



# Comune di SAN DONACI (BR)

## PROGETTO DEFINITIVO

### Impianto agrovoltaico "San Donaci"

della potenza di 30 MW in AC e 31,266 MW in DC

#### COMMITTENTE:



**ELIOS SRL**

Via Vincenzo Gioberti, 11

76123 Andria (BT)

P.I.: 08422270721

e-mailpec: societaeliossrl@pec.it

#### PROGETTAZIONE:



TÈKNE srl

Via Vincenzo Gioberti, 11 - 76123 ANDRIA

Tel +39 0883 553714 - 552841 - Fax +39 0883 552915

www.gruppotekne.it e-mail: contatti@gruppotekne.it



#### PROGETTISTA:

Dott. Ing. Renato Pertuso  
(Direttore Tecnico)

#### LEGALE RAPPRESENTANTE:

dott. Renato Mansi

#### CONSULENTE:

Dott. Ing. Pasquale Fantasia



# PD

PROGETTO DEFINITIVO

## RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI

Tavola:

# RE09

Filename:

TKA625-PD-RE08-Valutazione archeologica preliminare-R0.pdf

Data 1°emissione:

Aprile 2022

Redatto:

P. FANTASIA

Verificato:

G. PERTUSO

Approvato:

R. PERTUSO

Scala:

Protocollo Tekne:

n° revisione	1			
	2			
	3			
	4			

TKA625\_2020

## INDICE

<u>1. <i>PREMESSA, DESCRIZIONE DEI LUOGHI E INDIVIDUAZIONE DELLE SORGENTI CEM</i></u>	<u>2</u>
<u>2. <i>DISPOSIZIONI LEGISLATIVE E NORMATIVE DI SETTORE:</i></u>	<u>2</u>
<u>a. <i>esposizione della popolazione</i></u>	<u>2</u>
<u>b. <i>esposizione professionale</i></u>	<u>4</u>
<u>3. <i>Disposizioni Specifiche per Lavoratori Portatori di Protesi o Dispositivi Elettronici Impiantati</i></u>	<u>5</u>
<u>4. <i>Identificazione dei Luoghi e delle Sorgenti CEM</i></u>	<u>7</u>
<u>5. <i>ANALISI DELL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO</i></u>	<u>12</u>
<u>6. <i>METODOLOGIA DI MISURA del fondo CEM e STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</i></u>	<u>19</u>
<u>7. <i>RISULTATI DELLE MISURE DI CAMPI ELETTROMAGNETICI</i></u>	<u>19</u>
<u>8. <i>ANALISI DELL'ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI E CONCLUSIONI</i></u>	<u>21</u>

## ELENCO ALLEGATI

- A. Normativa di riferimento
- B. Certificato di calibrazione e taratura strumentazione utilizzata
- C. Effetti dei campi elettromagnetici sugli esseri umani
- D. Stralcio Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" di ENEL DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI QSA/IUN

---

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	<b>DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA</b> IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA <b>VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE</b>	<b>1/22</b>

---

## 1. PREMESSA, DESCRIZIONE DEI LUOGHI E INDIVIDUAZIONE DELLE SORGENTI CEM

A seguito di incarico ricevuto da Tèkne S.r.l., il sottoscritto Dott. Ing. Pasquale Fantasia, iscritto all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Bari al n°6178, nonché all'Albo dei Consulenti Tecnici del Tribunale di Bari al n°2097, ha condotto indagini e misure finalizzate all'analisi dell'impatto ambientale e dei livelli di esposizione ai campi elettromagnetici generati dal realizzando impianto agro-voltaico installato su strutture metalliche ancorate su terreno agricolo nel comune di San Donaci (BR), tra le località "Masseria Sierrì" e "Masseria Nuova", riportata in Catasto Terreni al foglio 22 e particelle 1-15-109-173-185-415-416-417-418-419-420 e delle relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie per la realizzazione dell'impianto stesso, ossia le cabine di utenza e le cabine di raccolta con relativi raccordi a mezzo di cavidotti alla RTN c/o la Stazione elettrica. Detto impianto avrà una potenza nominale pari a 31,26 MW in DC e **30 MW in AC** e sarà realizzato così come dettagliatamente specificato nel Progetto Definitivo prodotto dalla Tekne ed a firma dell'Ing. Renato Pertuso a cui questa relazione fa riferimento per i dati tecnici. La presente relazione, quindi, è propedeutica alla valutazione dell'impatto elettromagnetico prodotto dalle cabine elettriche di trasformazione e consegna, e dalle linee interrate che costituiscono l'intero impianto fino al conferimento nella Stazione Primaria del gestore nazionale.

## 2. DISPOSIZIONI LEGISLATIVE E NORMATIVE DI SETTORE:

### A. esposizione della popolazione

A livello nazionale la norma di riferimento in materia di inquinamento elettromagnetico è rappresentata dalla **Legge n°36 del 22/02/2001** ("*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*"),

Tale Legge oltre a stabilire le competenze in materia di Stato, Regioni e Province, introduce i concetti di **limite di esposizione**, di **valore di attenzione** e di **obiettivi di qualità**: i primi due rappresentano i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico che rispettivamente non devono essere superati in situazione di esposizione acuta e di esposizione prolungata, mentre gli obiettivi di qualità comprendono tutte le prescrizioni che consentono una progressiva minimizzazione dell'esposizione ai suddetti campi. Detti valori vengono definiti in due decreti attuativi successivi emanati uno nel luglio 2003 (**D.P.C.M. 8/07/2003**), l'altro nel maggio 2008 (**D.M. 29 maggio 2008** - "*Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*") ed hanno lo scopo di stabilire la procedura da adottarsi per la determinazione delle **fasce di rispetto e distanze di prima approssimazione (DPA)** pertinenti alle **linee elettriche aeree e interrate** e delle **cabine, esistenti e in progetto**.

Per maggiori informazioni sugli **Effetti dei campi elettromagnetici sugli esseri umani** si veda l'**Allegato C** di questa relazione. Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	2/22

– All’art.3 comma 1: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l’induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

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

– Art.4 comma 1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l’infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell’esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l’obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell’induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell’arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. Lo stesso DPCM, all’art. 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all’obiettivo di qualità ( $B=3\mu$ T) di cui all’art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente  $n$  servizio normale. L’allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale sia la fascia di rispetto nello spazio circostante l’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. Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell’induzione magnetica.

I **valori ed i limiti** stabiliti su tutto il territorio nazionale sono riportati nella seguente tabella:

<i>Frequenza 50 Hz</i>	<i>Intensità di Campo Elettrico E</i>	<i>Induzione Magnetica B</i>
<b>Limite di esposizione</b> <i>(da non superare mai)</i>	5,000 V/m	<b>100 <math>\mu</math>T</b>
<b>Valore di attenzione</b> <i>(da non superare nei luoghi adibiti a permanenze superiori a 4 ore/giorno)</i>	Non previsto	<b>10 <math>\mu</math>T</b>
<b>Obiettivo di qualità</b> <i>(da non superare per i nuovi elettrodotti/cabine o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti/cabine esistenti)</i>	Non previsto	<b>3 <math>\mu</math>T</b>

Fare riferimento all’ Allegato - A per dettaglio descrizione valori da rispettare

I limiti di esposizione sono stati introdotti a tutela della salute umana contro l’insorgenza degli effetti acuti, immediatamente conseguenti all’esposizione, mentre i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità hanno l’intento di tutelare la popolazione da eventuali effetti a lungo termine sulla salute umana.

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	3/22

## B. esposizione professionale

In considerazione della possibile presenza di personale tecnico a vario titolo all'interno dell'impianto sia in fase di esecuzione che di esercizio, e quindi di agricoltori, lavoratori non professionalmente esposti ma equiparabili, di seguito si riporta una tabella indicante i valori di azione per diverse grandezze che dovranno essere verificate nel caso di lavoratori esposti:

Tab. 1: Valori di azione.

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico o $E(V/m)$	Intensità di campo magnetico o $H(A/m)$	Induzione magnetica $B (\mu T)$	Densità di potenza di onda piana $S_{eq} (W/m^2)$	Corrente di contatto, $I_c (mA)$	Corrente indotta attraverso gli arti $I_L(mA)$
0 - 1 Hz	/	$1,63 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	/	1,0	/
1- 8 Hz	20000	$1,63 \times 10^5 / f^2$	$2 \times 10^5 / f^2$	/	1.0	/
8 - 25 Hz	20000	$2 \times 10^4 / f$	$2,5 \times 10^4 / f$	/	1,0	/
0,025 - 0,82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	/	1,0	/
0,82 - 2,5kHz	610	24,4	30,7	/	1,0	/
2,5 - 65kHz	610	24,4	30,7	/	$0,4f$	/
65 - 100kHz	610	$1600 / f$	$2000 / f$	/	$0,4f$	/

"f" è la frequenza espressa nelle unità indicate nella colonna relativa all'intervallo di frequenza.

Considerato che la frequenza della corrente  $f = 0,050$  kHz, risultano i seguenti valori di riferimento per l'esposizione dei lavoratori:

- Intensità del campo elettrico: 10 kV/m
- Intensità del campo di induzione magnetica: 500  $\mu T$

Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti limiti di esposizione dettati dal CAPO IV (Protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a campi elettromagnetici) del **D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 (Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro)** all'Articolo 209 - Valutazione dei rischi e identificazione dell'esposizione, così come modificato dal recente **Decreto Legislativo 1 agosto 2016, n. 159 (GU n.192 del 18/08/2016, in vigore dal 02/09/2016)**.

Il valore massimo della tensione di esercizio presente nell'impianto, pari a 36 kV per la linea AT di allaccio, è tale che i corrispondenti limiti di esposizione al campo elettrico (10kV/m) sono raggiunti a distanze dai conduttori già reclusi all'accesso.

**Nel seguito della relazione l'analisi pertanto sarà concentrata sulla dimostrazione del rispetto del limite di azione di 500  $\mu T$  per il campo di induzione magnetica, relativamente alle aree il cui accesso è limitato al personale esposto per ragioni professionali, altresì si è proceduto parimenti alla valutazione dell'esposizione tenendo come riferimento limiti molto più cautelativi per la**

popolazione tutelanti anche i soggetti portatori di dispositivi medici impiantati, attivi o passivi, oltre gli utenti di dispositivi medici portatili e le lavoratrici in stato di gravidanza.

Al fine di verificare l'eventuale presenza di valori dovuti ad altre sorgenti, ovvero di verificare il fondo elettromagnetico esistente nelle aree dove verrà realizzato l'impianto si sono svolte misure dell'induzione magnetica in alcuni punti, ed in particolar modo sui tracciati dei cavidotti e nelle aree ove ricadranno le cabine di trasformazione, così come descritto nei paragrafi successivi.

### 3. DISPOSIZIONI SPECIFICHE PER LAVORATORI PORTATORI DI PROTESI O DISPOSITIVI ELETTRONICI IMPIANTATI

Un lavoratore portatore di un dispositivo medico (come per esempio un pacemaker) o di una protesi impiantata è da considerarsi, in generale, come lavoratore particolarmente sensibile al rischio (art.183 del D.Lgs. 81/2008) e deve pertanto essere trattato individualmente, prendendo in considerazione la sua situazione specifica e le caratteristiche pertinenti (in particolare il grado di immunità elettromagnetica) del dispositivo impiantato. Occorre infatti ricordare che il rispetto dei livelli di riferimento per la popolazione non garantisce in assoluto l'assenza di effetti indiretti, come riportato sia nelle linee guida ICNIRP del 1998, sia nelle premesse della Raccomandazione Europea 1999/519.

