



# REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PROVINCE DI NUORO E SASSARI



COMUNE DI BITTI



COMUNE DI BUDDUSO'



## PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO "BITTI - TERENASS"

Potenza complessiva 37,2 MW

### PROGETTO DEFINITIVO

DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE  
INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

**PE-R.4**

*RELAZIONE VALUTAZIONE PREVISIONALE  
CAMPI ELETTROMAGNETICI  
AREA PRODUTTORE*

COMMITTENTE

**GREEN  
ENERGY  
SARDEGNA 2**

S.r.L.

**Piazza del Grano 3  
39100 Bolzano, Italia**

### GRUPPO DI LAVORO

Ing. Giorgio Floris: Coordinatore e progettista opere civili, elettriche e sottostazione

Geom. Michele Iai: Collaborazione progettazione parte civile, elettrica e sottostazione

Geom. Francesco Troncia: rilievi, elaborazioni grafiche e progettazione catastale

Dott. Geol. Fausto Pani: relazione paesaggistica - Sia - studio geologico  
simulazioni fotografiche

Dott. Maurizio Medda: relazione faunistica e piano di monitoraggio faunistico

Dott. For. Carlo Poddi: relazione pedo agronomica e vegetazionale

Dott. For. Carlo Poddi: relazione impatto acustico ante operam e bassa frequenza

Dott.ssa Archeo. Giuseppina Manca di Mores: relazione archeologica

Ing. Vincenzo Pinna: calcoli strutturali

Ing. Michele Losito, consulente scientifico Prof. Gianluca Gatto:  
relazione sui principali ponti radio nell'area del parco

Ce.Pi.Sar.: piano monitoraggio chiroterri

**SCALA:**

**FIRME**

Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	Prima emissione				Luglio 2020
01	Integrazioni MIBACT DG ABAP Serv.V prot.31225 data 27/10/2020 e DG Ambiente della RAS prot.95596 data 19/11/2020	Ing. Giorgio Floris	Ing. Giorgio Floris	Ing. Giorgio Floris	01/10/2021



**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

**Comuni di Bitti (Nuoro) e Buddusò (Sassari)**

**GREENENERGYSARDEGNA2**

**Green Energy Sardegna 2 Srl**

Piazza del Grano 3, Bolzano, P.IVA e Cod. Fisc. 02993950217

**PROGETTO DEL  
PARCO EOLICO “BITTI-TERENASS”,  
DELLE OPERE CONNESSE E  
DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**

**PE-R.4**

**Relazione valutazione previsionale campi elettromagnetici**

**Revisione 01 d.d. 1/10/2021**



## INDICE

<b>1.</b>	<b><i>Oggetto e scopo.</i></b> .....	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b><i>Riferimenti normativi e definizioni.</i></b> .....	<b>3</b>
<b>2.1.</b>	<b><i>Norme tecniche di riferimento</i></b> .....	<b>3</b>
<b>2.2.</b>	<b><i>Norme legislative e guide.</i></b> .....	<b>4</b>
<b>2.3.</b>	<b><i>Definizioni</i></b> .....	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b><i>Calcolo delle fasce di rispetto</i></b> .....	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b><i>Fasce di rispetto per il cavo interrato di media tensione</i></b> .....	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b><i>Fasce di rispetto per l'area di stazione AT Produttore</i></b> .....	<b>10</b>
<b>5.1.</b>	<b><i>Stallo Trasformatore</i></b> .....	<b>10</b>
<b>5.2.</b>	<b><i>Cavo AT interrato</i></b> .....	<b>10</b>
<b>5.3.</b>	<b><i>Fasce di rispetto per le zone trasformazione MT/BT</i></b> .....	<b>10</b>
	Calcolo distanza di prima approssimazione per trasformatori MT/BT .....	<b>10</b>
<b>6.</b>	<b><i>Risultati dello studio previsionale campi elettromagnetici</i></b> .....	<b>11</b>
	Considerazioni sui calcoli .....	<b>11</b>
	Campi magnetici .....	<b>11</b>
	Campi elettrici.....	<b>12</b>
	Campi elettrici e magnetici per la zona AT.....	<b>12</b>
	Campi ad alta frequenza .....	<b>12</b>



## 1. Oggetto e scopo.

Oggetto della seguente relazione è la valutazione previsionale dei Campi Elettromagnetici nelle aree MT/AT della stazione Produttore, situata in agro del Comune di Buddusò (SS), inerente all'impianto eolico previsto nei Comuni di Bitti (NU) e Buddusò (SS), di proprietà dalla Società Green Energy Sardegna 2 s.r.l. con sede legale in Piazza del Grano, 3, 39100, Bolzano.

