



Engineering & Construction



Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.24.IT.W.15000.00.024.00

PAGE

1 di/of 27

TITLE: Relazione campo elettromagnetico

AVAILABLE LANGUAGE: ITA

RELAZIONE CAMPO ELETTROMAGNETICO

SALICE-VEGLIE

File: GRE.EEC.R.24.IT.W.15000.00.024.00_Relazione campo elettromagnetico

00	17/12/20	EMISSIONE	BFP Mancini	BFP Miglionico	BFP Biscotti
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

PORCELLINI	PANSINI	PANSINI
COLLABORATORS	VERIFIED	VALIDATED

PROJECT / PLANT	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION									
	GRE	EEC	R	2	4	I	T	W	1	5	0	0	0	0	0	0	2	4	0

CLASSIFICATION	UTILIZATION SCOPE
----------------	-------------------

This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.



Engineering & Construction



Via Napoli, 363/I – 70132 Bari – Italy
www.bfpgroup.net – info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 – fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.00.IT.P.12613.00.044.00

PAGE

2 di/of 27

INDICE

1. OGGETTO	3
2. GENERALITÀ SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	3
3. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	4
3.1. Definizioni	4
4. INQUADRAMENTO NORMATIVO	5
5. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	7
5.1. Caratteristiche generali del campo eolico	7
5.2. Caratteristiche dell'aerogeneratore.....	7
5.3. Linee di distribuzione in MT	8
6. METODO DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO	9
6.1. Cenni teorici	9
6.2. Metodo di calcolo	10
7. VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DELLE COMPONENTI DELL'IMPIANTO.....	11
7.1. Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione	11
7.2. Aerogeneratore	11
7.3. Cabine elettriche interne all'aerogeneratore	12
7.4. Determinazione dei campi magnetici	14
8. DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE	21
9. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA 150/30 KV	22
10. LINEA DI CONNESSIONE IN AT.....	24
10.1. Determinazione dei campi magnetici	24
10.2. Distanze di prima approssimazione	26
11. CONCLUSIONI.....	26

1. OGGETTO

Il presente studio è finalizzato al calcolo preventivo delle emissioni elettromagnetiche non ionizzanti determinate dalle installazioni elettriche previste dal progetto di un nuovo impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica da realizzarsi nella Provincia di Lecce, nei territori comunali di Salice Salentino e Veglie e delle relative opere connesse da realizzare nei territori comunali di Avetrana (TA), San Pancrazio Salentino (BR) ed Erchie (BR).

Il progetto del nuovo impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica avrà una potenza di 84 MW, equivalenti all'installazione di n. 14 aerogeneratori della potenza nominale pari a 6 MW.

In base alla soluzione di connessione (STMG TERNA/P20200065017 del 12/10/2020), l'impianto eolico sarà collegato, mediante la sottostazione AT/MT utente, in antenna a 150 kV con il futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) della RTN 380/150 kV di "Erchie".

2. GENERALITÀ SULLE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

I campi elettromagnetici consistono in onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda.

I campi ELF si identificano nei campi a frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che cariche di segno uguale od opposto vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in volt (V).

L'intensità dei campi elettrici è massima vicino alla sorgente e diminuisce con la distanza (proporzionale alla tensione della sorgente). Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla (μ T).

I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza (proporzionale alla corrente della sorgente). Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco in un impianto fotovoltaico (tensioni fino a 150.000 V e frequenze di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

Come già accennato il campo elettrico, a differenza del campo magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato.

Pertanto le situazioni più critiche sono rappresentate dagli impianti installati in ambiente esterno, rappresentando le schermature dei cavi, la presenza di opere civili e la blindatura degli scomparti validi elementi di schermatura. Inoltre la distanza tra le apparecchiature e le recinzioni sono tali da contenere i valori di campo elettrico entro i valori limite da eventuali ricettori sensibili. Ai fini del presente studio si valuteranno, quindi, i soli campi magnetici.

3. NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- 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".
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".
- CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore a 100 kV",
- 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: linee elettriche aeree e in cavo".

3.1. Definizioni

Si introducono le seguenti definizioni anche in riferimento a quanto indicato nell'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto":

Corrente

Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

Portata in corrente in servizio normale

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 e sue successive modifiche e integrazioni.

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 come portata in regime permanente;

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.

Fascia di rispetto

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

È la distanza in pianta 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 della fascia di rispetto. Per le cabine è la distanza da tutte le facce del parallelepipedo della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Sottostazione di trasformazione

La sottostazione di trasformazione (SSE) è un impianto elettrico che ha la funzione di trasformare l'energia in ingresso in alta tensione (150kV) da media tensione (30 kV).

4. INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- Effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono, con margini cautelativi, la non insorgenza di tali effetti;
- Effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante dunque distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo nella tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro).

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
Valori di attenzione	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
Obiettivi di qualità	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

Tabella 1: Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro.

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico,

stabilisce:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.

Il valore di attenzione di 10 μT si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μT si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100 μT per lunghe esposizioni e di 1000 μT per brevi esposizioni.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 Maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: "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 di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in

prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio” (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

5. DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO

5.1. Caratteristiche generali del campo eolico

L’impianto eolico per la produzione di energia elettrica avrà le seguenti caratteristiche generali:

- n° 14 aerogeneratori della potenza massima di circa 6 MW ciascuno ed avente generatore di tipo asincrono, con diametro del rotore pari a 170 m, altezza mozzo pari a 135 m, per un’altezza massima al tip (punta della pala) pari a 220 m, comprensivi al loro interno di cabine elettriche di trasformazione MT/BT;
- rete elettrica interrata a 30 kV per l’interconnessione tra gli aerogeneratori e la sottostazione;
- n° 1 sottostazione elettrica di trasformazione AT/MT nei pressi della stazione elettrica (SE) Terna S.p.A. a 150 kV esistente nel Comune di Erchie (punto di consegna previsto);
- raccordo AT 150 kV in cavo interrato tra la sottostazione e il punto di consegna nel futuro ampliamento della stazione di trasformazione 380/150 kV TERNA, nel comune di Erchie;
- rete telematica di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell’impianto eolico mediante trasmissione dati via modem o satellitare.

5.2. Caratteristiche dell’aerogeneratore

In particolare, trattasi di aerogeneratori trifase con potenza massima di 6000 kW e tensione nominale di 690 V.

Le pale della macchina sono fissate su un mozzo e nell’insieme costituiscono il rotore che ha diametro massimo di 170 m: il mozzo a sua volta viene collegato ad un sistema di alberi e moltiplicatori di giri per permettere la connessione al generatore elettrico, da cui si dipartono i cavi elettrici di potenza, in bassa tensione verso il trasformatore MT/BT.

Tutti i componenti su menzionati, ad eccezione del rotore, sono ubicati in una cabina, detta navicella, la quale a sua volta, è posta su un supporto cuscinetto in modo da essere facilmente orientabile secondo la direzione del vento. L’intera navicella (realizzata in materiale plastico rinforzato con fibra di vetro) viene posta su di una torre tronco-conica tubolare.