Sono state recentemente pubblicate due norme riguardanti la valutazione del rischio da esposizione a campi elettromagnetici per i lavoratori portatori di dispositivi medici impiantabili; la prima di esse (CEI EN 50527-1) ha validità generale, mentre la seconda (CEI EN 50527-2-1) si applica in modo specifico ai portatori di pacemaker. In queste norme si assume, in linea di massima, che i dispositivi impiantati funzionino correttamente fintantoché sono rispettati i livelli di riferimento per la popolazione definiti nelle linee guida ICNIRP del 1998; ma non si esclude che in alcune situazioni particolari possano avvenire interazioni significative anche per livelli di campo inferiori, confermando così la necessità di una valutazione individuale.

La norma CEI EN 50527-1 riporta una tabella dei luoghi di lavoro e delle attrezzature conformi ed una seconda tabella delle attrezzature potenzialmente interferenti. Le due tabelle, pur riprendendo quelle della norma CEI EN 50499, aggiungono considerazioni e note specifiche per i portatori di dispositivi medici impiantati. Esempi di sistemi potenzialmente interferenti sono i seguenti:

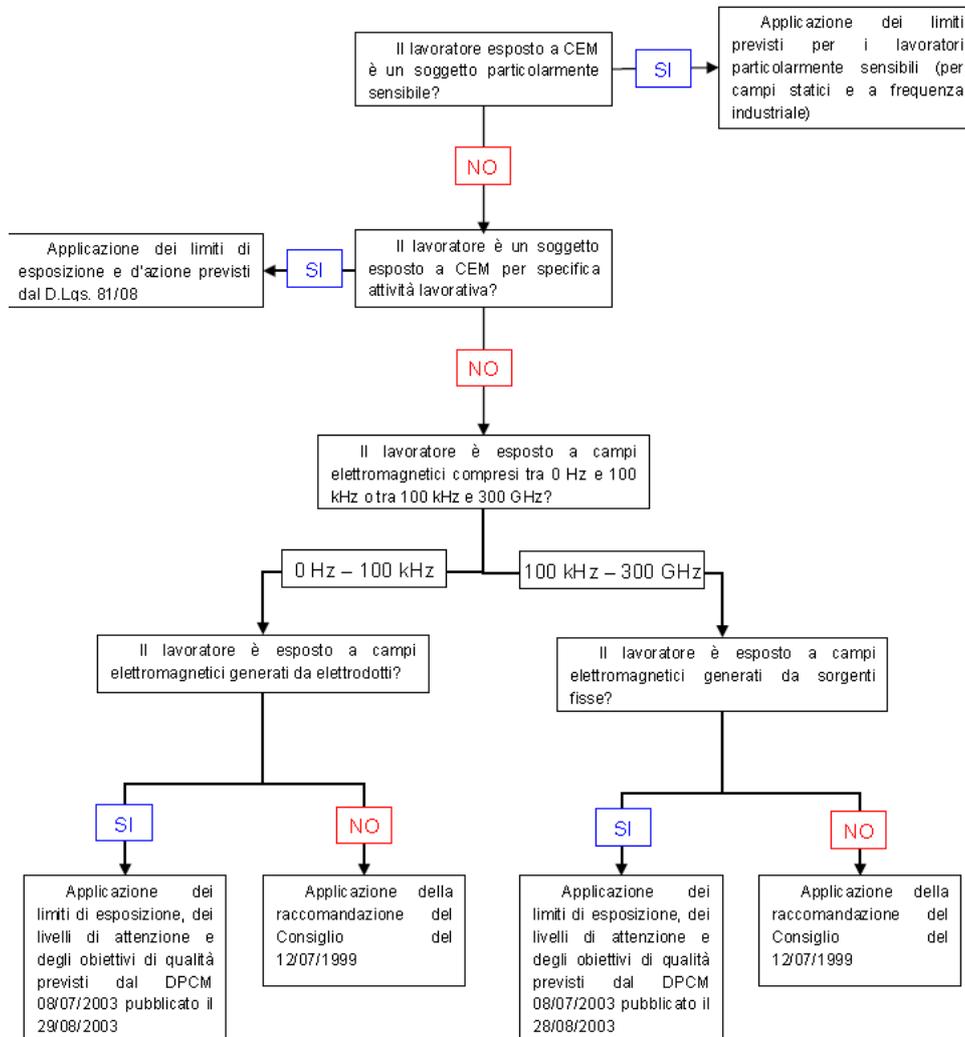
- motori elettrici;
- metal detector;
- sistemi radiotrasmettenti;
- apparecchi elettromedicali per applicazioni di campi elettrici, magnetici elettromagnetici o di corrente;
- sistemi antitaccheggio;
- telefoni cellulari.

La norma **CEI EN 50527-1** propone inoltre una procedura approfondita di valutazione, da adottare nel caso in cui si verificano condizioni diverse da quelle riportate nella tabella delle situazioni conformi.

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	<b>DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA</b> IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA <b>VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE</b>	5/22

Infine, la norma elenca una serie di misure di tutela, da adottare al fine di ridurre il rischio di interferenze, tra le quali:

- fornire una corretta informazione ai lavoratori;
- apporre adeguata segnaletica di avviso in prossimità delle sorgenti di campi elettromagnetici potenzialmente interferenti con i dispositivi elettronici impiantati;
- creare percorsi alternativi per i portatori di pacemaker nel caso di presenza di sorgenti con emissioni potenzialmente nocive.



**FLOW CHART (SCHEMA DI FLUSSO) PER LA VALUTAZIONE RISCHI CEM**

Si evidenzia che le misure previste dal titolo VIII del D.Lgs. 81/2008 sono specificamente mirate alla protezione degli effetti certi che hanno una ricaduta in termini sanitari (*“rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori dovuti agli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivati dalla circolazione di correnti indotte e dall’assorbimento di energia, a da correnti di contatto”*), mentre non vengono normati gli effetti a lungo termine.

## 4. IDENTIFICAZIONE DEI LUOGHI E DELLE SORGENTI CEM

### AREA IMPIANTO AGRO-VOLTAICO

#### CAMPI ELETTRICI

Come noto 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. Considerando che la grossa parte dell'impianto è a bassa tensione, che la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 36.000V e che i campi elettrici sono schermati dal suolo, dalle recinzioni, dalle murature del fabbricato, dagli alberi, dalle strutture metalliche porta-moduli, dalle guaine metalliche dei cavi a alta tensione, ecc.; quindi, tenendo conto delle schermature dei cavi e della blindatura degli scomparti validi elementi di schermatura le situazioni più critiche sarebbero rappresentate solo da eventuali linee elettriche aeree, nel caso in questione, essendo tutte le linee AT interrate si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica.

#### CAMPI MAGNETICI

Per quanto concerne invece i campi magnetici è necessario identificare nella centrale fotovoltaica le possibili sorgenti emissive e le loro caratteristiche. Una prima sorgente emissiva è rappresentata dal generatore fotovoltaico e dai relativi cavidotti di collegamento con la cabina elettrica dove avviene la conversione e trasformazione.

#### SEZIONE CORRENTE CONTINUA

Considerando che:

- tale sezione di impianto è tutta esercita in corrente continua (0 Hz) in bassa tensione;
- buona esecuzione vuole che i cavi di diversa polarizzazione (+ e -) viaggino sempre a contatto, annullando reciprocamente quasi del tutto i campi magnetici statici prodotti in un punto esterno (tale precauzione viene in genere presa soprattutto al fine della protezione dalle sovratensioni limitando al massimo l'area della spira che si viene a creare tra il cavo positivo e il cavo negativo);
- i cavi di dorsale dai sottoquadri di campo ai quadri di campo e agli inverter, che sono quelli che trasportano correnti in valore significativo, sono distanti diverse decine di metri dalle recinzioni di confine;
- per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per induzione magnetica che non deve essere superato è di 40.000 pT, valore 400 volte più alto dell'equivalente per la corrente a 50 Hz;

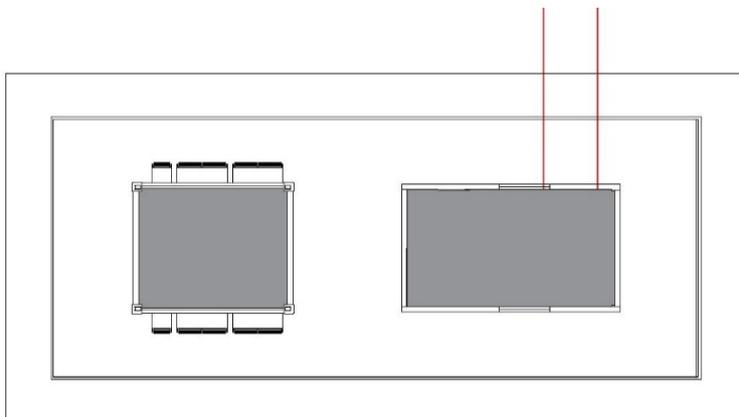
**si può certamente escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo magnetico statico dovuti alla sezione in corrente continua.**

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	<b>DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA</b> IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA <b>VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE</b>	<b>7/22</b>

## SEZIONE CORRENTE ALTERNATA

Per quanto concerne la sezione in corrente alternata le principali sorgenti emmissive sono l'inverter, le sbarre di bassa tensione dei quadri generali BT, o i trasformatori elevatori e gli elettrodotti in alta e bassa tensione. Non si considerano importanti per la verifica dei limiti di esposizione, considerando che tali locali non prevedono la presenza di lavoratori se non per il tempo strettamente necessario alle operazioni di manutenzione, i seguenti componenti:

- i cavi di bassa tensione tra i trasformatori e gli inverter considerando che le diverse fasi saranno in posa ravvicinata in cunicolo interrato all'interno delle cabine o comunque all'interno dell'impianto.



Si ricorda a tal proposito che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. Per assurdo, infatti, se i tre conduttori coincidessero nello spazio il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori. Per questo motivo il problema dei campi magnetici è poco sentito nelle reti di bassa e alta tensione in cavo dove gli spessori degli isolanti sono molto contenuti permettendo alle tre fasi di essere estremamente ravvicinate tra loro se non addirittura inserite nello stesso cavo multipolare (bassa tensione).

Diverso è invece il caso delle sbarre in rame dei quadri elettrici BT o degli inverter, dove la disposizione delle tre fasi in piano e le elevate correnti determinano campi magnetici elevati soprattutto nelle immediate vicinanze. Discorso analogo vale per il trasformatore elevatore.

Per la valutazione dei campi generati dalle sbarre di bassa tensione si ipotizza che le sbarre di bassa tensione contenute nel quadro BT distino l'una dall'altra  $D=10\text{ cm}$ , siano lunghe  $L = 2\text{ m}$  ed attraversate da una corrente di circa **2624A** (corrispondente al caso peggiore di 2500 kVA per sottocampo e tensione 550 V). Ad un metro di distanza ( $d=1\text{ m}$ ) dalle sbarre l'induzione magnetica assume il suo massimo valore:

$$B'_{MAX} = \frac{0,346 \cdot I \cdot D \cdot \sin(\tan^{-1}(\frac{L}{2}))}{\frac{1}{d^2}} = 64,2 \mu T$$

valore compatibile con la legislazione vigente Limite di esposizione = **100  $\mu T$**  da non superare mai.

Del resto questa posizione all'interno della cabina viene occupata solo per un tempo molto ristretto dovuto ad operazioni di manutenzione e assistenza tecnica sugli apparati da parte di lavoratori specializzati.

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	8/22

## TRASFORMATORI AT/BT

Verranno utilizzati dodici trasformatori di potenza 2500 kVA che verranno utilizzati nelle unità di conversione AT/BT. Il calcolo della Dpa sarà condotto, a vantaggio della sicurezza, esclusivamente considerando il trasformatore di taglia maggiore.