La sottostazione del Produttore in oggetto verrà costruita nelle immediate vicinanze della futura Stazione Elettrica Buddusò GIS (*Gas Insulated Substation*) di TERNA.

Oltre le linee inerenti il sistema di produzione di energia rinnovabile della Società in oggetto, ci sono altre linee elettriche in categoria II e III, in particolare nella zona dell'area Gestore, ma non inerenti il progetto qui considerato, per le quali sono state già fatte le valutazioni e definite le zone di rispetto dai rispettivi proprietari.

In questo documento si valuteranno solamente i campi elettrico e magnetico determinati dalle nuove opere oggetto dei lavori per l'area Produttore.

Lo scopo è quello di effettuare la valutazione tramite modelli di calcolo dei livelli del campo elettrico e dell'induzione magnetica, indagando eventualmente in maniera più dettagliata ove è più elevata la permanenza di personale.

Verranno utilizzati i dati tecnici di progetto per la verifica previsionale con le distanze di prima approssimazione e di rispetto dei limiti normativi ai fini della protezione del personale di manutenzione, per effetto dell'esposizione ai campi elettromagnetici. In generale occorre riferirsi alla Direttiva 2013/35/UE, Direttiva EMF, che esamina l'esposizione ai Campi Elettromagnetici in tutto lo spettro delle frequenze, mentre per le basse frequenze (ELF), di fatto, è sufficiente riferirsi alla Direttiva quadro 89/391/CEE.

Lo studio è stato espressamente richiesto dalla Committenza per una valutazione previsionale di verifica dei livelli di riferimento legislativi, i risultati saranno poi confrontati con le misure strumentali effettuate in situ, individuando ove ci fossero dei superamenti, gli opportuni provvedimenti per riportare i livelli a valori normativamente accettabili.

## 2. Riferimenti normativi e definizioni.

### 2.1. Norme tecniche di riferimento

- CEI 211- 6. "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- CEI 211- 4. "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".
- CEI 106-10. Esposizione ai campi elettrico e magnetico nell'intervallo delle frequenze basse e intermedie - Metodi di calcolo della densità di corrente e del campo elettrico interno indotti nel corpo umano Parte 1: Aspetti generali
- CEI 106-11. "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo".



- CEI 106-12. Guida pratica ai metodi e criteri di riduzione dei campi magnetici prodotti dalle cabine elettriche MT/BT
- CEI 106-20 - CEI EN 50413 - Norma di base sulle procedure di misura e di calcolo per l'esposizione umana ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (0 Hz-300 GHz).
- CEI 106-23 - CEI EN 50499 - Procedura di valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici
- CEI 106-27 - CEI EN 62110 - Livelli di campo elettrico e magnetico generati da sistemi di potenza in c.a. - Procedure di misura con riferimento all'esposizione umana
- CEI 106-30 - CEI EN 50527-2-1. Procedura per la valutazione dell'esposizione ai campi elettromagnetici dei lavoratori con dispositivi medici impiantabili attivi Parte 2-1: Valutazione specifica per lavoratori con stimolatore cardiaco (pacemaker)

## **2.2. Norme legislative e guide.**

- Linee guida ICNIRP 2010 (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection): GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS (1Hz TO 100 kHz);
- Direttiva 2013/35/UE - Disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) (ventesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE) e che abroga la direttiva 2004/40/CE.
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici - Volume 1: Guida pratica
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici - Volume 2: Studi di casi
- Guida non vincolante di buone prassi per l'attuazione della direttiva 2013/35/UE relativa ai campi elettromagnetici - Guida per le PMI
- DLgs 159/2016 pubblicato nella GU 192 del 18/08/2016 entrato in vigore il 02/09/2016: recepisce la Direttiva UE 2013/35/UE
- D.Lgs. 81/08 (modifiche) Recepimento del DLgs 159/2019: con la sostituzione all'Allegato XXXVI degli articoli: 206, 207, 209, 210, 211, 212, 219, inserimento dell'art. 210 bis.
- Legge n. 36, del 22 febbraio 2001: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici". G. U. n. 55 del 7 marzo 2001.
- DPCM 8 luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"- G. U. n. 200 del 29 agosto 2003.