Oltre ai componenti prima detti, vi è un sistema di controllo che esegue diverse funzioni:

- ✓ il controllo della potenza, che viene eseguito ruotando le pale intorno al proprio asse principale in maniera da aumentare o ridurre la superficie esposta al vento, in base al profilo delle pale;
- ✓ il controllo della navicella, detto controllo dell’imbardata, che serve ad inseguire la direzione del vento, ma che può essere anche utilizzato per il controllo della potenza;
- ✓ l’avviamento della macchina allorché è presente un vento di velocità sufficiente, e la fermata della macchina, quando vi è un vento di velocità superiore a quella massima per la quale la macchina è stata progettata.

L'intera navicella viene posta su di una torre avente forma conica tubolare. La velocità del vento di avviamento è la minima velocità del vento che dà la potenza corrispondente al massimo rendimento aerodinamico del rotore. Quando la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento.

La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla velocità di *Cut-out wind speed* (fuori servizio).

Per ragioni di sicurezza a partire dalla velocità nominale la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo.

L'aerogeneratore si avvicinerà al valore della potenza nominale a seconda delle caratteristiche costruttive della turbina montata: passo fisso, passo variabile, velocità variabile, etc.

5.3. Linee di distribuzione in MT

Gli aerogeneratori sono collegati tra loro e alla sottostazione elettrica di connessione da una rete di distribuzione in cavo interrato esercita in media tensione a 30 kV.

I cavi impiegati saranno del tipo unipolari ARE4H5E 18/30 KV con posa in cavidotto a "trifoglio". Il conduttore sarà a corda rotonda compatta di alluminio e tra il conduttore e l'isolante in mescola in elastomero termoplastico (qualità HPTE), sarà interposto uno strato di semiconduttore estruso. Tra l'isolante e lo schermo metallico invece sarà interposto uno strato di semiconduttore a mescola estrusa che, a sua volta sarà coperto da un rivestimento protettivo costituito da un nastro semiconduttore igroespandente. La schermatura sarà fatta mediante un nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. La guaina sarà in polietilene di colore rosso qualità DMP 2.

Il cavo suddetto è definito a campo radiale in quanto, essendo ciascuna anima rivestita da uno schermo metallico, le linee di forza elettriche risultano perpendicolari agli strati dell'isolante.

La sezione dei singoli cavi componenti le terne, presenta le seguenti caratteristiche:

Casi di studio	N. di terne	Portata in servizio nominale	Sezione conduttore	Diametro conduttore	Spessore isolante	Diametro cavo	Portata al limite termico del cavo ⁽¹⁾
	N.	[A]	[mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[A]
S1	1	121,5	3x1x400	23,8	7,0	46	433
S2	2	243,1	3x1x500	26,7	7,1	49	494
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562
S3	3	243,1	3x1x630	30,5	7,5	54	562
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562
S4	4	243,1	3x1x630	30,5	7,5	54	562
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562
S5	5	243,1	3x1x630	30,5	7,5	54	562
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562
		364,6	3x1x630	30,5	7,5	54	562

(1) posa interrata a trifoglio e resistività del terreno $\rho=2 \text{ }^\circ\text{Cm/W}$ (valore ricavato dalla scheda tecnica del cavo)

Tabella 3: Caratteristiche dimensionali dei cavi in MT.

Ai fini della valutazione dei campi magnetici, di seguito descritta, sono state considerate come portate in servizio normale le correnti massime generate dall'impianto fotovoltaico. Tali valori di corrente risultano sovradimensionati e quindi di tipo conservativo in quanto i valori massimi reali, comunque inferiori ai valori indicati, si otterranno solo in determinate condizioni di funzionamento, funzione di diversi parametri quali per esempio le condizioni atmosferiche, rendimento delle apparecchiature ecc.

6. METODO DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

6.1. Cenni teorici

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a (NR-1), può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito. Si fa notare che solo i conduttori reali

contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

Dove μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto, NR è il numero dei conduttori, i la corrente, C_k il conduttore generico, $d\vec{l}$ un suo tratto elementare, r la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli.

Indicato con Q il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con P_k il punto dove il generico conduttore C_k interseca la sezione normale, e con I_k la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse z nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

Per il calcolo del campo elettrico, invece, si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove: λ = densità lineare di carica sul conduttore;

ϵ_0 = permittività del vuoto;

d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;

u_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore.

6.2. Metodo di calcolo

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto. Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al

paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;

Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;

Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (DPA).

Come già accennato il campo Elettrico, a differenza del campo Magnetico, subisce una attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato risultando nella totalità dei casi inferiore ai limiti imposti dalla norma.

Ai fini del presente studio si valuteranno i soli campi magnetici per tutte le apparecchiature elettriche costituenti l'impianto.

7. VALUTAZIONE PREVENTIVA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DELLE COMPONENTI DELL'IMPIANTO

7.1. Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione

Per tutto ciò che attiene la valutazione dei campi magnetici ed elettrici all'interno delle torri, essendo l'accesso ammesso esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il DPCM 8 luglio 2003.

Essendo le zone direttamente confinanti con l'impianto non adibite né ad una permanenza giornaliera non inferiore alle 4 ore né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni scuole, vanno verificati esclusivamente i limiti di esposizione. Non trovano applicazione, per le stesse motivazioni, gli obiettivi di qualità del DPCM 8 luglio 2003.

7.2. Aerogeneratore

L'aerogeneratore è costituito da un supporto metallico continuo (torre tubolare), a seconda dei casi appoggiata su una base tubolare realizzata in cemento armato precompresso prefabbricato o in metallo, alla cui estremità superiore è installata la "navicella", ossia il sistema di conversione dell'energia eolica in energia elettrica, costituito da:

- pale in materiale non metallico;
- albero di trasmissione;
- moltiplicatore di giri;
- generatore elettrico.

Il generatore elettrico è il più significativo componente che può indurre campi elettromagnetici.

Dato il basso valore della tensione in uscita dal generatore (0.69 kV) l'entità del campo elettrico è trascurabile mentre il campo magnetico può assumere valori di interesse esclusivamente nelle immediate vicinanze del generatore all'interno della navicella che è situata a circa 99 metri di altezza dal suolo.

Attorno alla navicella non sono presenti significativi campi elettromagnetici poiché nei moderni aerogeneratori i componenti meccanici e l'involucro esterno della navicella non sono

più realizzati con materiali metallici, come accadeva nei primi aerogeneratori.

Anche gli aerogeneratori – alla pari di qualsiasi altro ostacolo (naturale o antropico) - possono influenzare la propagazione di un campo elettromagnetico, quale quello delle onde radiotelevisive e delle telecomunicazioni. Gli effetti sono quelli di un’alterazione della qualità del collegamento, in termini di segnale-disturbo, e della forma del segnale ricevuto con eventuale alterazione dell’informazione.

Per quanto riguarda invece i collegamenti radio-televisivi, è necessario che gli aerogeneratori siano collocati fuori dal cono di trasmissione, soprattutto per comunicazioni con forte direzionalità; in particolare le interferenze degli aerogeneratori possono essere imputabili alla generazione di un locale campo magnetico dovuto al moto delle pale metalliche che interagisce con il campo magnetico delle onde radio-televisive. Tali interferenze sono state minimizzate con l’utilizzo di pale in materiale non metallico (p.e. vetroresina).

