hz, ha stabilito quanto segue:

**100μT** per l’induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

A titolo di misura cautelativa per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l’esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50Hz), nelle aree gioco per l’infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l’induzione



magnetica il valore di attenzione di  $10\mu\text{T}$ , da intendersi come mediana dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione 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  $3\mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco di 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

	<b>Intensità del campo elettrico (kV/m)</b>	<b>Intensità del campo di induzione magnetica (<math>\mu\text{T}</math>)</b>
Limiti di esposizione	5	100
Valore di attenzione	/	10
Obiettivo di qualità	/	3

Limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità fissati dal DPCM 8/07/2003  
(G. U. Serie Generale n.199 del 28/8/03)

## ANALISI QUANTITATIVA

L'opera oggetto del nostro interesse ha riguardato l'analisi dei campi elettrico ed elettromagnetico delle stazioni di trasformazione 45/150 kV e di consegna utente 150 kV, per il vettoriamento dell'energia prodotta della centrale eolica da 136,8 MVA di proprietà della Società Mediterranean Wind off-shore S.r.l.

Premesso che la massima potenza su cui è stato effettuato il dimensionamento corrisponde a quella di generazione nominale e cioè  $P = 136,8$  MVA, anche se realmente la potenza reale di esercizio sarà sempre generalmente inferiore a quest'ultima.

Considerando una tensione di trasmissione pari a 150 kV e un  $\cos\phi = 0,9$ , osserviamo che l'aliquota di intensità di corrente prodotta nella stazione di trasformazione e quindi anche in quella di consegna utente è pari a:

$$I = \frac{P}{V_{eser} \cdot \cos\phi \cdot \sqrt{3}} \quad \text{da cui: } I = 585A$$

Considerando che la disposizione dei conduttori delle sbarre (o conduttori) del quadro all'aperto AT 150 kV di una stazione è assimilabile a quella riportata nella fig.1 per una linea 150 kV