In conformità ai dettami di cui al D.C.P.M. 08/07/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la D.p.a. (fascia di prima approssimazione o fascia di rispetto) del trasformatore AT/BT risulta rispettata in base ai valori calcolati impiegando la formula seguente:

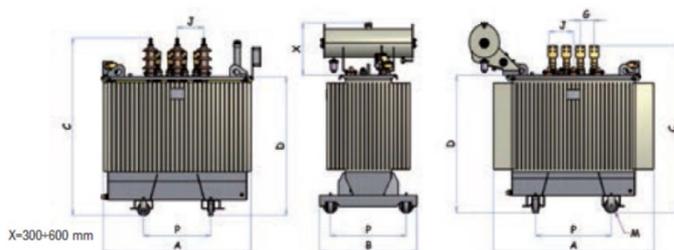
$$Dpa = \sqrt{I} \cdot 0,40942 \cdot x^{0,524}$$

Dpa = Distanza di prima approssimazione [m]; I = corrente nominale [A]; x = diametro dei cavi [m];

Sarà installato un trasformatore AT/BT da 2500 kVA con una corrente 2624 A lato bassa tensione.

Pertanto dalla suddetta formula si ricava una distanza di prima approssimazione **Dpa = 5,0 m** oltre la quale l'induzione magnetica non supera i 3µT così come previsto dal Decreto M.A.T.T.M. 29 maggio 2008.

Norme / Standards CEI EN 60076 – CEI EN 50464			
Livello Isolamento MT / Rated Voltage HV	12+24 kV	Classe Isolamento MT / Insulation Class HV	FI 28+50 kV BIL 75+125 kV
Livello Isolamento BT / Rated Voltage LV	1,1 kV	Classe Isolamento BT / Insulation Class LV	FI 3 kV
Frequenza / Frequency	50+60 Hz	Regolazione MT / Tappings HV	± 4% or ± 2x2,5%



TZ3024 - TZ3012 - CoDk (ex BC')	KVA	Po (W)	Pcc (75°C) (W)	Uk (75°C) %	LwA dB(A)	Total (kg)	Oil (kg)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	M (mm)	P (mm)	J (mm)	G (mm)
	100	210	2150	4	49	590	140	1035	720	1365	980	125	520	265	90
160	300	3100	4	52	750	180	1095	730	1445	1060	125	520	265	90	
200	370	3640	4	54	880	240	1165	815	1490	1105	125	520	265	90	
250	425	4200	4	55	1020	230	1225	845	1490	1105	125	520	265	120	
315	520	5000	4	57	1190	260	1255	870	1530	1145	125	670	265	120	
400	610	6000	4	58	1340	300	1255	870	1675	1290	125	670	265	120	
500	720	7200	4	59	1520	330	1320	870	1675	1290	125	670	265	120	
630	860	8400	4	60	1790	380	1360	870	1785	1400	125	670	265	130	
630	800	8700	6	60	1780	420	1455	885	1715	1330	125	670	265	130	
800	930	10500	6	61	2050	480	1730	885	1785	1400	125	670	265	130	
1000	1100	13000	6	63	2420	550	1810	1110	1870	1485	150	820	265	150	
1250	1350	16000	6	64	2790	620	1850	1110	1950	1565	150	820	265	150	
1600	1700	20000	6	66	3380	790	2020	1110	2015	1630	150	820	265	180	
2000	2100	26000	6	68	4170	940	2170	1380	2190	1805	200	1070	265	180	
2500	2500	32000	6	71	4960	1140	2285	1380	2305	1920	200	1070	265	220	

Data ultima revisione:

Redattore e responsabile delle misure:

Oggetto:

APRILE 2022

**DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA**  
IN CONVERSANO (BA)

RELAZIONE SPECIALISTICA  
**VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE**

Pagina  
9/22

## INVERTER

Riguardo gli **inverter** essi sono certificati CE e in particolare rispetteranno tutte le norme nazionali ed europee in materia di compatibilità elettromagnetica.

L'inverter è l'apparato di conversione dell'energia elettrica, da corrente continua a corrente alternata e premettendo che gli inverter verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di progettazione si è ipotizzato di utilizzare quelli prodotti dalla SUNGROW modello SG2500HV-20. Non si esclude la possibilità di utilizzare inverter di potenza inferiore distribuiti nel campo agro-voltaico.

L'inverter è costituito principalmente da:

- **sezione di arrivo** dal campo agro-voltaico con organo di sezionamento e misure;
- **convertitore statico**, provvisto di ponte a **IGBT** a commutazione forzata, logiche di comando, protezioni, autodiagnostica e misure;
- **sezione di uscita** in corrente alternata, comprendente il trasformatore di isolamento e i dispositivi di comando del parallelo.

Il convertitore si pone immediatamente in stand-by in mancanza di insolazione, e ripristina il proprio funzionamento non appena le condizioni tornano favorevoli. L'algoritmo MPPT (di inseguimento continuo del punto di massima potenza) integrato mantiene continuamente il campo agro-voltaico nelle migliori condizioni operative.

L'inverter è dotato di un proprio dispositivo di interfaccia funzionante su soglie di tensione e frequenza minima e massima conformi alla norma CEI 0-16.



SUNGROW – SG2500HV-20

## CARATTERISTICHE INVERTER: SUNGROW – SG2500HV-20:

Input (DC)	SG2500HV-20
Max. PV input voltage	1500V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	800 V / 840 V
MPP voltage range for nominal power	800 – 1300 V
No. of independent MPP inputs	1
No. of DG inputs	18 – 24
Max. PV input current	3508 A
Max. DG short-circuit current	4210 A
PV array configuration	Negative grounding or floating
Output (AC)	
Max. AC output power	2750 kVA@ 45 °C / 2500 kVA@ 50 °C
Max. AC output current	2886 A
Nominal AC voltage	550 V
AC voltage range	495 – 605 V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / Connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency / Euro. efficiency	99.0 % / 98.7 %
Protection	
DC input protection	Load break switch + fuse
AC output protection	Circuit breaker
Overvoltage protection	DC Type I + II / AG Type II
Grid monitoring / Ground fault monitoring	Yes / Yes
Insulation monitoring	Yes
Overheat protection	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID function	Optional

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	<b>DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA</b> IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA <b>VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE</b>	11/22

## CAVIDOTTI - CAVI INTERRATI

*Rif. Norma Italiana CEI 106-11*

Per i cavi interrati, bisogna precisare:

- che essi non si dispongono secondo una catenaria ma si mantengono in pratica sempre paralleli alla superficie del terreno;
- che la distanza tra i conduttori P è decisamente ridotta; questo comporta distanze R contenute rispetto al caso aereo. In relazione a ciò bisogna quindi valutare se relazioni approssimate del tipo di quelle utilizzate per le linee aeree in conduttori nudi siano ancora applicabili con un ragionevole grado di accuratezza.

Nel caso di cavi AT, la situazione impiantistica più diffusa è rappresentata da cavi unipolari posati ad una profondità di circa 0.8-1.5 m e disposti prevalentemente a "trifoglio" o in piano, a contatto o distanziati di circa 0,10 m.

## CAVI DISPOSTI A TRIFOGGIO:

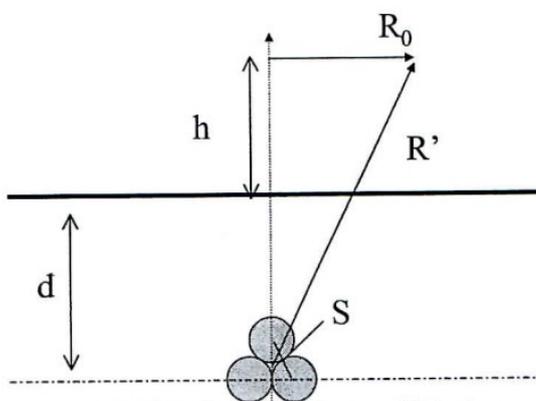


Figura 1 - Schema di principio per il calcolo delle distanze da terne di cavi interrati con posa a trifoglio oltre le quali l'induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità ( $d$  è la profondità del centro del conduttore)

Seguendo lo schema in figura è possibile usare le seguenti relazioni per il calcolo:

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \qquad R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I}$$

In questo caso, la formula semplificata per il calcolo diretto della distanza  $R_0$  dall'asse della linea al livello del suolo ( $h=0$ ) oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto del valore di 3 uT è la seguente:

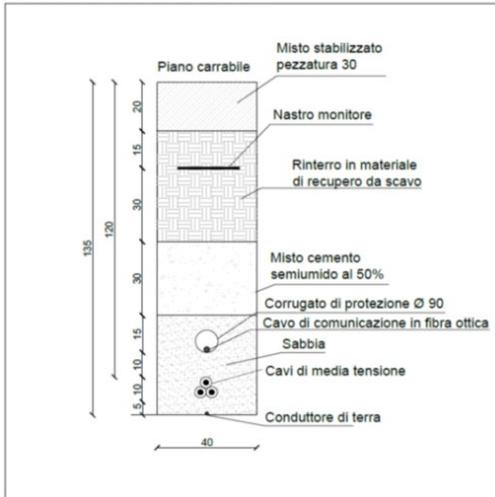
$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot S \cdot I - d^2}$$

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	12/22

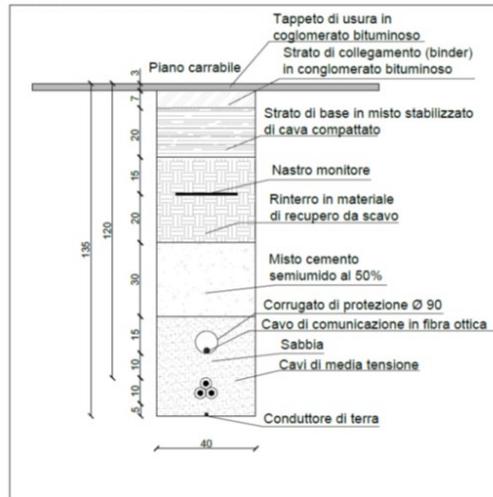
# SIMULAZIONE DPA

## Caratteristiche dimensionali previsione interramento

Sezione su viabilità esistente non asfaltata



Sezione su viabilità esistente asfaltata

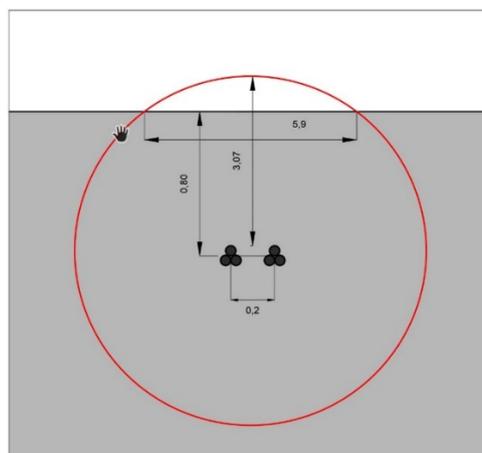


Technical Data Sheet															STMV 3231	
															Rev. 0	
															19/11/2021	
General			Constructional Data					Shipping		Electrical Data						
CABLE TYPE	NOMINAL CROSS SECTION	RATED VOLTAGE	NOMINAL INSULATION THICKNESS	NOMINAL THICKNESS OF TAPE SCREEN	NOMINAL AIR BAG LAYER THICKNESS	NOMINAL OVERSHEATH THICKNESS	APPROX. EXTERNAL DIAMETER (*)	APPROX. MASS OF THE CABLE	NOMINAL SHIPPING LENGTH	MAX. DC RESISTANCE OF CONDUCTOR AT 20 °C	MAX. DC RESISTANCE OF METALLIC SCREEN AT 20 °C	APPROX. REACTANCE AT 50 HZ (trefoil formation)	APPROX. CAPACITANCE	CURRENT RATING IN AIR AT 30 °C (trefoil formation)	CURRENT RATING IN GROUND AT 20 °C (1 m depth - 1 k.m/W - trefoil formation)	VOLTAGE DROP (cosφ = 0,9)
	mm <sup>2</sup>	kV	mm	mm	mm	mm	mm	kg/km	m	ohm/km	ohm/km	ohm/km	microF/km	A	A	V/A.km
ARE4H5E	1 x 70	26/45	10,0	0,2	-	2,2	37,1	1150	1000	0,443	3,0	0,144	0,139	238	213	0,998
ARE4H5E	1 x 120	26/45	10,0	0,2	-	2,3	40,5	1430	1000	0,253	3,0	0,131	0,164	333	289	0,609
ARE4H5E	1 x 630	26/45	9,0	0,2	-	2,8	57,9	3550	500	0,0469	3,0	0,101	0,327	919	710	0,179
ARE4H5(A)R(E)	1 x 70	26/45	10,0	0,2	1,8	2,3	42,4	1410	1000	0,443	3,0	0,152	0,139	235	206	1,005
ARE4H5(A)R(E)	1 x 120	26/45	10,0	0,2	1,8	2,4	45,7	1710	500	0,253	3,0	0,139	0,164	328	281	0,616
ARE4H5(A)R(E)	1 x 630	26/45	9,0	0,2	1,5	2,9	64,1	4060	300	0,0469	3,0	0,107	0,327	893	689	0,185