Comunque sia, il presente progetto sarà inoltrato all’Ispettorato Territoriale del Ministero delle Comunicazioni ed agli uffici militari competenti in materia di disturbo alle comunicazioni militari per una valutazione delle possibili interferenze elettriche.

7.3. Cabine elettriche interne all’aerogeneratore

Ogni aerogeneratore è dotato di una cabina elettrica (cabina di macchina) interna. Nei moderni aerogeneratori multimegawatt si possono riscontrare due diverse dislocazioni degli apparati elettrici di media tensione:

- a. il trasformatore BT/MT è ubicato nella navicella mentre i quadri a MT di protezione e sezionamento alla base della torre tubolare, come nel caso specifico;
- b. il trasformatore BT/MT, il quadro generale di bassa tensione e i quadri a MT di protezione e sezionamento ubicati insieme alla base della torre tubolare.

In entrambi i casi, è ormai certo sia in letteratura che nelle prove sperimentali condotte da diverse ARPA in Italia, che nelle cabine di trasformazione MT/BT l’emissione di campi elettrici e soprattutto magnetici è da attribuire al trasformatore e alle sbarre del quadro di bassa tensione.

La valutazione dei campi generati dal trasformatore parte da dati sperimentali su una taglia e tipo standard di trasformatore MT/BT per poi essere estesa con le dovute approssimazioni alla varia gamma di tipologie e potenze. Si riporta in tabella l’induzione magnetica prodotta da un trasformatore MT/BT in olio della potenza di 6000 kVA e tensione di corto circuito 6%.

Potenza trasformatore in olio	Distanza dal trasformatore				
	1 m	2 m	3 m	5 m	10 m
6000 kVA	200,662 [μ T]	28,813 [μ T]	9,258 [μ T]	2,215 [μ T]	0,863 [μ T]

Per un analogo trasformatore in resina valgono considerazioni simili.

Potenza trasformatore in resina	Distanza dal trasformatore				
	1 m	2 m	3 m	5 m	10 m
6000 kVA	334,4 [μT]	48,0 [μT]	15,4 [μT]	3,7 [μT]	1,44 [μT]

Considerando che il rapporto di trasformazione dei trasformatori dei moderni aerogeneratori è 30/0,69, le correnti nominali BT dei trasformatori in esame saranno il 44% più basse di quelle di un normale trasformatore MT/BT di distribuzione di pari potenza che ha rapporto 30/0,4 kV; ne consegue che anche i campi generati saranno più bassi di quelli delle tabelle.

Per quanto riguarda i campi elettrici questi sono nulli all'esterno considerando l'effetto schermante della carcassa dei trasformatori (trasformatori in olio), la schermatura del sistema LPS dell'aerogeneratore e della torre tubolare in acciaio.

Per la valutazione dei campi generati dalle sbarre di bassa tensione si ipotizza che le sbarre di bassa tensione contenute nel quadro BT disposte in piano distino l'una dall'altra D=15 cm e siano lunghe L=2 metri. Ad un metro di distanza dalle sbarre l'induzione magnetica assume il suo massimo valore¹:

$$B_{MAX} = \frac{0,346 * I * D * \sin(\arctg(\frac{L}{D}))}{1 + D^2} = 126,99 \mu T$$

Ovviamente bisogna tenere presente che le torri non sono accessibili al personale non autorizzato e quindi l'eventuale esposizione è limitata alle manovre di manutenzione, nei riguardi degli addetti ai lavori, qualificati ed attrezzati per tali interventi.

Il valore di campo magnetico diminuisce esponenzialmente (come per i trasformatori) e si riduce a pochi μT già a 5 m dalle sbarre. I risultati ottenuti trovano conferma in tantissimi studi e misure effettuate dalle diverse ARPA in Italia. A titolo di esempio uno studio di modellistica revisionale e di misure sul campo condotto dall'ARPA Emilia Romagna² ha verificato che già a 50 cm dalle pareti di una cabina MT/BT tipica della Distribuzione i campi magnetici sono inferiori ai 3 μT per scendere al di sotto di 0,2 μT a meno di 5 m dalle pareti. Risultati analogamente nei limiti di legge sono stati attenuti dalla Sezione ARPA di Ravenna³ con valori di campo magnetico subito all'esterno delle cabine che in media si attestano a 0,8 μT con picchi di 3,7 μT.

Ne consegue che nel caso a) la verifica dei limiti di legge è automaticamente verificata

¹ "La protezione dai campi elettromagnetici" – Prof. Paolo Vecchia – Ed. TNE 2003.

² "Modellistica previsionale applicata allo studio dei campi magnetici in prossimità di cabine di trasformazione elettrica (MT/BT)" - Bruni M., Frascetta M., Notari B., Sesti D., Violanti S., Casoli P., D'Angelo L., Martelli A. - 2006

³ Report delle attività di monitoraggio e controllo ambientale della Sezione Arpa di Ravenna - Anno 1997.

considerando che le sorgenti di emissione sono situate a oltre 100 metri di altezza.

Nel caso b) la situazione è molto simile a quella delle normali cabine di trasformazione MT/BT per le quali la letteratura, i calcoli effettuati e le prove sperimentali su citate, riportano il largo rispetto dei limiti di legge.

7.4. Determinazione dei campi magnetici

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, sono stati 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 posate "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

In dettaglio saranno simulati i seguenti tratti di cavidotto alla tensione nominale di 30 kV:

- S1: una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 400 mm² interrata ad una profondità di 1,20 m avente portata in servizio nominale pari a 121,5 A;
- S2: due terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione pari a 500 mm² e 630 mm² interrate ad una profondità di 1,20 m aventi portata in servizio nominale rispettivamente pari a 243,1 A e 364,6 A e una interdistanza di 40 cm;
- S3: tre terne di conduttori disposti a trifoglio di cui una di sezione 500 mm², e due di sezione 630 mm² interrate ad una profondità di 1,20 m e una interdistanza di 40 cm aventi portata in servizio nominale rispettivamente pari a 243,1 A, 364,6 A e 364,6 A;
- S4: quattro terne di conduttori disposti a trifoglio di cui una di sezione 500 mm², e tre di sezione 630 mm² interrate ad una profondità di 1,20 m e una interdistanza di 40 cm aventi portata in servizio nominale rispettivamente pari a 243,1 A, 364,6 A, 364,6 A, e 364,6 A;
- S5: cinque terne di conduttori disposti a trifoglio di cui una di sezione 500 mm², e quattro di sezione 630 mm² interrate ad una profondità di 1,20 m e una interdistanza di 40 cm aventi portata in servizio nominale rispettivamente pari a 243,1 A, 364,6 A, 364,6 A, 364,6 A, e 364,6 A;

Maggiori dettagli sulle correnti massime trasportate e le caratteristiche dei conduttori sono riportati in tabella 3.

I valori del campo magnetico sono stati misurati all'altezza dei conduttori (-1,20 m dal livello del suolo), al suolo e ad altezza dal suolo di 1,50 m. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.