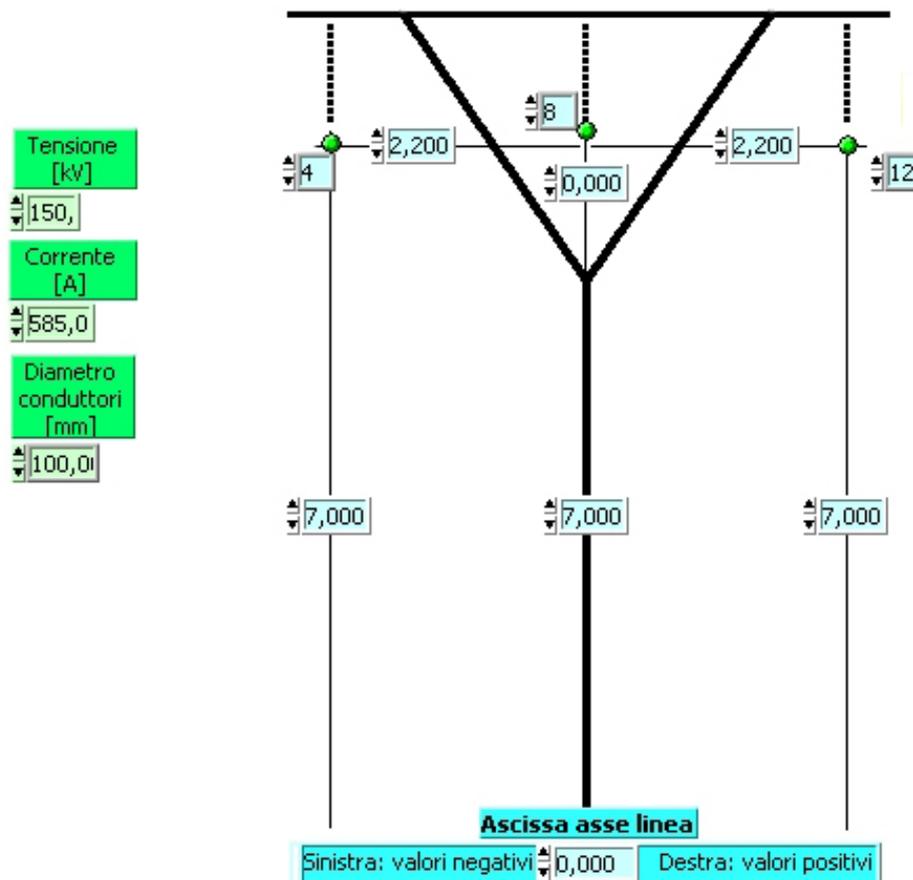
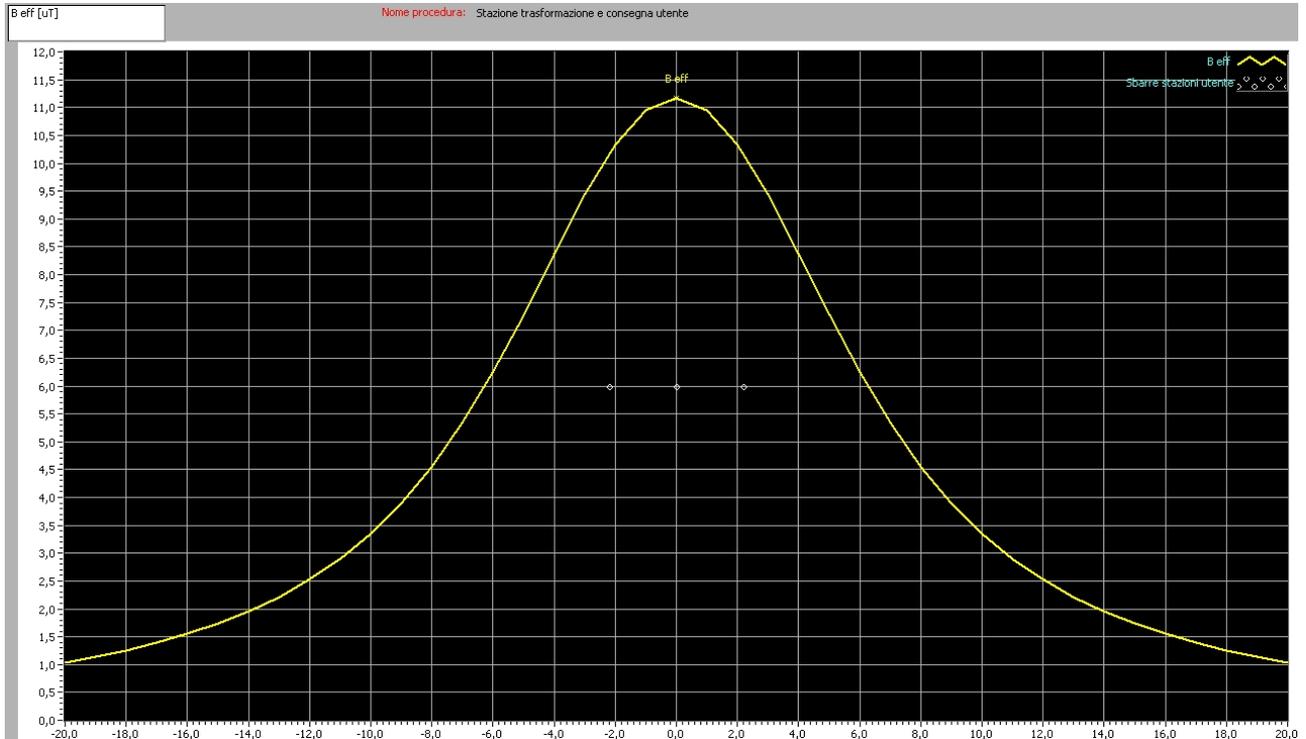