- Decreto 29 maggio 2008. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti. (Supplemento ordinario n.160 alla G.U. 5 luglio 2008 n. 156).
- Documento Enel - *Linee Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.2008*

## 2.3. Definizioni

Per specificare i valori limite di esposizione relativi ai campi elettromagnetici, a seconda della frequenza, sono utilizzate le seguenti grandezze fisiche:

- **Campi elettromagnetici:** campi elettrici statici e campi magnetici statici e campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo con frequenze sino a 300 GHz;
- **Effetti biofisici diretti**, effetti provocati direttamente nel corpo umano a causa della sua presenza all'interno di un campo elettromagnetico, che comprendono:
  - **effetti termici**, quali il riscaldamento dei tessuti a causa dell'assorbimento di energia dai campi elettromagnetici nei tessuti medesimi;
  - **effetti non termici**, quali la stimolazione di muscoli, nervi ed organi sensoriali.

Questi effetti possono essere di detrimento per la salute mentale e fisica dei lavoratori esposti. La stimolazione degli organi sensoriali può inoltre comportare sintomi transitori quali vertigini e fosfeni. Inoltre, tali effetti possono generare

disturbi temporanei o influenzare le capacità cognitive o altre funzioni cerebrali o muscolari e possono, pertanto, influire negativamente sulla capacità di un lavoratore di operare in modo sicuro;

- **Correnti negli arti.**

**effetti indiretti**, effetti provocati dalla presenza di un oggetto in un campo elettromagnetico, che potrebbe essere causa di un pericolo per la salute e sicurezza, quali:

- **interferenza** con attrezzature e dispositivi medici elettronici, compresi stimolatori cardiaci e altri impianti o dispositivi medici portati sul corpo;
- **rischio propulsivo** di oggetti ferromagnetici all'interno di campi magnetici;
- **innesci di dispositivi elettro-esplosivi** (detonatori);
- **incendi ed esplosioni** dovuti all'accensione di materiali infiammabili a causa di scintille prodotte da campi indotti, correnti di contatto o scariche elettriche;
- **correnti di contatto.**

**Valori limite di esposizione (VLE)**, valori stabiliti sulla base di considerazioni biofisiche e biologiche, in particolare gli effetti diretti acuti e a breve termine scientificamente accertati, ossia gli effetti termici e la stimolazione elettrica dei tessuti;

**VLE relativi agli effetti sanitari**, VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a effetti nocivi per la salute, quali il riscaldamento termico o la stimolazione del tessuto nervoso o muscolare;



**VLE relativi agli effetti sensoriali**, VLE al di sopra dei quali i lavoratori potrebbero essere soggetti a disturbi transitori delle percezioni sensoriali e a modifiche minori delle funzioni cerebrali;

Valori di azione (VA), livelli operativi stabiliti per semplificare il processo di dimostrazione della conformità ai pertinenti VLE e, ove appropriato, per prendere le opportune misure di protezione o prevenzione specificate nel presente capo.

Con riferimento al Dlgs 81/08 aggiornato, nell'allegato XXXVI, parte II:

- **per i campi elettrici, per VA inferiori e VA superiori** s'intendono i livelli connessi alle misure specifiche misure di protezione o prevenzione stabilite nel presente capo;
- **per i campi magnetici, per VA inferiori** s'intendono i valori connessi ai VLE relativi agli effetti sensoriali e per **VA superiori** i valori connessi ai VLE relativi agli effetti sanitari.