S1 - una terna di conduttori disposti a trifoglio di sezione 400 mm² interrata ad una profondità di 1,2 m avente portata in servizio nominale 121,5 A

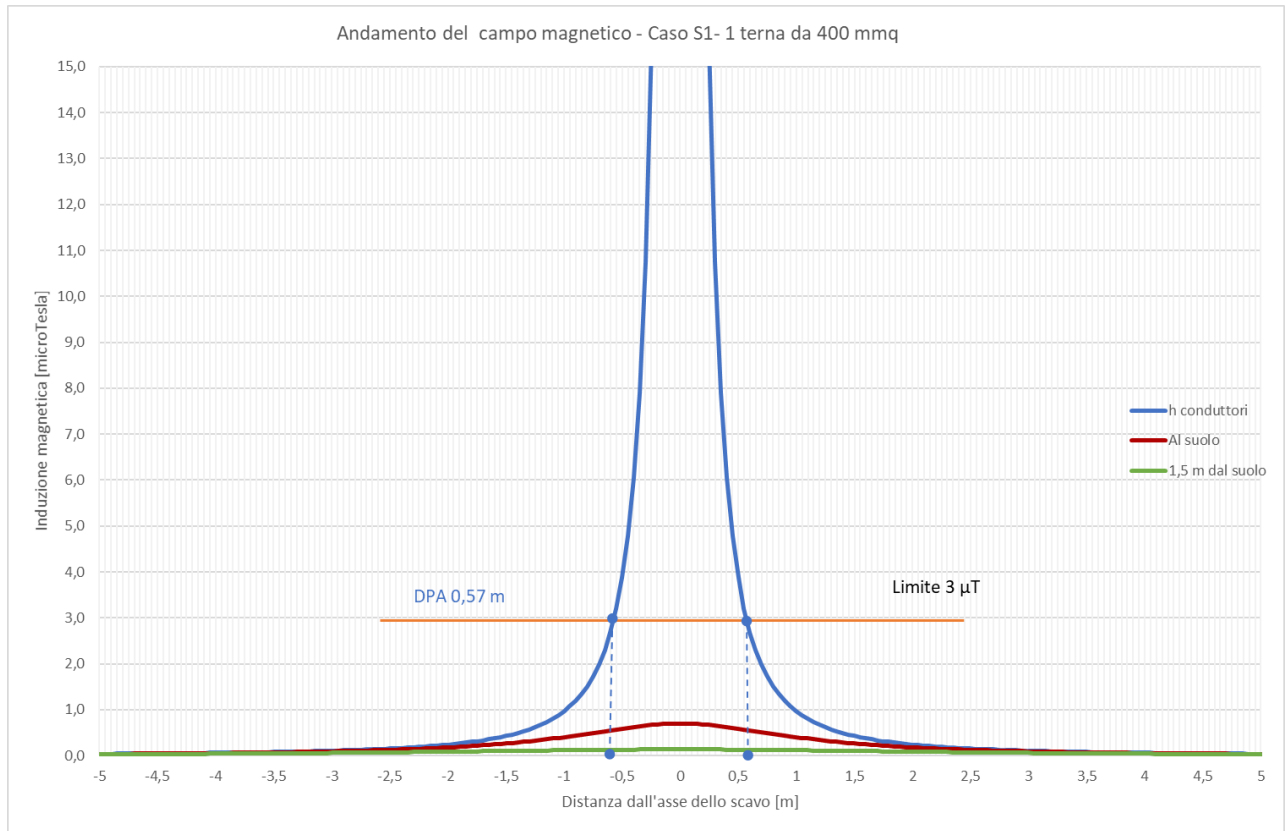


Figura 1: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S1

Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μT]	Al suolo [μT]	A 1,5 m dal suolo [μT]
-5	0,039	0,037	0,030
-4,5	0,048	0,045	0,035
-4	0,061	0,056	0,042
-3,5	0,079	0,071	0,050
-3	0,108	0,093	0,060
-2,5	0,155	0,127	0,072
-2	0,242	0,180	0,087
-1,5	0,430	0,266	0,103
-1	0,968	0,406	0,119
-0,5	3,872	0,592	0,131
0	914,975	0,699	0,135
0,5	3,872	0,592	0,131
1	0,968	0,406	0,119
1,5	0,430	0,266	0,103
2	0,242	0,180	0,087
2,5	0,155	0,127	0,072
3	0,108	0,093	0,060

3,5	0,079	0,071	0,050
4	0,061	0,056	0,042
4,5	0,048	0,045	0,035
5	0,039	0,037	0,030

Tabella 4: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S1

S2 - due terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione pari a 630 mm² interrato ad una profondità di 1,20 m, interdistanza di 40 cm e portata in servizio nominale rispettivamente di 243,1 A e 364,6 A