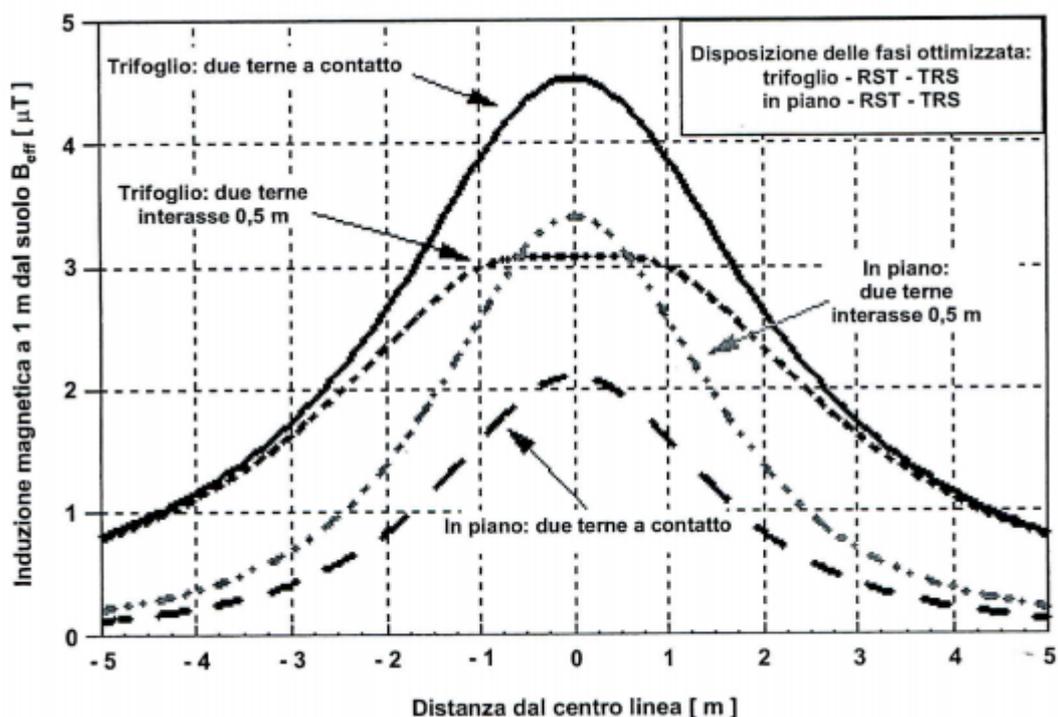
(\*) tolerance on diameter:  
 min. = ED x 0,96 - 1  
 max. = ED x 1,04 + 1

### DPA 3μT

Simulazione di sezione con isolinea a 3μT segnata in rosso



Nel caso di una linea in doppia terna, a parità di profondità di posa, la configurazione con le fasi disposte in piano a contatto è, in genere, migliore di quella a trifoglio, se le fasi delle due terne sono disposte in maniera ottimale, soprattutto per quanto riguarda i valori di induzione magnetica ad una certa distanza dall'asse della linea. Inoltre, in questi casi, anche la distanza tra le due terne rappresenta un fattore importante ai fini della mitigazione del campo magnetico. I risultati dei calcoli riportati nella Figura illustrano tali affermazioni ed evidenziano come, nel caso della posa a trifoglio, i valori dell'induzione magnetica diminuiscano all'aumentare della distanza tra le due terne, mentre con la posa in piano si verificano esattamente l'opposto.



Esempio confronto tra linea a due terne in piano e a trifoglio

## FASCE DI RISPETTO PER CABINE ELETTRICHE E STAZIONI PRIMARIE

### Cabine elettriche

La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la Dpa è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.

I dati di ingresso per il calcolo della Dpa per le cabine di trasformazione sono pertanto: corrente nominale di bassa tensione del trasformatore e diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

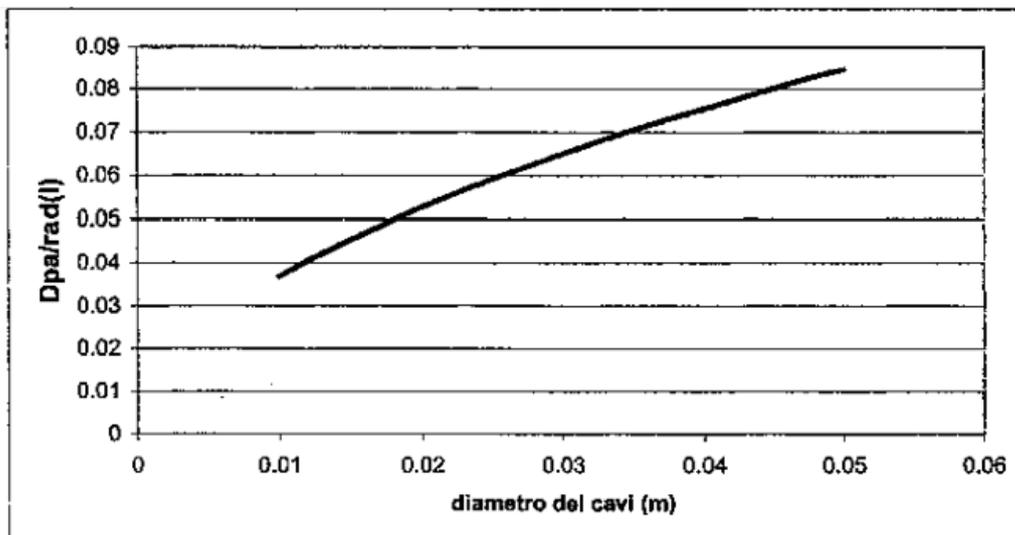
Per determinare la Dpa il proprietario/gestore della cabina deve:

1. usare la curva riportata nel grafico seguente per calcolare il valore di  $Dpa / radice\ della\ corrente$  per la tipologia di cavi in uscita dal trasformatore nella cabina in esame;
1. applicare al valore ricavato le operazioni sotto elencate:
  - a) moltiplicare per la radice della corrente,
  - b) arrotondare al mezzo metro superiore.

$$Equazione\ della\ curva: \frac{Dpa}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,524}$$

Dpa = Distanza di prima approssimazione [m]; I= corrente nominale [A]; x = diametro dei cavi [m]

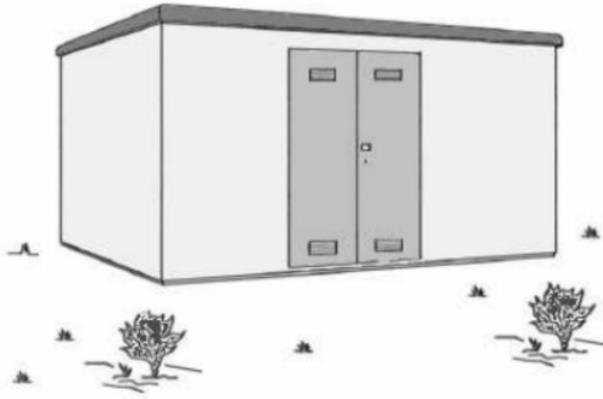
Data ultima revisione: APRILE 2022	Redattore e responsabile delle misure: DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	Oggetto: RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	Pagina 14/22
---------------------------------------	--	---	-----------------



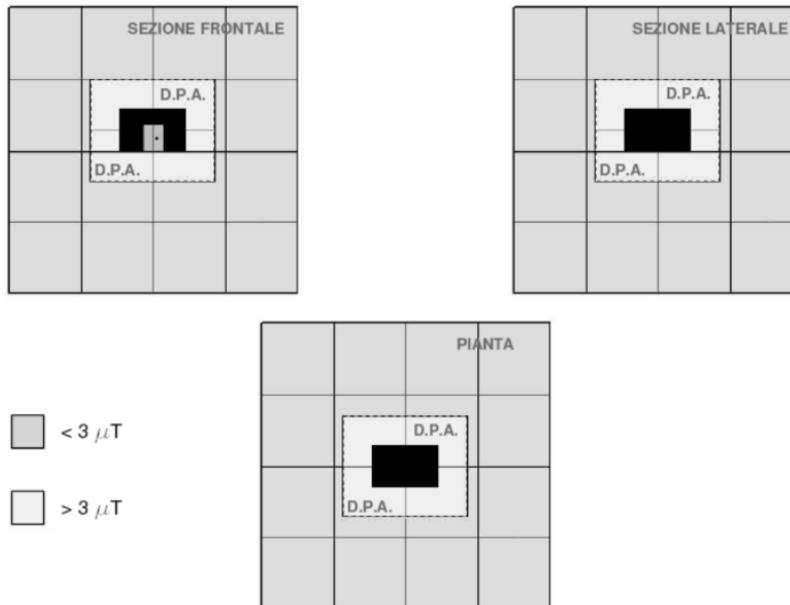
Rappresentazione dell'andamento del rapporto tra Dpa e radice della corrente nominale al variare del diametro dei cavi.

Nella tabella successiva si riportano a titolo di esempio le distanze di prima approssimazione (Dpa) per fasce a 3  $\mu$ T calcolate in alcuni casi reali.

Diametro dei cavi (m)	Tipologia trasformatore (kVA)	Corrente (A)	Dpa (m)
0.010	250	361	1
	400	578	1
	630	909	1.5
0.012	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.014	250	361	1
	400	578	1.5
	630	909	1.5
0.018	250	0.947	1.5
	400	1.199	1.5
	630	1.503	2
0.022	250	361	1.5
	400	578	1.5
	630	909	2
0.027	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5
0.035	250	361	1.5
	400	578	2
	630	909	2.5

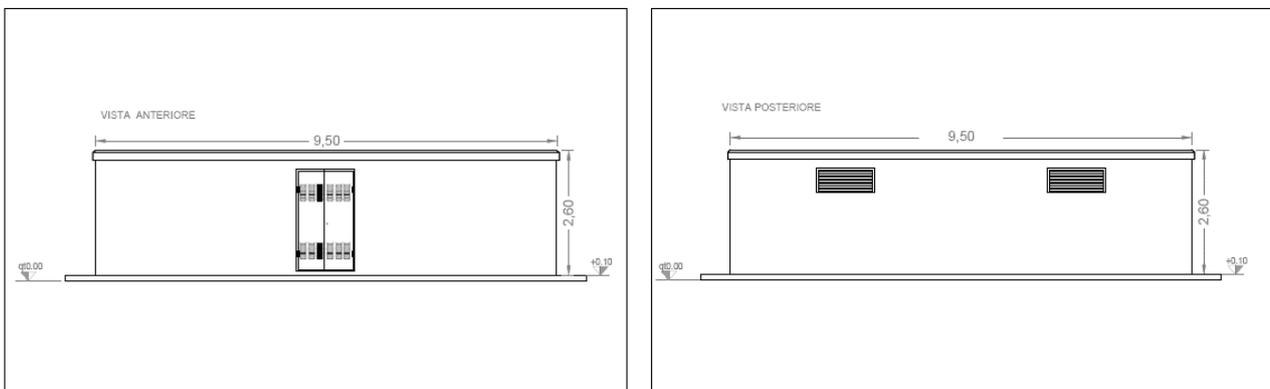


**RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.**

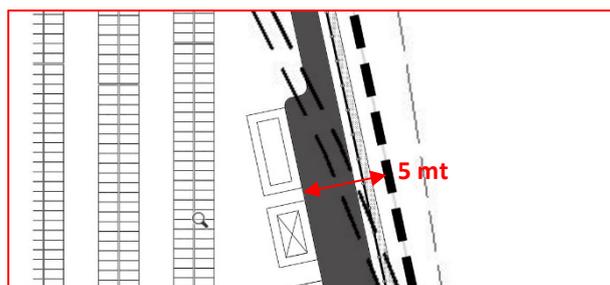


**CABINA DI RACCOLTA, TIPO BOX-ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANO**

Tratto da pag.46 de "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche" di ENEL DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI QSA/IUN – (vedi stralcio Allegato C)



**CABINE DI PROGETTO PER IMPIANTO OGGETTO DI VALUTAZIONE**



Dalla planimetria è possibile notare che la distanza della cabina di raccolta AT, tipo box-alimentata in cavo sotterraneo con tensione 36kV, dal perimetro esterno del sito di intervento è notevolmente superiore alle Dpa massime previste dal DM 29.05.08 “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche”. Infatti nella tabella precedente si nota che il massimo valore di Dpa in assoluto è di 2,50m. **Le distanze in questione sono superiori, quindi gli effetti delle cabine sono trascurabili.**

#### AREA STAZIONE primaria

Non sono note le caratteristiche degli elementi posti come consegna in stazione primaria. Ad ogni buon conto si precisa che la consegna avverrà direttamente in stazione primaria su quadri a tensione a 36kV di proprietà della RTN. E quindi non sarà necessaria la realizzazione di una stazione utente.