#### **Valori Limite di Esposizione e Valori di Azione**

Le seguenti grandezze fisiche sono utilizzate per descrivere l'esposizione ai campi elettromagnetici:

- **Intensità di campo elettrico E** è una quantità vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt a metro (V/m).
- **Corrente di contatto I<sub>c</sub>** è la corrente di contatto tra una persona e un oggetto è espressa in Ampere (A). Un conduttore che si trovi in un campo elettrico può essere caricato dal campo.
- **La corrente attraverso gli arti I<sub>L</sub>** è la corrente che attraversa gli arti di una persona esposta a campi elettromagnetici nella gamma di frequenza compresa tra 10MHz e 110 MHz a seguito del contatto con un oggetto in un campo elettromagnetico o del flusso di correnti capacitive indotte nel corpo esposto. È espressa in ampere (A).
- **Intensità di campo magnetico H** è una grandezza vettoriale che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere a metro [A/m].
- **Induzione magnetica B** è una grandezza vettoriale che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in **Tesla** [T]. Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione  $1 \text{ A/m} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$ .
- **Densità di potenza S**. Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in Watt per metro quadro è [W/m<sup>2</sup>].
- **Assorbimento specifico di energia SA**. È l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in Joule per chilogrammo (J/kg). Nel presente decreto esso si impiega per limitare gli effetti non termici derivanti da esposizioni a microonde pulsate.
- **Tasso di assorbimento specifico di energia SAR**. Si tratta del valore mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa di tessuto corporeo ed è espresso in Watt a chilogrammo [W/kg].
- **Il SAR a corpo intero** è una misura ampiamente accettata per porre in rapporto gli effetti termici nocivi dell'esposizione a radiofrequenze (RF). Oltre al valore del SAR mediato su tutto il corpo, sono necessari anche valori locali del SAR per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a partico-



lari condizioni di esposizione, quali ad esempio il caso di un individuo in contatto con la terra, esposto a RF dell'ordine di pochi MHz e di individui esposti nel campo vicino di un'antenna.

Tra le grandezze sopra citate, possono essere misurate direttamente l'induzione magnetica B, la corrente di contatto I<sub>c</sub>, la corrente attraverso gli arti I<sub>L</sub> le intensità di campo elettrico E e magnetico H e la densità di potenza S.

### **Effetti non termici**

#### **Valori Limite di Esposizione VLE**

Il VLE relativo agli effetti sensoriali è il quello applicabile in condizioni di lavoro normali (tabella A1) ed è correlato alla prevenzione di nausea e vertigini dovute a disturbi sull'organo dell'equilibrio, e di altri effetti fisiologici, conseguenti principalmente al movimento del soggetto esposto all'interno di un campo magnetico statico.

Il VLE relativo agli effetti sanitari in condizioni di lavoro controllate (tabella A1) è applicabile su base temporanea durante il turno di lavoro, ove giustificato dalla prassi o dal processo, purché siano state adottate misure di prevenzione di cui all'art.208 c.4 del decreto. I VLE per frequenze inferiori a 1Hz (tabella A1) sono limiti per il campo magnetico statico, la cui misurazione non è influenzata dalla presenza del soggetto esposto.

#### **Limiti di riferimento DPCM 8 luglio 2003**

Ove i VLE non vengano superati, non è necessario verificare l'assorbimento tramite il controllo tasso di assorbimento specifico SAR, in tali casi vale ancora la direttiva quadro 89/391/CEE, in questo caso rimangono validi i riferimenti legislativi facenti capo alla direttiva quadro.

Il DPCM dell'8 luglio 2003 stabilisce diversi criteri di valutazione dei campi elettromagnetici in prossimità di linee elettriche ad alta tensione e fissa i limiti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz. In particolare, viene fissato il valore di attenzione di 10 µT (microtesla) ovvero il valore di induzione magnetica che non deve essere superato nei luoghi definiti "a permanenza prolungata di persone". Questo valore è da intendersi con riferimento alla mediana nelle 24 ore.

Per una migliore composizione di quanto sintetizzato è importante distinguere il significato dei seguenti termini:

- La determinazione dei livelli di campo, elettrico e magnetico (CEM), in un luogo è elemento chiave per stabilire se il rischio esiste o no. Per dimostrazione le misure strumentali possono dare conferma di questo.
- L'intensità del CEM dipende dalla distanza dalla sorgente e di norma diminuisce rapidamente allontanandosi da quest'ultima. Per questo spesso, per assicurare la sicurezza delle persone, si utilizzano recinzioni, barriere o altre misure protettive che impediscano l'accesso non autorizzato ad aree dove i limiti di esposizione possono essere superati.
- In genere i limiti di esposizione sono diversi per il personale generico, in transito o presente occasionalmente e per i lavoratori specifici del settore elettrico.