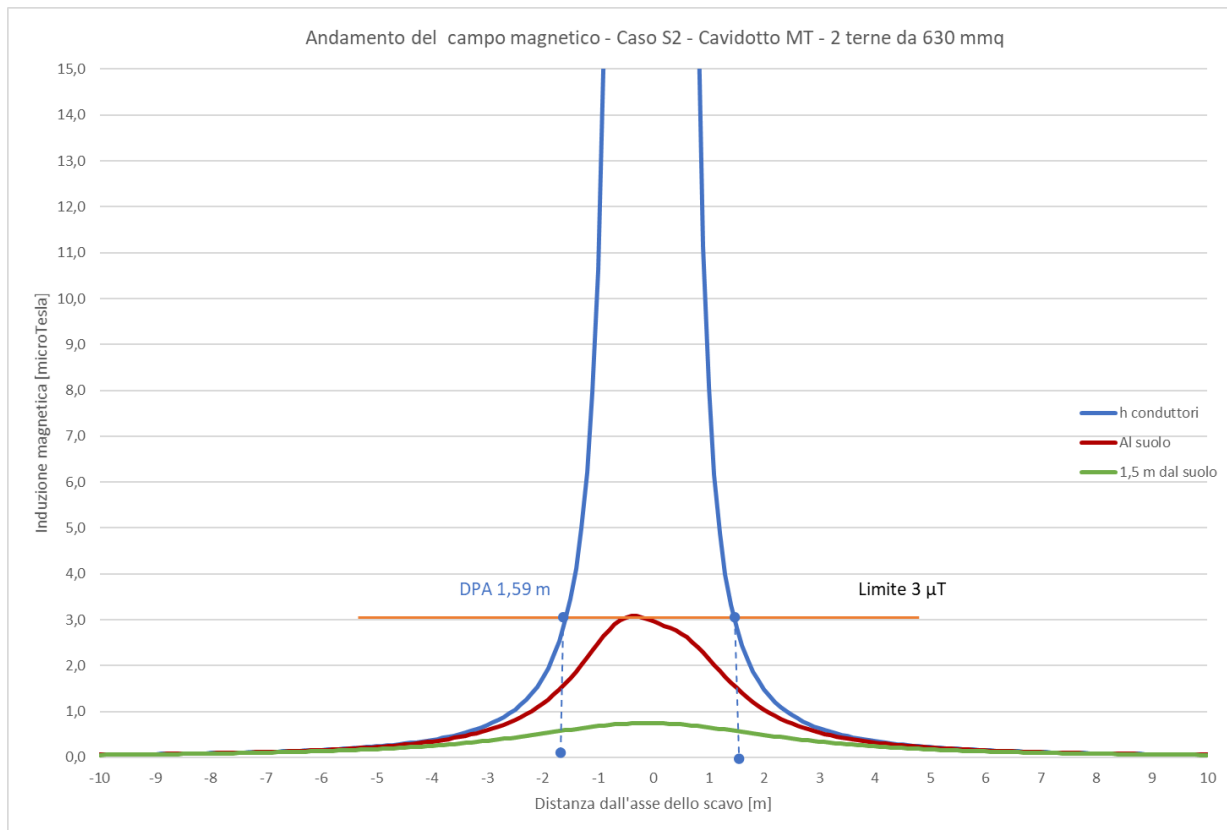


Figura 2: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S2

Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μT]	Al suolo [μT]	A 1,5 m dal suolo [μT]
-10	0,058	0,057	0,054
-9	0,072	0,071	0,066
-8	0,091	0,089	0,082
-7	0,120	0,116	0,104
-6	0,164	0,158	0,136
-5	0,239	0,226	0,183
-4	0,381	0,347	0,255
-3	0,702	0,593	0,364
-2	1,728	1,171	0,519
-1	10,634	2,488	0,683
0	35,242	2,966	0,746

1	8,068	2,153	0,655
2	1,482	1,040	0,490
3	0,632	0,541	0,343
4	0,352	0,323	0,241
5	0,225	0,213	0,174
6	0,156	0,150	0,130
7	0,115	0,111	0,100
8	0,088	0,086	0,079
9	0,069	0,068	0,064
10	0,056	0,055	0,053

Tabella 5: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S2

S3 - tre terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 630 mm² interrate ad una profondità di 1,20 m e una interdistanza di 40 cm aventi portata in servizio nominale rispettivamente pari a 243,1 A, 364,6 A e 364,6 A

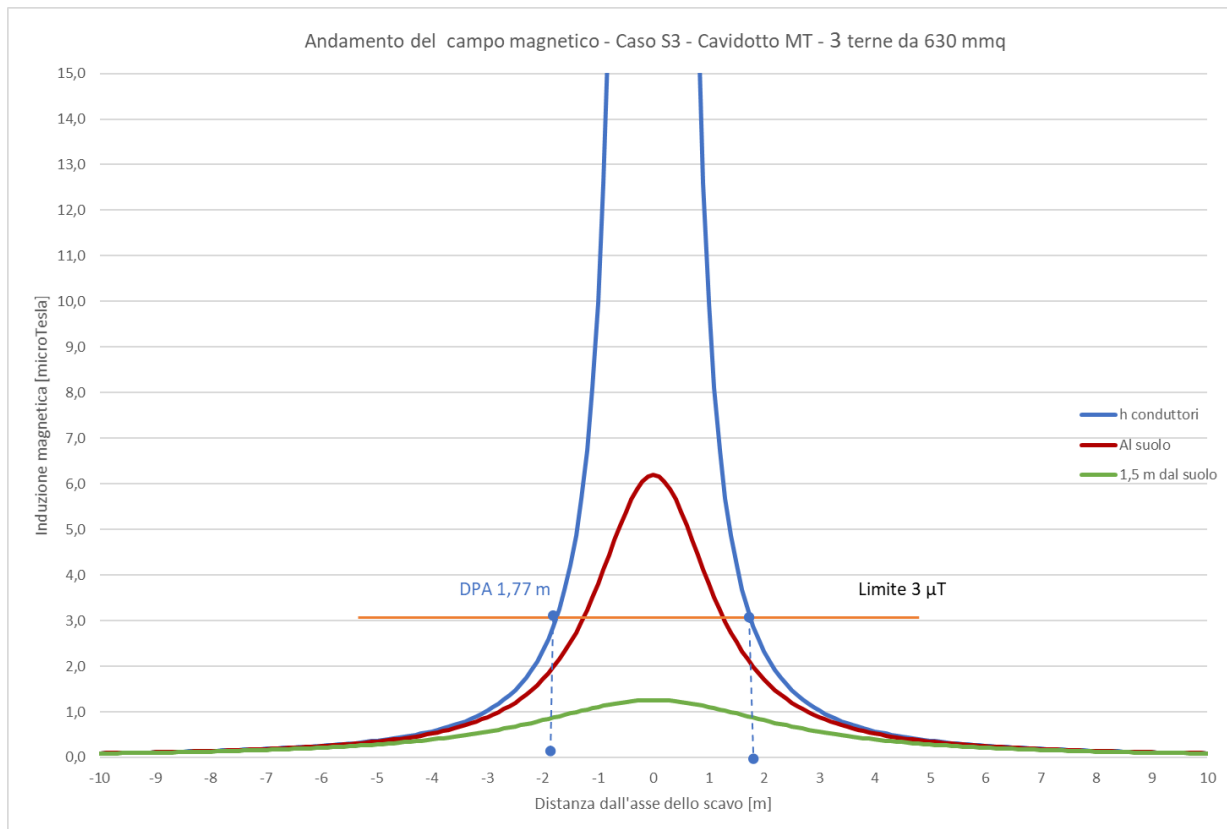


Figura 3: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S3

Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μT]	Al suolo [μT]	A 1,5 m dal suolo [μT]
-10	0,091	0,090	0,085
-9	0,112	0,111	0,103
-8	0,142	0,139	0,128
-7	0,186	0,181	0,162
-6	0,253	0,244	0,211

-5	0,365	0,346	0,284
-4	0,572	0,526	0,394
-3	1,021	0,883	0,564
-2	2,327	1,707	0,815
-1	9,977	3,806	1,108
0	1398,825	6,200	1,258
1	9,979	3,807	1,108
2	2,328	1,707	0,815
3	1,022	0,883	0,564
4	0,572	0,526	0,394
5	0,365	0,346	0,284
6	0,253	0,244	0,211
7	0,186	0,181	0,162
8	0,142	0,139	0,128
9	0,112	0,111	0,103
10	0,091	0,090	0,085

Tabella 6: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S3

S4 - quattro terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 630 mm² interrati ad una profondità di 1,20 m e una interdistanza di 40 cm aventi portata in servizio nominale rispettivamente pari a 243,1 A, 364,6 A, 364,6 A, e 364,6 A