Si rammenta inoltre che nelle condizioni di normale esercizio, in stazione non vi sarà presenza di personale salvo per operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria.

## 6. METODOLOGIA DI MISURA del fondo CEM e STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Al fine di contestualizzare il nuovo insediamento impiantistico con relativi attraversamenti su suolo pubblico dei cavidotti, sono state effettuate misure di fondo per valutare l'eventuale presenza di sorgenti non note a priori che si aggiungerebbero come effetto a quelle previste da questa relazione per il progetto di impianto.

Le misure dei campi elettromagnetici sono state eseguite il giorno 23/06/2020 dalle ore 09:30 alle ore 11:30 in condizioni di tempo stabile e livelli di umidità inferiore all'80%.

**Le stesse hanno interessato diversi punti posti in prossimità dei luoghi ove saranno realizzate le cabine e in punti di attraversamento dei cavidotti** (vedasi planimetria pag. seguente).

Le misure sono state eseguite con strumentazione certificata seguendo le modalità riportate nella **Norma 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"** e sue successive modifiche.

La **strumentazione utilizzata**, di cui si riportano i "Certificati di calibrazione e taratura" all'allegato B di questa relazione tecnica, viene di seguito elencata:

**Misuratore: NARDA STS/ PMM 8053**

**Sonda: EHP-50-C**

**Serial number: 352WN81112**

**Range frequenza: 5 Hz - 100 kHz**

**Gamma di misura: 1 kV/m e 100 kV/m**

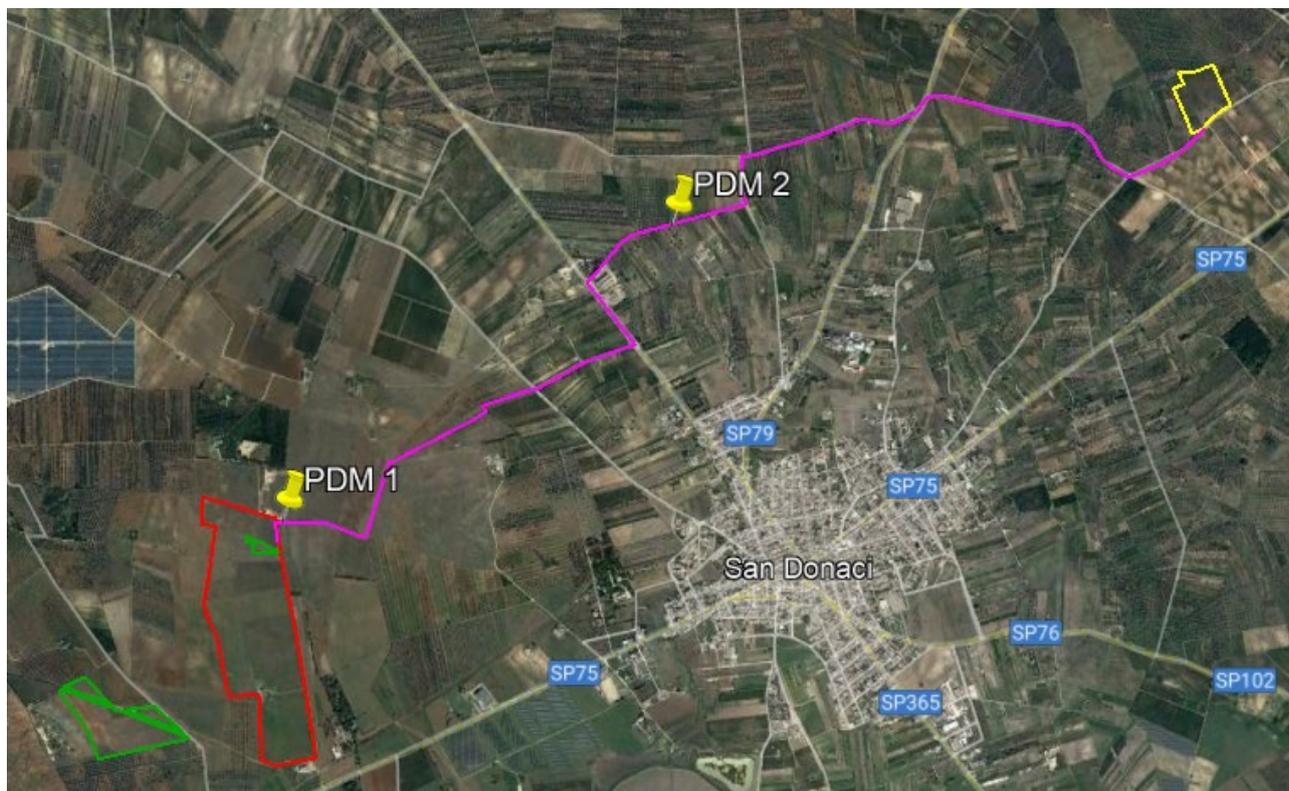


Misure riportate sul certificato LAT: Fattore di taratura a 50 Hz sui valori di 0,2  $\mu$ T, 0,5  $\mu$ T, 1  $\mu$ T, 3  $\mu$ T, 10  $\mu$ T, 100  $\mu$ T e 200  $\mu$ T. Il campo viene applicato e letto su ciascun asse X,Y,Z e contemporaneamente su tutti e tre. Fattore di taratura al valore nominale di 1  $\mu$ T alle frequenze di 10 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 50 kHz e 100 kHz. Il campo viene applicato e letto su ciascun asse X,Y,Z e contemporaneamente su tutti e tre.

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	18/22

## 7. RISULTATI DELLE MISURE DI CAMPI ELETTROMAGNETICI

### Planimetria luoghi e punti di misura



#### *Dettaglio mappa punti*

I punti di misura scelti ricadono in prossimità di strutture esistenti e in prossimità di attività agricole.

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	<b>DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA</b> IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA <b>VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE</b>	<b>19/22</b>

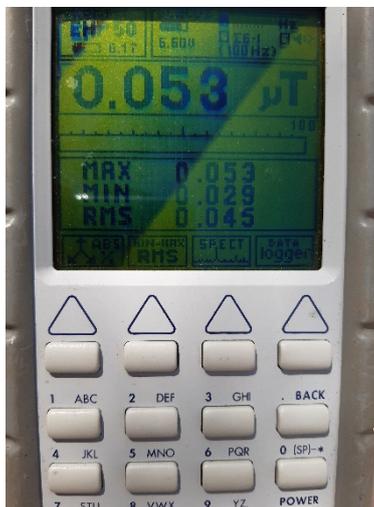
**RISULTATI DELLE MISURE DI FONDO CAMPI ELETTROMAGNETICI "INDUZIONE B"**

<b>TABELLA RIASSUNTIVA DEI VALORI MISURATI</b> (limite assoluto 100 $\mu$ /T)					
ID Punto di misura PdM	Altezza strumento s.l.s (m)	Valore Efficace ( $\mu$ /T)	Valore Massimo ( $\mu$ /T)	Obiettivo di qualità ( $\mu$ /T)	Valore di attenzione ( $\mu$ /T)
1	1,5	<b>0.006</b>	0.013	3	10
2	1,5	<b>0.045</b>	0.053	3	10

**PUNTO DI MISURA 1**



**PUNTO DI MISURA 2**



## 8. ANALISI DELL'ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI E CONCLUSIONI

Partendo dai dati di progetto con la presente relazione tecnica si è analizzato l'impatto della componente elettromagnetica prevista in vari punti dell'impianto agro-voltaico da realizzarsi nel Comune di San Donaci (BR), tra le località "Masseria Sierrì" e "Masseria Nuova", riportata in Catasto Terreni al foglio 22 e particelle 1-15-109-173-185-415-416-417-418-419-420 e delle relative opere ed infrastrutture connesse e necessarie per la realizzazione dell'impianto stesso (v. par. 4 e 5).

Principalmente, per quanto attiene l'**esposizione della popolazione** è stato dimostrato previsionalmente che la limitazione dell'accesso all'impianto a persone non autorizzate e la ridotta presenza di potenziali ricettori garantisce ampiamente di rispettare la distanza di sicurezza tra persone e sorgenti di campi elettromagnetici. Distanze queste dettate dalla normativa italiana, sia per la popolazione che per i **lavoratori professionalmente esposti** che si è richiamata pure in relazione (v. par. 2 e 3) anche in considerazione della possibile presenza di personale tecnico a vario titolo all'interno dell'impianto sia in fase di esecuzione che di esercizio, e quindi anche di **agricoltori**, lavoratori non professionalmente esposti ma equiparabili e per la quale si rimanda per il dettaglio all'*Allegato A*.

A garanzia di una giusta analisi delle previste influenze dirette dovute alle sorgenti immesse dalla attività di produzione di energia elettrica si è anche misurato il fondo elettromagnetico esistente nelle aree dove verrà realizzato l'impianto per valutare valori dovuti ad altre sorgenti già esistenti, e quindi, si sono svolte misure dell'induzione magnetica in alcuni punti, ed in particolar modo sui tracciati dei cavidotti e nelle aree ove ricadranno le cabine elettriche di trasformazione (v. par. 6 e 7).

Per tutte le cabine elettriche e i cavidotti previsti in progetto si può affermare che le D.P.A. nel caso esaminato in questa relazione abbiano un ordine di grandezza stimato in poche unità di metri (massimo 5,0 m) quindi comprendente una ridotta area nell'intorno delle cabine stesse e ricadente dentro la superficie di pertinenza degli impianti.

All'interno delle aree dell'attività, infatti, ci sarà presenza umana in fase di cantiere quando però gli elementi elettrici non saranno ancora entrati in funzione e quindi non ci sarà rischio di esposizione da campi elettromagnetici prodotti dall'impianto, mentre per la valutazione dell'esposizione professionale in fase di esercizio, pur rientrando nei limiti assoluti ammissibili dettati dalla normativa di settore in fase previsionale, si dovrà provvedere alla misura effettiva e allo studio della reale configurazione di impianto. Nella fase di esercizio, infatti, non si esclude la presenza di personale per interventi di manutenzione sugli elementi di varie parti dell'impianto. Il suddetto personale sarà addestrato ad utilizzare tutti gli accorgimenti di legge per assicurare la massima sicurezza in fase di lavoro comprendendo quindi anche la sosta limitata davanti agli elementi radianti entro il limite della D.P.A. prevista per la popolazione.