Nella tabella e nei paragrafi seguenti sono indicate alcune definizioni fondamentali che tengono in conto queste considerazioni.



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 a lungo termine.
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 a lungo termine.

Tabella 1 - Limiti di riferimento DPCM 8 luglio 2003

I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali. L'impatto magnetico dovuto alle linee elettriche aeree percorse da corrente è determinato dai seguenti fattori:

- La corrente circolante nei conduttori;
- La disposizione delle fasi;

Le distanze per il rispetto dei limiti sono determinate singolarmente. Il DPCM 8 Luglio 2003 e gli altri riferimenti legislativi, fissano i limiti seguenti di esposizione nei confronti dei campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti eserciti alla frequenza di 50 Hz.

#### Campi elettrici

- Limiti di esposizione per i campi elettrici di **5 kV/m** da non superare mai in alcuna condizione di presenza della popolazione civile.

#### Campi magnetici

- **100  $\mu$ T** sono i limiti di esposizione per i campi magnetici da non superare mai in alcuna condizione di contiguità con la popolazione;
- **10  $\mu$ T** è il valore di attenzione, che si assume per l'induzione magnetica a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio (Rif. D. p. c. m. 3 Luglio 2003).
- **3  $\mu$ T** sono i limiti di esposizione per i campi magnetici nelle aree con permanenze di persone di almeno 4 ore giornaliere (valore di attenzione) per i nuovi elettrodotti (obiettivo di qualità).

#### Fascia di Rispetto

E' lo spazio circostante un generico elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del suolo, caratterizzati da un valore di induzione magnetica maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3 $\mu$ T).

#### Distanza di prima approssimazione (DPA)

E' la distanza in pianta, al livello del suolo, della proiezione, a partire dal centro della linea, della regione in cui l'induzione magnetica raggiunge il valore di 3  $\mu$ T; tale zona può essere vista in sezione come una ellisse o un cerchio a seconda della disposizione geometrica dei conduttori.

### 3. Calcolo delle fasce di rispetto

Per il calcolo accurato delle fasce di rispetto, sono utilizzati i seguenti dati:

- Portata di corrente in servizio normale;
- Numero e tipologia dei conduttori (diametro e materiali), geometria della disposizione;



- Condizioni di fase relative alle correnti nei conduttori;
- Profondità/altezza dei conduttori rispetto al suolo.

Il modello di calcolo regolato dalla norma CEI 106-11 è quello previsto dalla legge di Biot-Savart, la quale calcola il valore dell'induzione magnetica su un piano trasversale alla linea (aerea o interrata), quindi su due sole dimensioni. Questo considera la stima dell'induzione magnetica di ciascun conduttore percorso da corrente e l'applicazione successiva della sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale. Le ipotesi di calcolo, prevedono che i conduttori siano considerati rettilinei, orizzontali, indefinitamente lunghi e paralleli fra loro; che le correnti siano considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori. Non sono prese in considerazione le correnti indotte negli schermi (linee in cavo interrato), e viene assunto che il suolo sia perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico.

Le varie tipologie di elettrodotto sono riportate nel seguito, assieme alle formule da utilizzare per la valutazione del CEM. Nello specifico, riferendoci alla conoscenza della induzione magnetica, una volta ottenute le componenti sul piano  $B_x$  e  $B_y$  (il modello è bidimensionale, componente  $B_z$  nulla), si applica la seguente formula per determinare l'induzione magnetica complessiva:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad [\mu T]; (1)$$

Per i calcoli si è utilizzato un software specialistico BECALC in grado di applicare rapidamente le formule e di visualizzare graficamente il risultato.

#### 4. Fasce di rispetto per il cavidotto interrato di media tensione

A i fini della valutazione previsionale, vanno individuate le sezioni più significative, possibilmente cautelative, per procedere alla rappresentazione dei valori, in particolare della induzione magnetica, delle diverse aree.