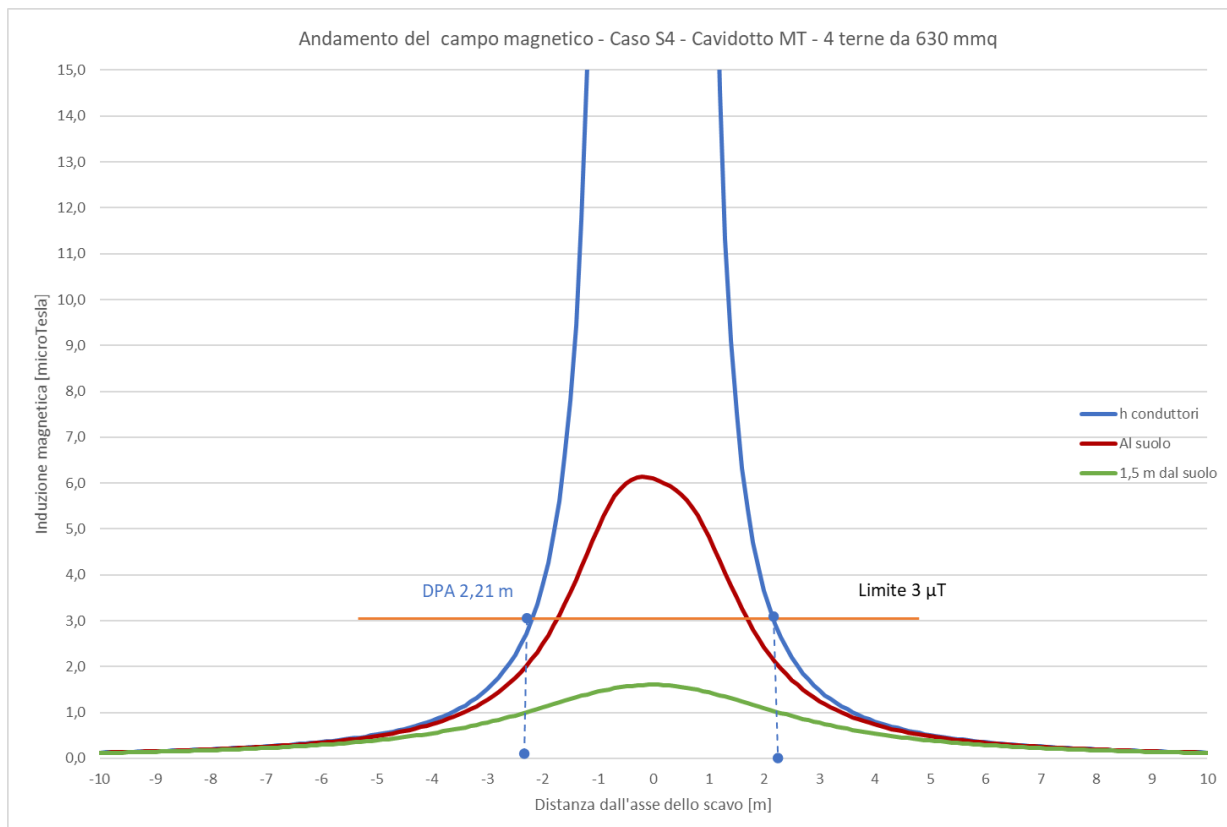


Figura 4: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S4

Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μ T]	Al suolo [μ T]	A 1,5 m dal suolo [μ T]
-10	0,126	0,125	0,118
-9	0,156	0,154	0,143
-8	0,198	0,194	0,178
-7	0,260	0,253	0,226
-6	0,356	0,342	0,294
-5	0,517	0,488	0,396
-4	0,822	0,749	0,550
-3	1,513	1,275	0,784
-2	3,769	2,494	1,111
-1	29,542	5,026	1,456
0	155,985	6,097	1,605
1	28,573	4,829	1,441
2	3,654	2,428	1,096
3	1,480	1,250	0,773
4	0,808	0,737	0,543
5	0,510	0,482	0,391
6	0,352	0,338	0,292
7	0,257	0,250	0,224
8	0,197	0,192	0,176
9	0,155	0,152	0,142
10	0,126	0,124	0,117

Tabella 7: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S4

S5 - cinque terne di conduttori disposti a trifoglio di sezione 630 mm² interrati ad una profondità di 1,20 m e una interdistanza di 40 cm aventi portata in servizio nominale rispettivamente pari a 243,1 A, 364,6 A, 364,6 A, e 364,6 A

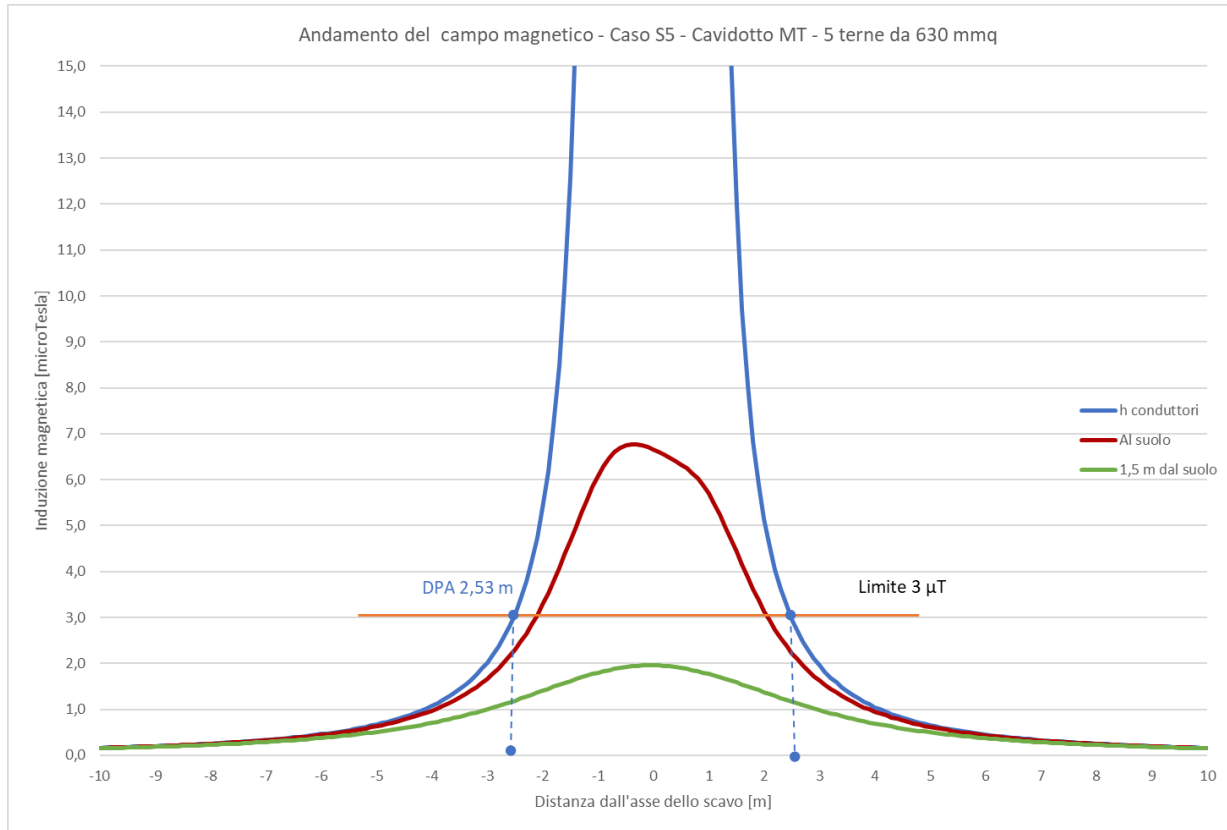


Figura 5: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S5

Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μT]	Al suolo [μT]	A 1,5 m dal suolo [μT]
-10	0,162	0,160	0,151
-9	0,200	0,197	0,184
-8	0,255	0,249	0,228
-7	0,334	0,325	0,290
-6	0,459	0,441	0,378
-5	0,671	0,632	0,509
-4	1,076	0,975	0,706
-3	2,023	1,674	1,003
-2	5,387	3,283	1,406
-1	100,114	6,088	1,801
0	2294,855	6,664	1,956
1	97,568	5,695	1,771
2	5,141	3,145	1,374
3	1,953	1,621	0,981
4	1,047	0,950	0,692
5	0,656	0,618	0,500