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE	21/22

In sintesi, l'impatto prodotto dai campi elettrici e magnetici generati dalle cabine di trasformazione è limitato ad una ridotta superficie nell'intorno delle cabine stesse, che comunque rientra nella proprietà ove insistono gli impianti e non è accessibile al pubblico, mentre il campo magnetico prodotto dai cavi di consegna in AT si è abbattuto adottando come soluzione progettuale l'interramento dei principali cavidotti interrando a più di un metro i cavi di Alta e Bassa Tensione. In particolare, per quanto riguarda i cavidotti interrati per l'allaccio dell'impianto alla rete elettrica nazionale che insistono prevalentemente su strada pubblica, i principali elementi che caratterizzano l'induzione magnetica sono la corrente di esercizio e la potenza trasportata che, così come dimostrato in relazione, non sono in grado di apportare effetti negativi all'ambiente circostante e alla salute pubblica.

Si può quindi concludere che il costruendo impianto agro-voltaico in oggetto e le opere annesse non producono effetti negativi sulle risorse ambientali e sulla salute pubblica nel rispetto degli standard di sicurezza e dei limiti prescritti dalle vigenti norme in materia di esposizione a campi elettromagnetici.



Redattore e responsabile misure

Dott. Ing. Pasquale FANTASIA

Data ultima revisione:	Redattore e responsabile delle misure:	Oggetto:	Pagina
APRILE 2022	<b>DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA</b> IN CONVERSANO (BA)	RELAZIONE SPECIALISTICA <b>VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE</b>	<b>22/22</b>

## ALLEGATO A

### normativa di riferimento sintesi commentata

Per quanto riguarda le normative sulla protezione della popolazione da campi elettromagnetici, la situazione europea non risulta omogenea. Una prima distinzione viene fatta tra gli stati che hanno scelto di emanare specifiche linee guida, raccomandazioni e gli stati che hanno adottato strumenti legislativi come leggi e decreti. Una seconda distinzione può essere effettuata tra gli stati che seguono le linee guida emanate dall'ICNIRP e quelle che seguono standard diversi. Alcune nazioni infatti non seguono le linee guida ICNIRP ed impongono limiti normativi più stringenti.

La federazione Russa impone un limite di 10  $\mu\text{T}$  per la popolazione e di 100  $\mu\text{T}$  limitatamente ai campi magnetici alla frequenza di 50 Hz. In Polonia il limite per la popolazione è pari a 48  $\mu\text{T}$  mentre quello per i lavoratori è pari a 160  $\mu\text{T}$  (50Hz). Altre nazioni hanno limiti specifici [vedi documenti 1-2-3]

Ad esempio, in Svizzera i livelli di riferimento ICNIRP vengono applicati per la protezione contro comprovati effetti negativi sulla salute: essi devono essere rispettati in tutti i luoghi accessibili a persone. Inoltre la Svizzera ha delle limitazioni preventive delle emissioni, denominate valori limite di installazione (ILV), per luoghi a utilizzazione sensibile (ad esempio appartamenti, scuole, ospedali, luoghi di lavoro permanenti, parchi giochi per bambini). Per le linee elettriche di alimentazione, stazioni di trasformazione, sottostazioni elettriche e le ferrovie la ILV è pari ad 1  $\mu\text{T}$  e di conseguenza ogni nuova installazione non deve provocare l'innalzamento dei valori di induzione magnetica superiore a 1  $\mu\text{T}$  rispetto al valore presente prima dell'installazione dell'infrastruttura elettrica.

#### Normativa Italiana

La Legge quadro 36/01 del 22 febbraio 2001 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, è il primo testo di legge organico che disciplina in materia di campi elettromagnetici.

La legge riguarda tutti gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili e militari che possono produrre l'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai campi elettromagnetici compresi tra 0 Hz (Hertz) e 300 GHz (GigaHertz).

Il provvedimento indica più livelli di riferimento per l'esposizione

- Limiti di esposizione che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione per la tutela della salute dagli effetti acuti;
- Valori di attenzione che non devono essere superati negli ambienti adibiti a permanenze prolungate per la protezione da possibili effetti a lungo termine;
- Obiettivi di qualità da conseguire nel breve, medio e lungo periodo per la minimizzazione delle esposizioni, con riferimento a possibili effetti a lungo termine.

#### DPCM 8/7/2003

Il decreto citato rappresenta il decreto attuativo della: "Legge quadro sulla protezione delle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", del 22 Febbraio 2001, n. 36, pubblicata nella GU n. 55 del 7/3/2001, relativamente all'alta frequenza. Senza entrare nel merito della legge quadro, il DPCM 8/7/2003 definisce: "Fissazioni dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a **campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti**".

I limiti fissati dalla legge non si applicano ai lavoratori esposti per motivi professionali. Per le esposizioni a campi a frequenze comprese tra **0 e 100 kHz**, generati da sorgenti non riconducibili agli elettrodotti, si applica l'insieme delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del **Consiglio dell'Unione Europea del 12/07/99 (quindi linee guida ICNIRP)**.

La legge ed il relativo decreto hanno introdotto il concetto del **valore di attenzione** e degli **obiettivi di qualità**.

Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di **50 Hz** generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di **100  $\mu\text{T}$**  per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.

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

Particolarmente importante è l'art. 4 del decreto che indica come nella progettazione di **nuovi elettrodotti** in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a **permanenze non inferiori a quattro ore** e nella **progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree** di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di **3  $\mu\text{T}$**  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

## ALLEGATO A – normativa di riferimento dettaglio

---

### Legislazione

---

[1] Legge 22.02.2001, n.36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”, GU SG n.55, 07.03.2001.

Rappresenta la legge di riferimento in materia di esposizione della popolazione e dei lavoratori ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. Stabilisce i compiti e gli ambiti di competenza dei diversi organismi dello Stato.

Definisce i concetti e i criteri di riferimento quali la fascia di rispetto, intesa come la zona in cui “non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore”, e l’obiettivo di qualità per i campi, inteso come il limite fissato “ai fini della progressiva miticizzazione dell’esposizione”.

[2] DPCM 08.07.2003 “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 (50Hz) generati dagli elettrodotti”, GU SG n.200, 29.08.2003. Costituisce il decreto attuativo della L. 36/2001. Individua i limiti di esposizione in 5 kV/m per il campo elettrico e 100  $\mu$ T per il campo di induzione magnetica, in termini di valori efficaci. Precisa il concetto di obiettivo di qualità fissandone i valori per il campo di induzione magnetica in 3  $\mu$ T, in termini di valore efficace.

Non si applica ai lavoratori esposti per ragioni professionali.

[3] Decreto del Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”, SO GU n.156, 05.07.2008.

Costituisce il decreto attuativo della L. 36/2001 ai fini della determinazione delle metodologie di calcolo dei campi di induzione magnetica.

Introduce il concetto di Distanza di prima Approssimazione (DpA) che, rappresentando una approssimazione della “fascia di rispetto”, individua, sul terreno, una fascia all’esterno della quale è sicuramente garantito il rispetto dell’obiettivo di qualità.

[4] D.Lgs. 19.11.2007 n.257 “Attuazione della direttiva 2004/40/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all’esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici)”, GU SG n.9, 11.01.2008.

Costituisce la normativa di riferimento in materia per la valutazione dell’esposizione dei lavoratori esposti per ragioni professionali ai rischi derivanti dai campi elettromagnetici.

La direttiva 2004/40/CE mira ad introdurre misure di protezione dei lavoratori contro i rischi associati ai campi elettromagnetici, creando per tutti i lavoratori una piattaforma minima di protezione che eviti possibili distorsioni di concorrenza. La direttiva non riguarda, tuttavia, gli effetti a lungo termine, inclusi eventuali effetti cancerogeni dell’esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici variabili nel tempo, per cui mancano dati scientifici conclusivi che comprovino un nesso di causalità. Nella direttiva si precisa anche che la riduzione dell’esposizione ai campi

elettromagnetici può essere realizzata in maniera più efficace attraverso l'applicazione di misure preventive fin dalla progettazione dei posti di lavoro, nonché attraverso la scelta delle attrezzature, dei procedimenti e metodi di lavoro.

La direttiva precisa, inoltre, che l'aderenza ai valori limite introdotti dovrebbe fornire un elevato livello di protezione rispetto agli effetti accertati sulla salute, ma non evita necessariamente i problemi di interferenza o effetti sul funzionamento di dispositivi medici quali protesi metalliche, stimolatori cardiaci e defibrillatori, impianti cocleari e di altro tipo; problemi di interferenza specialmente con gli stimolatori cardiaci possono verificarsi anche per valori inferiori ai valori limite ed esigono, quindi, appropriate precauzioni e misure protettive.

In sintesi, la direttiva 2004/40/CE :

- Stabilisce prescrizioni minime di protezione dei lavoratori dall'esposizione ai campi elettromagnetici (da 0 a 300 GHz) durante il lavoro (art. 1).
- Riguarda gli effetti nocivi a breve termine conosciuti nel corpo umano derivanti dalla circolazione di correnti indotte e dall'assorbimento di energia, nonché da correnti di contatto (art. 2).
- Non riguarda effetti ipotizzati a lungo termine (art. 3).
- Non riguarda i rischi risultanti da contatto con i conduttori in tensione. La direttiva introduce due tipologie di valori limite (art. 2):
  - I valori limite di esposizione, basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici sono protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti.
  - I valori di azione, ossia l'entità dei parametri direttamente misurabili, espressi in termini di intensità di campo elettrico (E), intensità di campo magnetico (H), induzione magnetica (B) e densità di potenza (S), che determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nella presente direttiva. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione.

[5] D.Lgs. 09.04.2008 n.81 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro", GU SG n.101, 30.04.2008. È il Testo Unico per la sicurezza. Al CAPO IV "PROTEZIONE DEI LAVORATORI DAI RISCHI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTROMAGNETICI" viene trattata la tematica dell'esposizione dei lavoratori. Agli allegati XXXVI, lettera A, tabella 1 e XXXVI, lettera B, tabella 2. Sono rispettivamente riportati i limiti di esposizione e i valori di azione, in perfetta analogia con la Direttiva 2004/40/CE.

[6] Decreto interministeriale 21 marzo 1988, n. 449 "Approvazione nelle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne", GU SG n.79, 05.04.1988.

Costituisce la norma tecnica attuativa del Decreto Ministeriale 21 marzo 1988 n. 339.

Riporta la classificazione delle linee elettriche aeree esterne e le indicazioni tecniche per la loro costruzione e il loro esercizio.

[1] CEI 106-11 Fasc.8149 2006-02 "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".

La metodologia di calcolo illustrata nella guida è basata sull' algoritmo bidimensionale normalizzato nella CEI 211-4, considerato idoneo per la maggior parte delle situazioni pratiche riscontrabili per le linee elettriche aeree o in cavo interrato.

Nella Guida vengono presentate anche alcune formule analitiche semplificate che, per le distanze di interesse, forniscono risultati in buon accordo con quelli ottenibili con l'algoritmo normalizzato.

La metodologia può essere applicata per qualsiasi livello di riferimento dell'induzione magnetica, ma, in considerazione dell'applicazione del DPCM 8 luglio 2003, le esemplificazioni riportate sono soprattutto sviluppate con riferimento ad un valore di induzione magnetica pari all'obiettivo di qualità di 3 m T di cui all'art. 4 del DPCM stesso, considerando la portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto dichiarata dal gestore (Articolo 6 del DPCM) in forma parametrica come "corrente di riferimento".

Con l'ausilio della metodologia di calcolo illustrata nella guida, la fascia di rispetto viene determinata come "lo spazio circostante i conduttori di una linea elettrica aerea, o in cavo interrato, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale ad un valore prefissato, in particolare all'obiettivo di qualità" inteso come 3  $\mu$ T per il valore efficace di induzione magnetica.