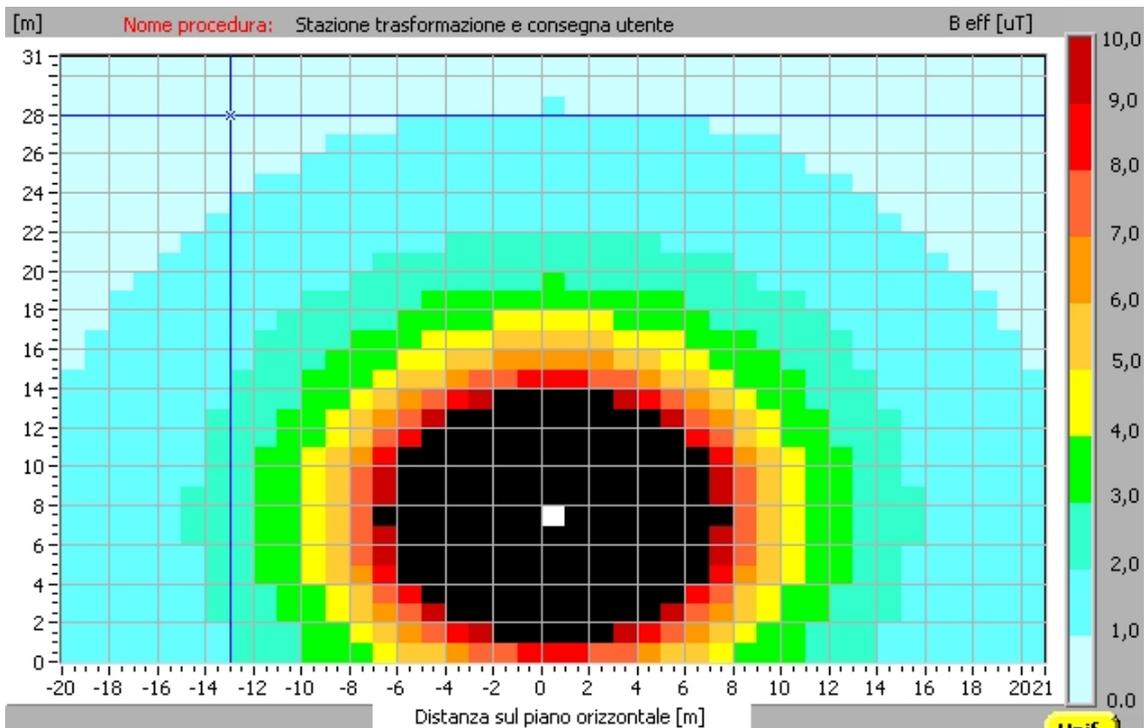