6	0,451	0,433	0,372
7	0,329	0,320	0,285
8	0,251	0,246	0,225
9	0,198	0,194	0,181
10	0,160	0,158	0,149

Tabella 8: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S5

8. DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in MT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame:

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONI [mm ²]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
S1	1	3x1x400	ARE4H5E	30	1
S2	2	3x1x630	ARE4H5E	30	2
		3x1x630	ARE4H5E	30	
S3	3	3x1x630	ARE4H5E	30	2
		3x1x630	ARE4H5E	30	
		3x1x630	ARE4H5E	30	
S4	4	3x1x630	ARE4H5E	30	3
		3x1x630	ARE4H5E	30	
		3x1x630	ARE4H5E	30	
		3x1x630	ARE4H5E	30	
S5	5	3x1x630	ARE4H5E	30	3
		3x1x630	ARE4H5E	30	
		3x1x630	ARE4H5E	30	
		3x1x630	ARE4H5E	30	
		3x1x630	ARE4H5E	30	

Tabella 9: Distanza di prima approssimazione per cavidotti di collegamento tra il parco eolico e la sottostazione 150/30 kV

In dettaglio si sono ottenuti i seguenti valori:

- **CASO S1** - Valore a 3 μ T: 0,57 m - Valore DPA: 1 m;
- **CASO S2** - Valore a 3 μ T: 1,59 m - Valore DPA: 2 m;
- **CASO S3** - Valore a 3 μ T: 1,77 m - Valore DPA: 2 m;
- **CASO S4** - Valore a 3 μ T: 2,21 m - Valore DPA: 3 m;
- **CASO S5** - Valore a 3 μ T: 2,53 m - Valore DPA: 3 m;

le cui DPA sono state calcolate con una approssimazione non superiore al metro così come indicato nel paragrafo 5.1.2 della guida allegata al DM del 29/05/2008.

9. SOTTOSTAZIONE ELETTRICA 150/30 KV

Nella sottostazione elettrica di utenza la tensione viene innalzata da 30 kV a 150 kV.

La sottostazione utente consiste nelle seguenti apparecchiature:

- Trasformatore AT/MT 150/30 kV e stallo trasformatore con apparecchiature di misura, controllo e protezione isolati in aria;
- Sistema di sbarre;
- Stallo di linea con apparecchiature di misura, controllo e protezione isolati in aria;
- collegamento in cavo interrato alla stazione a 380 kV della Rete elettrica nazionale tramite terna di cavi interrati;
- Opere civili contenenti i quadri MT di arrivo e protezione linee, protezione trasformatore e misura, i quadri BT di alimentazione servizi ausiliari, sistema di controllo da locale e da remoto, gruppo elettrogeno di soccorso.

L'area occupata dalla sottostazione è opportunamente recintata e tale recinzione comprende tutta una zona di pertinenza intorno alle apparecchiature, per permettere le operazioni di costruzione e manutenzione con mezzi pesanti. Per questo motivo nel Decreto 29-05-2008 del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, si evidenzia che generalmente la fascia di rispetto rientra nei confini della suddetta area di pertinenza, rendendo superflua la valutazione.

Le stazioni ad alta tensione sono caratterizzate da valori di campo elettrico ed induzione magnetica che dipendono, oltre che dall'intensità della corrente di esercizio, dalle caratteristiche degli specifici componenti presenti nella stazione stessa.

I valori più elevati del campo elettrico sono attribuibili al funzionamento dei sezionatori di sbarra (1,2 – 5 kV/m), mentre il valore più elevato di induzione magnetica è registrabile in corrispondenza dei trasformatori (6 – 15 μ T), valori che scendono in genere al di sotto persino degli obiettivi di qualità in corrispondenza della recinzione della stazione.

A scopo di esempio, di seguito, è riportata l'individuazione delle fasce di rispetto relative ad una cabina primaria di Enel, estratto dalle Linee guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'allegato al DM 29-05-2008).

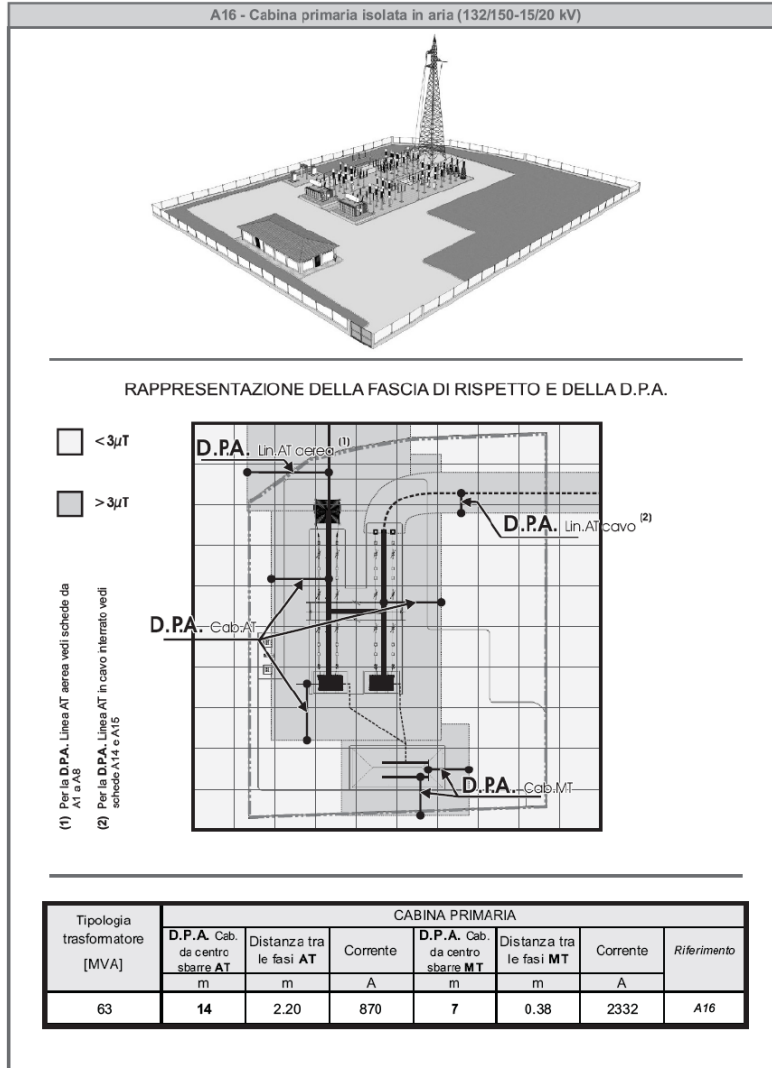


Figura 6: Esempio di fasce di rispetto relative ad una cabina primaria

Le aree esterne alla stazione ad alta tensione, quindi, sono caratterizzate da valori di induzione magnetica e di campo elettrico inferiori ai limiti normativi vigenti.

10. LINEA DI CONNESSIONE IN AT

La stazione elettrica di utenza, sarà collegata alla stazione Terna con una terna di cavi AT posati entro cavidotto interrato con posa in piano e ad una profondità di 1,5 m.