[2] CEI 211-4 Fasc.9482 2008-09 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche".

La presente Guida ha lo scopo di fornire gli elementi fondamentali per il calcolo dei campi elettrici e magnetici a 50 Hz generati da linee, aeree e in cavo, e da cabine e stazioni elettriche. Essa è una revisione della Guida CEI 211-4:1996, per integrarla con metodi di calcolo del campo magnetico applicabili a molte situazioni di interesse pratico non coperte dalla

precedente edizione; fornisce inoltre indicazioni generali sulle metodologie disponibili per il calcolo del campo elettrico.

La Guida CEI 211-4:1996 era stata infatti redatta per formulare un metodo di calcolo del campo elettrico e del campo magnetico generati dalle linee elettriche aeree, che coprisse i casi di maggiore interesse riscontrabili in pratica per tali linee. Non era però applicabile a tutte le geometrie di linee aeree e in cavo e alle stazioni elettriche perché i metodi esposti nella suddetta precedente edizione, sviluppati limitatamente a geometrie bidimensionali, restavano applicabili soltanto alle linee, aeree e in cavo, nell'intorno delle quali i conduttori potevano essere considerati paralleli tra di loro e rispetto alla superficie del terreno (perlomeno per un tratto sufficientemente lungo rispetto alle distanze tra i conduttori stessi).

Definisce i simboli e le formule e le procedure da utilizzare negli schemi di calcolo.

[3] CEI 11-17 Fasc.8402 2006-07 "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

La norma si applica alle linee in cavo per la produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica a bassa, media ed alta tensione; si applica altresì alle linee in cavo per impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale superiore a 1000 V in corrente alternata ed a 1500 V in corrente continua, quando non esistano Norme in merito.

La Norma ha lo scopo di fornire prescrizioni necessarie alla progettazione, all'esecuzione, alle verifiche e all'esercizio delle linee di energia in cavo a corrente sia alternata sia continua, nuove ed alle loro trasformazioni radicali.

La presente Norma non si applica alle linee aeree in cavo per esterno, che sono oggetto della Norma CEI 11-4. Detta gli elementi per il calcolo della "portata in regime permanente" da utilizzare nei calcoli delle fasce di rispetto.

[4] CEI 11-4 Fasc.4644 C 1998-09 "Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne".

La Norma tratta le linee elettriche aeree esterne. Essa si applica altresì alle linee situate in zone sismiche e tiene luogo integralmente delle disposizioni tecniche ed amministrative di cui alle leggi n. 1684 del 25.11.1962 e n. 64 del 2.2.1974. La Norma è stata pubblicata come regolamento di esecuzione della legge 28 giugno 1986, n. 339, con Decreto Ministeriale 21 marzo 1988, sul supplemento della Gazzetta Ufficiale n. 79 del 5 aprile 1988.

In sintesi, lo Stato Italiano ha definito i limiti, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti con il **D.P.C.M. 08 luglio 2003** pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.200 del 29.08.2003.

#### **Limiti di esposizione (art. 3, comma 1)**

Induzione magnetica ( $\mu\text{T}$ )	Campo elettrico (V/m)
100	5000

#### **Valori di attenzione\* (art. 3, comma 2)**

Induzione magnetica ( $\mu\text{T}$ )
10

\* Da applicarsi *"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"* e *"da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio"*.

#### **Obiettivi di qualità\* (art. 4)**

Induzione magnetica ( $\mu\text{T}$ )
3

Da applicarsi *"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz" e " da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio"*.

# ALLEGATO B – certificato di calibrazione e taratura



## CERTIFICATE OF CALIBRATION

<b>Item</b>	ELECTRIC AND MAGNETIC FIELD ANALYZER 5 HZ – 100 KHZ
<b>Manufacturer</b>	NARDA S.T.S. / PMM
<b>Model</b>	EHP-50C
<b>Serial Number</b>	352WN81112
<b>Calibration Procedure</b>	INTERNAL PROCEDURE EHP-1001-STD
<b>Date(s) of measurements</b>	2018-02-15
<b>Date of emission</b>	2018-02-15
<b>Certificate Number</b>	18-S-11491

This document displays the procedure and the instrumental chain used to verify the compliance of the equipment under calibration to the technical characteristics required. The results shown in the next pages comes with the traceability chain of the laboratory and the related calibration certificates in their course of validity. Uncertainty declared in this document has been determined in compliance with the document EA-4/02 *Expression of uncertainty of Measurement in Calibration* and is expressed with a covering factor  $k=2$ , corresponding to a confidence level of about 95%.

Person in charge  
Ing. Marco Bonaga

Measurement operator  
Ing. Alessio Montagliani

The present certificate may not be reproduced other than full, except with the prior written permission of the issuing center.

Calibration certificates are not valid without a signature.

Certificate n.18-S-11491

Page 1 of 9

**MPB S.r.l.**  
Polo Tecnologico Tiburtino  
Via Giacomo Peroni, 400/402 - 00131 Roma  
Cap. Soc. Int. Ver. 100.000,00 euro

Tel. +39 06 41209744  
Fax +39 06 41200653  
P.I./C.F. 05415291003

Redattore e responsabile delle misure:

Oggetto:

**DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA**  
IN CONVERSANO (BA)

RELAZIONE SPECIALISTICA PER IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
**VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE**

**Allegato C**

#### LABORATORY CHAIN OF TRACEABILITY

The following table shows the equipment used for this calibration procedure along with the reference list for traceability.

Equipment	Standard	Model	Calibration
Signal Generator	Frequency	Agilent N5183A	LAT 01952216
Function/Arbitrary Waveform Generator	Frequency	Rigol DG4202	LAT 01952204
Multimeter	A.C. Voltage	Hewlett Packard 34401A	LAT 01952207
Power Sensor	R.F. Power	Agilent U2004A	LAT 01952221
Power Sensor	R.F. Power	Agilent U2004A	LAT 01952219
Power Sensor	R.F. Power	Agilent U2000A	LAT 01952218
Directional Coupler	R.F. Power	Agilent 772D-001	LAT 01952227
Directional Coupler	R.F. Power	Werlatone C6110-10	LAT 01952220
20dB attenuator 7mm	Attenuation	Mini-Circuits BW-N20W5+	LAT 01952208
30dB attenuator 7mm	Attenuation	Mini-Circuits UNAT-30+	LAT 01952209
30dB attenuator 7mm	Attenuation	Mini-Circuits UNAT-30+	LAT 01952211
30dB attenuator 7mm	Attenuation	Mini-Circuits UNAT-30+	LAT 01952213
30dB attenuator 7mm	Attenuation	Mini-Circuits UNAT-30+	LAT 01952214
Double Guide Horn Antenna	—	ETS Lindgren 3116B	UKAS 2017110321-1

#### METHOD OF CALIBRATION

The calibration procedure of a field strength monitor requires the generation of a field of a known strength, frequency and polarization. This field is called *reference field*.

The degree of knowledge of the characteristics of the field is directly related to the environment where it is generated: if it's possible to have the field propagate in an almost-plane wave configuration then the profile can be easily monitored through analytic calculus or reference standard.

Dual field probes have sensors to measure magnetic and electric field separately. To calibrate the probe is then necessary to generate these fields separately.

Low frequency electric field is generated inside a square section TEM cell with side of 60cm, magnetic field is generated inside a Helmholtz Coil System.

The calibration agrees with IEC 61786, "Measurement of low frequency magnetic and electric fields with regard to exposure of human beings – Special requirements for instruments".

The present certificate may not be reproduced other than full, except with the prior written permission of the issuing center.  
 Calibration certificates are not valid without a signature.  
 Certificate n. 18-S-11491  
 Page 2 of 9

Redattore e responsabile delle misure: <b>DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA</b> IN CONVERSANO (BA)	Oggetto: RELAZIONE SPECIALISTICA PER IMPIANTO FOTOVOLTAICO <b>VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE</b>
---	--

**Allegato C**

### CALIBRATION UNCERTAINTY

The uncertainty stated in this document does not take into account the long term stability of the monitor. For the purpose of this certificate the expanded uncertainties are given below.

Domain	Uncertainty
E-Field, frequencies up to 100kHz	6,5%
H-Field, frequencies up to 100kHz	5,5%

### MEASUREMENT CONDITIONS

All the instruments considered in the chain, comprising the equipment under calibration, were turned on at least 15 minutes (or the minimum warm up time stated in the manual, if present) to avoid any thermal drift.

The environmental conditions of temperature and relative humidity were monitored during the entire calibration procedure.

### FREQUENCY FLATNESS

Frequency flatness calibration confronts the field value shown by the equipment under test with the reference field at different frequencies.

Electric field is obtained through the propagation of a TEM mode inside a TEM cell.

The field strength generated inside a TEM cell with a distance  $d$  between the outer and inner conductor, powered from a  $P_{net}$  and loaded on an impedance  $Z_{TEM}$  is given by the relation (Myron L. Crawford *Generation of Standard EM Fields Using TEM Transmission Cells*, November 1974)

$$E_{z,1} = \sqrt{\frac{P_{net} \times Z_{TEM}}{d}} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

Magnetic field is obtained by having a current standard through an Helmholtz Coil System. The approximated H field in the center of the coil set is given by the relation

$$H = \frac{0.7155 \times N \times I}{r} \left[ \frac{A}{m} \right]$$

where N is the number of turns for each coil, r is the radius of each coil and I is the current running through the set.

The present certificate may not be reproduced other than full, except with the prior written permission of the issuing center.  
Calibration certificates are not valid without a signature.

Certificate n. 18-S-11491

Page 3 of 9

Redattore e responsabile delle misure:

Oggetto:

**DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA**  
IN CONVERSANO (BA)

RELAZIONE SPECIALISTICA PER IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
**VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE**

**Allegato C**

This calibration procedure determines a correction factor to be used in measurements. The actual field can be obtained by multiplying the measured field value by the correction factor.

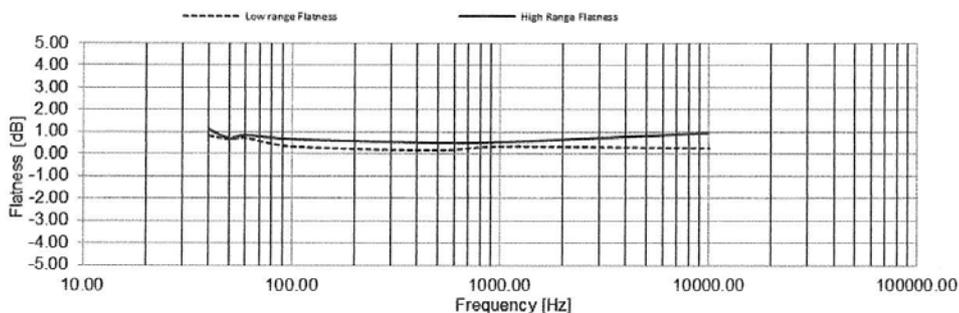
#### ELECTRIC FIELD FLATNESS

The following results were obtained from the measurement, Low Range and High Range refers respectively to the 1kV/m range and 100kV/m range.

The measurements results are respectively from the X, Y and Z axis readings.

#### X AXIS

Frequency [Hz]	Reference Field [V/m]	Measured Field [V/m] (Low Range)	Measured Field [V/m] (High Range)	Correction Factor (Low Range)	Correction Factor (High Range)
40.00	100.00	110.21	113.70	0.91	0.88
50.00	100.00	108.22	108.55	0.92	0.92
60.00	100.00	108.96	110.27	0.92	0.91
100.00	100.00	103.98	108.07	0.96	0.93
500.00	100.00	102.07	106.02	0.98	0.94
1000.00	100.00	104.03	106.48	0.96	0.94
10000.00	100.00	103.11	111.52	0.97	0.90



The present certificate may not be reproduced other than full, except with the prior written permission of the issuing center. Calibration certificates are not valid without a signature.