Fig.1 Linea AT con disposizione conduttori in piano

Con conduttori percorsi da corrente di 585 A (corrente max di generazione del parco) ad un livello di tensione pari a 150 kV, estremamente cautelativa rispetto alla reale corrente che transiterà sui conduttori<sup>1</sup>, si ha un andamento di campo elettromagnetico riportato in fig.2



**Fig 2 Andamento campo elettromagnetico per I = 585 A (profilo laterale)**



**Fig. 3 Andamento del campo elettromagnetico (mappe verticali)**

<sup>1</sup> Infatti in una centrale di produzione da fonte eolica, essendo il vento una fonte discontinua, è quasi impossibile raggiungere una produzione istantanea pari alla potenza nominale dell'impianto.

I valori del grafico, insieme a quelli dal campo elettrico (pari a zero), sono riportati nella tabella successiva; ove si può notare che a 11m dall'asse sbarre, il campo magnetico è inferiore a 3  $\mu\text{T}$ .

Profilo laterale del campo elettrico e del campo magnetico.

Distanza [m]	E orizz.le [kV/m]	E verticale [kV/m]	E risultante [kV/m]	B orizz.le [ $\mu\text{T}$ ]	B verticale [ $\mu\text{T}$ ]	B risultante [ $\mu\text{T}$ ]
-20,000	0	0	0	0,575	0,859	<b>1,034</b>
-19,000	0	0	0	0,661	0,925	<b>1,137</b>
-18,000	0	0	0	0,762	0,996	<b>1,255</b>
-17,000	0	0	0	0,885	1,073	<b>1,391</b>
-16,000	0	0	0	1,034	1,155	<b>1,550</b>
-15,000	0	0	0	1,217	1,239	<b>1,737</b>
-14,000	0	0	0	1,440	1,324	<b>1,956</b>
-13,000	0	0	0	1,717	1,403	<b>2,217</b>
-12,000	0	0	0	2,059	1,466	<b>2,528</b>
<b>-11,000</b>	0	0	0	2,485	1,499	<b>2,902</b>
-10,000	0	0	0	3,011	1,474	<b>3,352</b>
-9,000	0	0	0	3,653	1,353	<b>3,896</b>
-8,000	0	0	0	4,420	1,083	<b>4,551</b>
-7,000	0	0	0	5,292	0,660	<b>5,333</b>
-6,000	0	0	0	6,194	0,810	<b>6,247</b>
-5,000	0	0	0	6,964	2,118	<b>7,279</b>
-4,000	0	0	0	7,328	4,057	<b>8,376</b>
-3,000	0	0	0	6,963	6,376	<b>9,441</b>
-2,000	0	0	0	5,678	8,644	<b>10,342</b>
-1,000	0	0	0	3,685	10,307	<b>10,946</b>
0,000	0	0	0	2,311	10,917	<b>11,158</b>
1,000	0	0	0	3,685	10,307	<b>10,946</b>
2,000	0	0	0	5,678	8,644	<b>10,342</b>
3,000	0	0	0	6,963	6,376	<b>9,441</b>
4,000	0	0	0	7,328	4,057	<b>8,376</b>
5,000	0	0	0	6,964	2,118	<b>7,279</b>
6,000	0	0	0	6,194	0,810	<b>6,247</b>
7,000	0	0	0	5,292	0,660	<b>5,333</b>
8,000	0	0	0	4,420	1,083	<b>4,551</b>
9,000	0	0	0	3,653	1,353	<b>3,896</b>
10,000	0	0	0	3,011	1,474	<b>3,352</b>
<b>11,000</b>	0	0	0	2,485	1,499	<b>2,902</b>
12,000	0	0	0	2,059	1,466	<b>2,528</b>
13,000	0	0	0	1,717	1,403	<b>2,217</b>
14,000	0	0	0	1,440	1,324	<b>1,956</b>
15,000	0	0	0	1,217	1,239	<b>1,737</b>
16,000	0	0	0	1,034	1,155	<b>1,550</b>
17,000	0	0	0	0,885	1,073	<b>1,391</b>
18,000	0	0	0	0,762	0,996	<b>1,255</b>
19,000	0	0	0	0,661	0,925	<b>1,137</b>
20,000	0	0	0	0,575	0,859	<b>1,034</b>