Nella tabella seguente sono riportati i dati principali del cavidotto.

Linea	Potenza trasmessa	Portata in servizio nominale	Sezione conduttore	Sezione schermo	Diametro cavo	Portata al limite termico del cavo ⁽²⁾
	[MW]	[A]	[mm ²]	[mm ²]	[mm]	[A]
Tra Sottostazione 150/30 kV e stazione di TERNA	225	911,6	3x1x1200	95	100	1235

(2) posa interrata a trifoglio e resistività del terreno $\rho=1 \text{ }^\circ\text{Cm/W}$ (valore ricavato dalla scheda tecnica del cavo)

Tabella 10: Caratteristiche dimensionale dei cavi in AT

Ai fini del dimensionamento dei cavi in AT e della valutazione dei campi magnetici, di seguito descritta, è stata considerata come potenza massima trasmessa un valore di 225 MW (potenza massima ammessa da TERNA per un singolo stallo).

I relativi valori di correnti risultano, quindi, molto sovradimensionati rispetto ai valori di corrente generati dalla presenza del solo impianto eolico, per tenere in considerazione eventuali ampliamenti futuri e la connessione di ulteriori produttori alla stessa sottostazione 150/30 kV.

10.1. Determinazione dei campi magnetici

Per la realizzazione del collegamento tra la sottostazione 150/30 kV e il futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN denominata "Foggia", sono stati considerati cavi in rame con schermo in alluminio avente sezione 1200 mm² posati entro cavidotto in piano ad una profondità di 1,5 m.

Maggiori dettagli sulle correnti massime trasportate e le caratteristiche dei conduttori sono riportati in tabella 6.

I valori del campo magnetico sono stati misurati all'altezza dei conduttori (-1,50 m), al suolo e ad un'altezza dal suolo di 1,50 m. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.

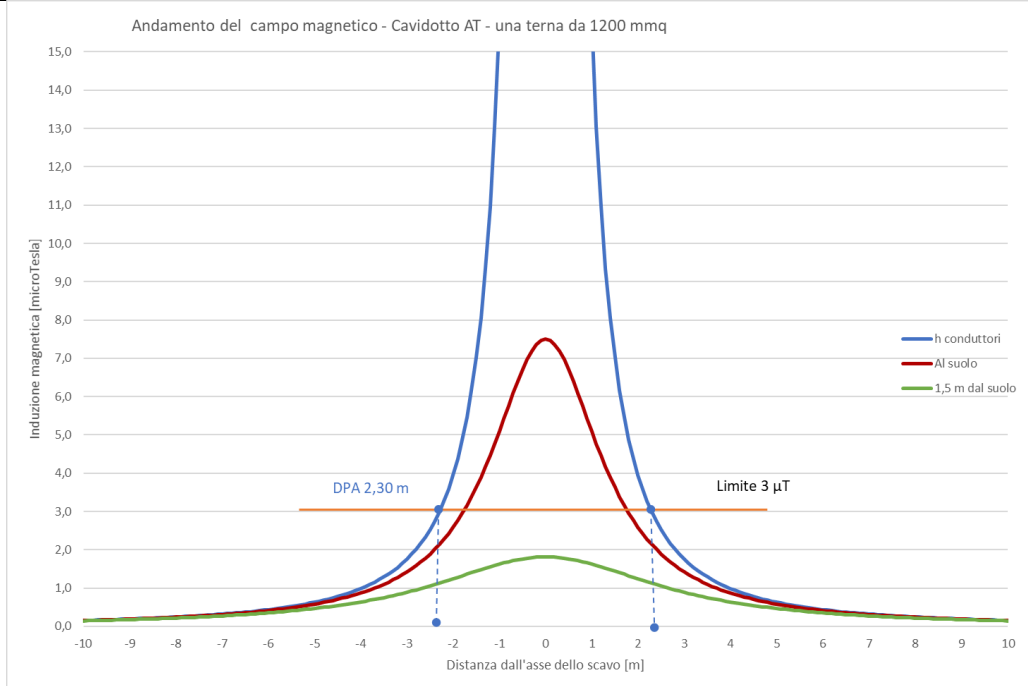


Figura 7: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa al cavidotto AT

Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [μ T]	Al suolo [μ T]	A 1,5 m dal suolo [μ T]
-10	0,158	0,155	0,145
-9	0,195	0,190	0,176
-8	0,247	0,239	0,217
-7	0,322	0,309	0,274
-6	0,439	0,414	0,353
-5	0,632	0,583	0,469
-4	0,987	0,872	0,639
-3	1,754	1,422	0,892
-2	3,947	2,588	1,243
-1	15,789	5,088	1,627
0	3157,875	7,501	1,814
1	15,789	5,088	1,627
2	3,947	2,588	1,243
3	1,754	1,422	0,892

4	0,987	0,872	0,639
5	0,632	0,583	0,469
6	0,439	0,414	0,353
7	0,322	0,309	0,274
8	0,247	0,239	0,217
9	0,195	0,190	0,176
10	0,158	0,155	0,145

Tabella 11: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa ai cavi AT

10.2. Distanze di prima approssimazione

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in AT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μ T. La distanza di prima approssimazione per il tratto di cavidotto preso in esame è pari a 3 m (valore di 3 μ T a 2,30 m), valore approssimato al metro così come indicato nel paragrafo 5.1.2 della guida allegata al DM del 29/05/2008.

11. CONCLUSIONI

La determinazione delle fasce di rispetto è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la summenzionata DPA. Dalle analisi e considerazioni fatte si può desumere quanto segue:

- I valori di campo elettrico si possono considerare inferiori ai valori imposti dalla norma (<5000 V/m) in quanto le aree con valori superiori ricadono all'interno delle recinzioni della sottostazione elettrica e dei locali quadri e subiscono un'attenuazione per effetto della presenza di elementi posti fra la sorgente e il punto irradiato;
- Per i cavidotti in media tensione la distanza di prima approssimazione non eccede il range di \pm 3 m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per la sottostazione elettrica 150/30 kV le fasce di rispetto ricadono nei confini della suddetta area di pertinenza rendendo superflua la valutazione secondo il Decreto 29-05-2008 del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare;
- Per il cavidotto in AT la distanza di prima approssimazione non eccede il range di \pm 3 m rispetto all'asse del cavidotto.

All'interno delle aree summenzionate delimitate dalle DPA non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative alla all'impianto eolico in oggetto, da realizzarsi nella Provincia di Lecce, nei territori comunali di Salice Salentino e Veglie e delle relative opere connesse da realizzare nei territori comunali di



Engineering & Construction



Via Napoli, 363/I – 70132 Bari – Italy
www.bfpgroup.net – info@bfpgroup.net
tel. (+39) 0805046361 – fax (+39) 0805619384
AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE
UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
OHSAS 18001:2007

GRE CODE

GRE.EEC.R.00.IT.P.12613.00.044.00

PAGE

27 di/of 27

Avetrana (TA), San Pancrazio Salentino (BR) ed Erchie (BR), rispetta la normativa vigente.
In fase esecutiva si valuterà la possibilità di ridurre ulteriormente le emissioni elettromagnetiche e quindi le DPA valutando soluzioni tecniche e di posa alternative e migliorative.