La rete MT prevista per la raccolta dell'energia elettrica proveniente dal Parco Eolico, sarà realizzata con una tipologia di cavo in categoria II,  $U_0/U$  18/30 kV posato a trifoglio. La configurazione più sfavorevole dal punto di vista dei campi elettromagnetici, e quindi considerata in questo studio in via cautelativa, è quella in cui la dorsale trasporta l'energia prodotta dalle 11 WTG utilizzando solo 2 delle 4 terne posate. Ciò potrà verificarsi in caso di guasto simultaneo di 2 dorsali e riconfigurando l'impianto grazie alla cabina di smistamento.

Si fa presente che la condizione di normale esercizio, ovvero l'intera potenza ripartita su 4 terne, è meno gravosa dal punto di vista elettromagnetico.

In via maggiormente cautelativa, si ipotizza una portata di 700A per ogni terna ed una profondità di posa pari ad 1 metro.

Calcolando l'induzione magnetica nelle condizioni sopra esposte, emerge che a circa 1,8m dall'asse dell'elettrodotto, i valori sono inferiori alla soglia di 3  $\mu T$ . La DPA viene pertanto approssimata a 2m e la fascia di rispetto in corrispondenza di cavidotti costituiti da più terne di cavi verrà assunta pari a 4m a cavallo dell'asse del cavidotto stesso.

Nel caso di cavidotti costituiti da una singola terna, in accordo alla formula semplificata della norma CEI 106-11, si ottengono le seguenti DPA:



Tipologia cavidotto	Portata considerata [A]	Profondità di posa considerata [m]	R0 (distanza alla quale il limite 3 µT è rispettato) [m]	DPA [m]
3x1x300 mm <sup>2</sup>	470	1	0,86	1
3x1x630 mm <sup>2</sup>	700	1	1,47	2

## 5. Fasce di rispetto per l'area di stazione AT Produttore

### 5.1. Stallo Trasformatore

Nel funzionamento ordinario a 37,2MW la corrente prevista per lo stallo trasformatore a 150kV non è superiore a 216A. La distanza dal centro delle sbarre a cui corrisponde il limite di 3 µT è calcolato secondo la formula della norma CEI 106-11 :  
 $d=0.34\sqrt{(S*I)}$

Dove:

- d= distanza dal baricentro delle sbarre a cui corrispondono 3 µT;
- S= distanza fra le sbarre (pari a 2,2m)
- I= corrente prevista

Il risultato del calcolo, pari a 7.4 metri, viene approssimato e la DPA è assunta pari ad 8 metri. La DPA dello stallo trasformatore 150kV è quindi compresa nel confine perimetrale della sottostazione di trasformazione.

### 5.2. Cavo AT interrato

Le opere condivise dai due impianti connessi in condominio AT, tra le quali il cavidotto di alta tensione, vengono autorizzate dalla società Green Energy Sardegna 2 nell'ambito del progetto "Bitti Area PIP" e non sono quindi trattate dettagliatamente nel presente progetto.

### 5.3. Fasce di rispetto per le zone trasformazione MT/BT

#### Calcolo distanza di prima approssimazione per trasformatori MT/BT

Anche in questo caso deve essere verificato il rispetto delle norme legislative e tecniche; nello specifico il **DM 29/05/08** individua un metodo approssimato di calcolo attraverso la determinazione della distanza di prima approssimazione  $D_{PA}$  secondo la seguente formula:

$$D_{PA} = 0,40942 \cdot \sqrt{I} \cdot x^{0,5241} \text{ [m]; (8)}$$

Dove:

- I è la corrente nominale secondaria del trasformatore;
- x è il diametro dei cavi in uscita dal trasformatore.



La formula è stata ricavata considerando un sistema trifase, percorso da una corrente pari a quella nominale del trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi in uscita dal trasformatore stesso. Tale procedimento può essere applicato a cabine o locali con trasformatori con potenza apparente di 250 - 400 - 630 kVA.

La tabella seguente è quella contenuta nel documento Enel - *Linee Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.2008*. In essa sono riportate la distanza di prima approssimazione per le taglie, sopra elencate, dei trasformatori MT/BT, nel caso si abbia un diametro del conduttore di circa 0,04 m.

Potenza trasformatore [kVA]	Corrente al secondario [A]	D.P.A. [m]	
		Esatta	Approssimata
250	361	1,43	1,50
400	723	2,03	2,00
630	909	2,28	2,50

Tabella 2 - Distanze di Prima Approssimazione per Trasformatori con tensione secondaria 400 V

Il trasformatore per gli ausiliari previsto nell'edificio di Stazione è da 100 kVA, con una tensione secondaria 400 V, per cui la sua corrente nominale BT è di 160 A, meno della metà di quella del trasformatore da 250 kVA in tabella, (361 A), per cui la DPA di 1,5 m è cautelativa.