**Tabella valori del campo elettrico e del campo elettromagnetico**

Definite:

- **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.
- **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 di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

La fascia di rispetto dei  $3 \mu\text{T}$  e la distanza di prima approssimazione (Dpa), indicate in questo documento, sono state calcolate in accordo alla norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche".

Si può concludere che il campo elettromagnetico complessivo "post operam" presenterà un valore inferiore al limite di normativa di  $3 \mu\text{T}$  a circa 11 m.

Pertanto sarà stabilita una Dpa pari a  $\pm 11$  m a destra e a sinistra dell'asse dei conduttori.

Si riportano di seguito le fasce di esclusione Dpa per la stazione di trasformazione 45/150 kV e per la stazione di consegna utente 150 kV.



### STAZIONE DI TRASFORMAZIONE 45/150 kV

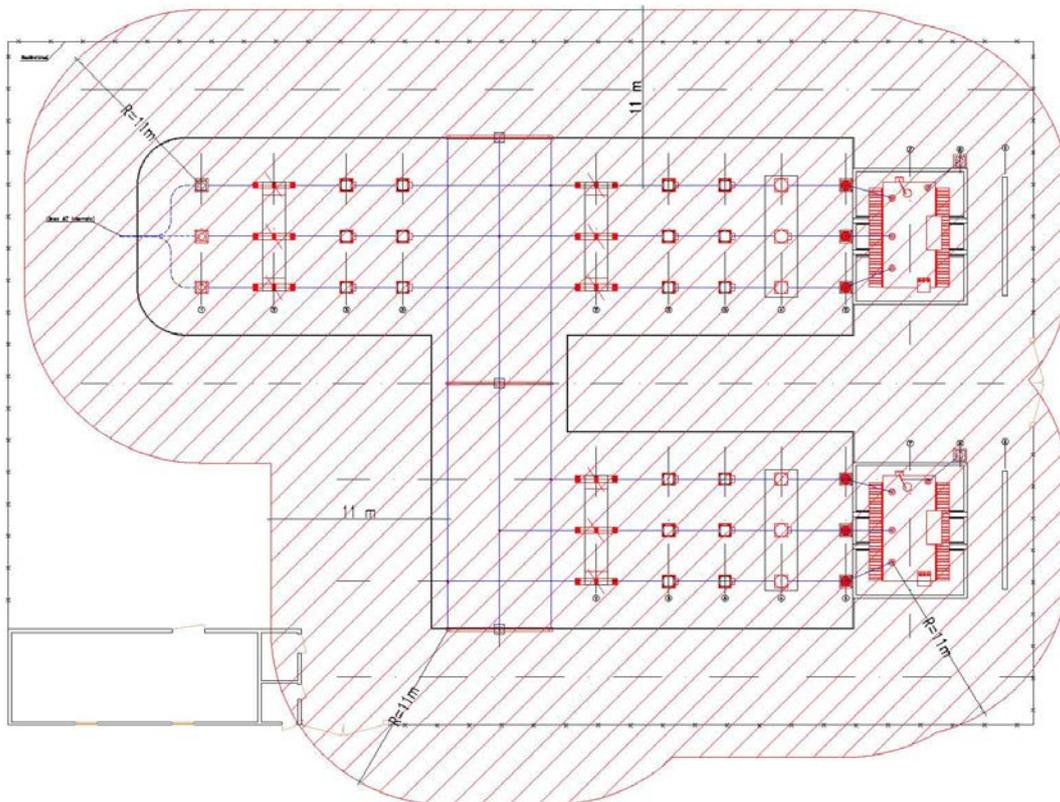


Fig. 4 Fascia Dpa  $\pm 11$  m per la stazione di trasformazione MT/AT

## STAZIONE DI CONSEGNA UTENTE 150 kV

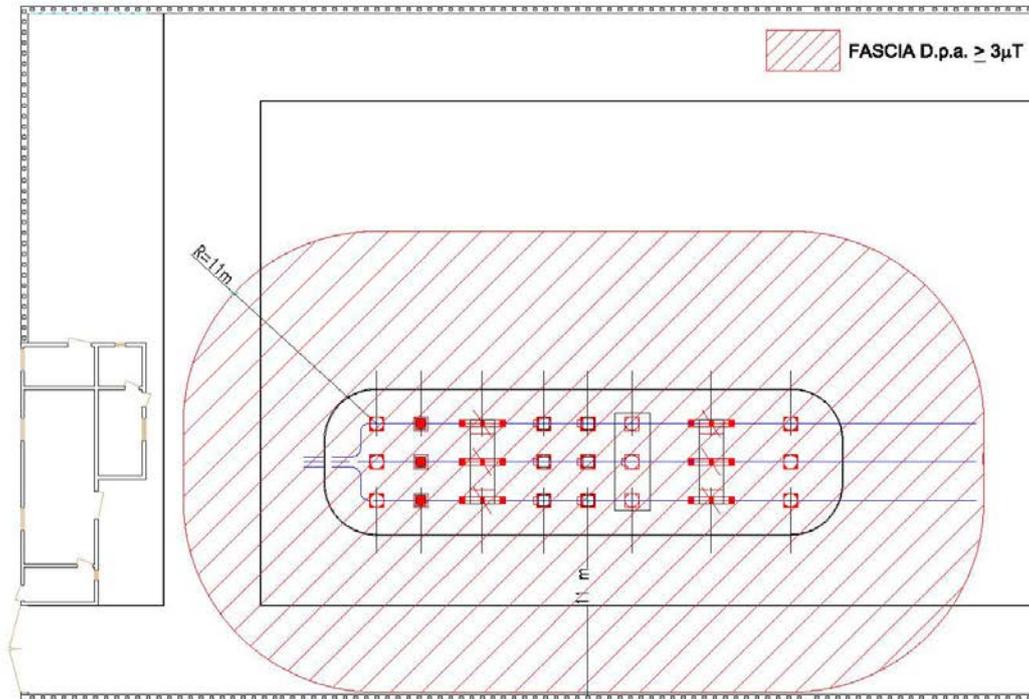


Fig. 5 Fascia Dpa  $\pm 11$  m per la stazione di consegna utente

Il rischio elettromagnetico può considerarsi basso, anche in considerazione dei seguenti aspetti:

- i conduttori non sono mai percorsi dalla massima corrente di generazione;
- sul confine di stazione, il campo magnetico si trova quasi al limite dell'obiettivo di qualità pari a  $3 \mu\text{T}$  (nel caso della stazione di consegna utente è interno al perimetro di stazione);
- le stazioni sono collocate in aree lontane da abitazioni e luoghi dove non è ragionevole supporre una permanenza in prossimità o al di sopra di esso di persone per più di 4 ore al giorno e per periodi prolungati.

Infine i lavoratori addetti alla manutenzione e conduzione delle stazioni, che si trovano ad operare negli edifici, risultano al di fuori delle fasce Dpa.

Per la Società Incaricata  
**Eco Service Consulting S.r.l.**

I Progettisti

Dott. Ing. Vincenzo Vergelli

Dott. Ing. Corrado Rossi

Avezzano, lì 03.04.2013