Si deve inoltre considerare che, la zona accessibile intorno al trasformatore, è di transito e non di permanenza di persone, essa potrà essere occasionalmente occupata da personale operativo nei momenti di controllo, manutenzione ed attività eseguite comunque nel rispetto dei programmi di sicurezza, valutata nella globalità dei rischi professionali aziendali.

All'interno dei locali di stazione, ci sono alcune altre zone con valori potenzialmente più elevati di  $3 \mu\text{T}$ , tali zone sono molto ristrette e sono riservate al personale elettrico, per i quali i tempi di esposizione sono definiti nei rispettivi documenti di valutazione dei rischi aziendali DVR.

Anche in questa zona, i valori previsionali di questo documento, come già evidenziato, sono sovrastimati, con riferimento ai livelli effettivi di esposizione.

## 6. Risultati dello studio previsionale campi elettromagnetici

### Considerazioni sui calcoli

#### Campi magnetici

Per quanto evidenziato nei calcoli, i livelli d'induzione magnetica, corrispondenti ai valori di corrente presunta circolanti nei conduttori, confermano che i limiti fuori dalle fasce di rispetto, convenzionalmente accettate, sono al di sotto delle soglie di riferimento dei riferimenti legislativi.

Le previsioni dei limiti d'esposizione sono state effettuate con riferimento a condizioni cautelative, prendendo per la sezione MT un valore di corrente corrispondente alla corrente nei conduttori, coerente con la corrente nominale della macchina di stazione, di fatto gli impianti lavorano, statisticamente con valori inferiori a quelli di progetto.



Per quanto concerne la valutazione dei campi al suolo, nella zona di transito delle linee in media tensione, non vengono mai superati i limiti massimi consentiti di campo magnetico ( $10\mu\text{T}$ ).

Per quanto riguarda il valore obiettivo di qualità dell'induzione magnetica pari a  $3\mu\text{T}$ , come limite in luoghi con permanenze di persone di almeno 4 ore giornaliere (valore di attenzione), è sempre verificato a distanze dall'asse linea, maggiori delle distanze individuate dalla DPA definita in base ai criteri del Decreto 29.05.08.

### **Campi elettrici**

Per i campi elettrici, considerati i livelli di tensione, la disposizione dei conduttori e gli schermi delle varie parti presenti nelle zone di impianto, considerando sia i modelli disponibili sulla letteratura tecnica, sia i calcoli effettuati, nelle aree operative generiche non vengono superati i valori limite di  $5\text{ kV/m}$ .

### **Campi elettrici e magnetici per la zona AT**

Nella parte AT, in aria, alcune zone, hanno valori al di sopra di  $3\mu\text{T}$ , tali zone, sono accessibili solo al personale di manutenzione. Valori di induzione magnetica al di sopra di  $3\mu\text{T}$ , dovute ad eventuali necessità di interventi in prossimità, dovranno essere transitori, con tempi di esposizione al di sotto di quelli per la SAR.

E' comunque opportuno, come richiesto dal D.Lgs 81/08, per conoscere i valori effettivi dell'induzione magnetica e del campo elettrico, effettuare una serie di misure, post operam, nei punti più significativi, delle aree ove il personale può trovarsi ad operare con una certa frequenza.

### **Campi ad alta frequenza**

La Committenza intende posizionare un'antenna 4G/5G per servizi di supervisione, monitoraggio e sorveglianza. Per queste non si prevedono simulazioni di calcolo con il software disponibile, poiché la posizione, la polarizzazione e la potenza di tali antenne, secondo i modelli di irraggiamento, non risulta generare campi al di sopra dei limiti ammissibili, nei punti di permanenza del personale.

Anche in questo caso, dopo realizzazione dell'impianto, è comunque opportuno effettuare una serie di misure strumentali, sui campi elettromagnetici ad alta frequenza, atte a rilevarne i valori effettivi per confrontarli con le soglie ammissibili dei valori di riferimento legislativi.