Certificate n. 18-S-11491

Page 4 of 9

Redattore e responsabile delle misure:

Oggetto:

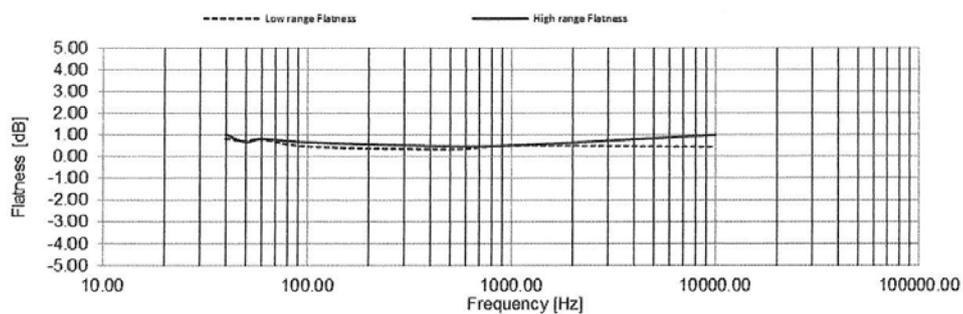
**DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA**  
IN CONVERSANO (BA)

RELAZIONE SPECIALISTICA PER IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
**VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE**

**Allegato C**

Y AXIS

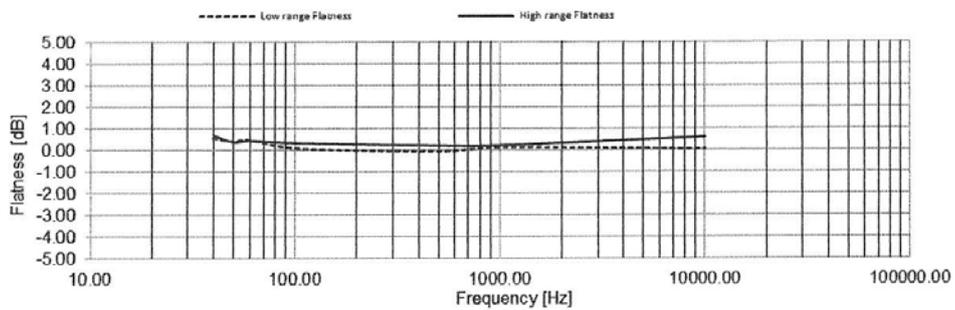
Frequency [Hz]	Reference Field [V/m]	Measured Field [V/m] (Low Range)	Measured Field [V/m] (High Range)	Correction Factor (Low Range)	Correction Factor (High Range)
40.00	100.00	110.40	112.67	0.91	0.89
50.00	100.00	108.97	108.01	0.92	0.93
60.00	100.00	110.10	109.95	0.91	0.91
100.00	100.00	105.68	107.98	0.95	0.93
500.00	100.00	104.05	105.54	0.96	0.95
1000.00	100.00	106.15	106.03	0.94	0.94
10000.00	100.00	105.36	112.19	0.95	0.89



The present certificate may not be reproduced other than full, except with the prior written permission of the issuing center.  
 Calibration certificates are not valid without a signature.  
 Certificate n. 18-S-11491  
 Page 5 of 9

Z AXIS

Frequency [Hz]	Reference Field [V/m]	Measured Field [V/m] (Low Range)	Measured Field [V/m] (High Range)	Correction Factor (Low Range)	Correction Factor (High Range)
40.00	100.00	106.48	108.44	0.94	0.92
50.00	100.00	104.67	104.51	0.96	0.96
60.00	100.00	105.58	105.29	0.95	0.95
100.00	100.00	100.97	103.93	0.99	0.96
500.00	100.00	99.24	102.45	1.01	0.98
1000.00	100.00	101.26	102.53	0.99	0.98
10000.00	100.00	100.41	107.30	1.00	0.93



The present certificate may not be reproduced other than full, except with the prior written permission of the issuing center.  
 Calibration certificates are not valid without a signature.  
 Certificate n. 18-S-11491  
 Page 6 of 9

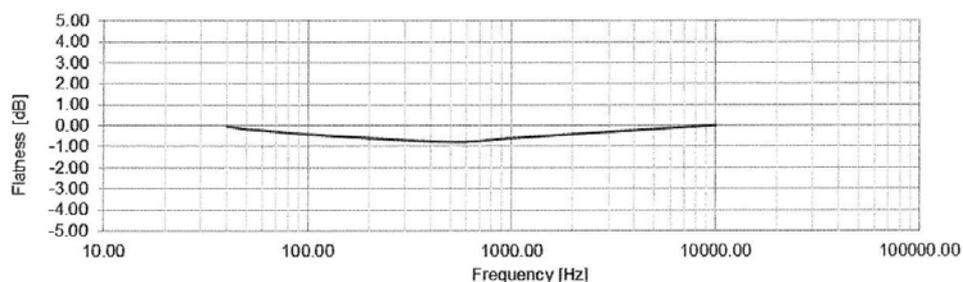
**MAGNETIC FIELD FLATNESS**

The following results were obtained from the measurements, the first set of measurements were made using the 100uT range with a reference field of 10uT. The second set of measurements were made using the 10mT range with a reference field of 50uT.

The measurements results are respectively from the X, Y and Z axis readings.

**X AXIS**

Frequency [Hz]	Reference Field [uT]	Measured Field [uT]	Correction Factor
40.00	10.00	9.96	1.00
50.00	10.00	9.79	1.02
60.00	10.00	9.74	1.03
100.00	10.00	9.53	1.05
500.00	10.00	9.15	1.09
1000.00	10.00	9.33	1.07
10000.00	10.00	10.01	1.00



Frequency [Hz]	Reference Field [uT]	Measured Field [uT]	Correction Factor
50.00	50.00	52.54	0.95
60.00	50.00	53.51	0.93

The present certificate may not be reproduced other than full, except with the prior written permission of the issuing center. Calibration certificates are not valid without a signature.

Certificate n. 18-S-11491

Page 7 of 9

Redattore e responsabile delle misure:

Oggetto:

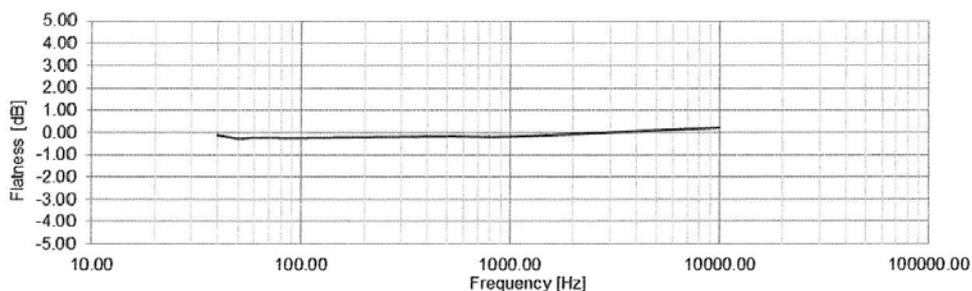
**DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA**  
IN CONVERSANO (BA)

RELAZIONE SPECIALISTICA PER IMPIANTO FOTVOLTAICO  
**VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE**

**Allegato C**

Y AXIS

Frequency [Hz]	Reference Field [uT]	Measured Field [uT]	Correction Factor
40.00	10.00	9.87	1.01
50.00	10.00	9.70	1.03
60.00	10.00	9.74	1.03
100.00	10.00	9.73	1.03
500.00	10.00	9.81	1.02
1000.00	10.00	9.80	1.02
10000.00	10.00	10.25	0.98

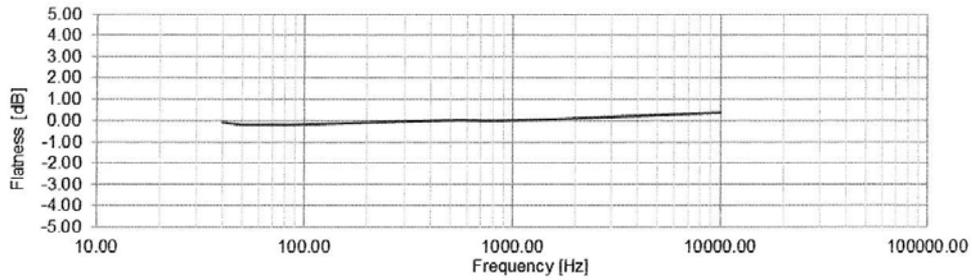


Frequency [Hz]	Reference Field [uT]	Measured Field [uT]	Correction Factor
50.00	50.00	50.69	0.99
60.00	50.00	51.87	0.96

The present certificate may not be reproduced other than full, except with the prior written permission of the issuing center.  
 Calibration certificates are not valid without a signature.  
 Certificate n. 18-S-11491  
 Page 8 of 9

Z AXIS

Frequency [Hz]	Reference Field [uT]	Measured Field [uT]	Correction Factor
40.00	10.00	9.93	1.01
50.00	10.00	9.81	1.02
60.00	10.00	9.80	1.02
100.00	10.00	9.82	1.02
500.00	10.00	10.05	1.00
1000.00	10.00	10.04	1.00
10000.00	10.00	10.46	0.96



Frequency [Hz]	Reference Field [uT]	Measured Field [uT]	Correction Factor
50.00	50.00	52.23	0.96
60.00	50.00	53.45	0.94

The present certificate may not be reproduced other than full, except with the prior written permission of the issuing center.  
 Calibration certificates are not valid without a signature.  
 Certificate n. 18-S-11491  
 Page 9 of 9

## ALLEGATO C

### Effetti Dei Campi Elettromagnetici sugli Esseri Umani

I campi elettrici e magnetici variabili nel tempo interagiscono con la materia, costituita da particelle dotate di carica elettrica, ed in particolare interagiscono con la materia costituente i sistemi biologici quali cellule od organismi complessi come piante ed animali.

Per quantificare correttamente l'energia assorbita da un materiale, più in particolare dal tessuto umano, si ricorre a grandezze dosimetriche. Queste esprimono densità di corrente, densità di potenza ed energia assorbiti per unità di superficie o di massa. Vengono quindi definite:

- **DENSITÀ DI CORRENTE 'J'**: è definita come la corrente che passa attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. E' espressa in  $A/m^2$ .
- **DENSITÀ DI POTENZA 'S'**: si impiega nel caso di 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 stessa; e espressa in  $W/m^2$ .
- **ASSORBIMENTO SPECIFICO DI ENERGIA 'SA'**: si definisce come l'energia assorbita per unità di massa di tessuto biologico e si esprime in Joule/kg.
- **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 del tessuto corporeo. Sono utilizzati sia il SAR mediato su tutto il corpo, sia valori locali per valutare e limitare la deposizione eccessiva di energia in parti piccole del corpo conseguenti a particolari condizione di esposizione. Viene misurato in  $W/kg$ .

Le grandezze appena citate sono utilizzate come riferimento per quantificare gli effetti sul corpo umano e definiscono i limiti di esposizione. Queste però non possono essere misurate direttamente sull'individuo esposto per valutare l'intensità della radiazione, per cui si ricorre a grandezze fisiche direttamente misurabili come campo magnetico ed induzione. I limiti di azione infatti, sono definiti in termini di modulo dell'induzione magnetica e del campo magnetico, ricavati attraverso modelli matematici di simulazione del comportamento del corpo umano.

Alle basse frequenze il corpo riesce ad attenuare il campo elettrico all'aumentare della frequenza, in quanto aumenta la costante dielettrica del tessuto rispetto all'aria; questo viene quindi efficacemente schermato. Viceversa il campo magnetico ovvero l'induzione magnetica resta pressoché costante in quanto i tessuti non possiedono proprietà magnetiche e quindi la loro permeabilità magnetica risulta uguale a quella dell'aria; di conseguenza l'organismo non attenua il campo magnetico. Si comprende quindi come il campo magnetico sia l'agente inquinante prevalente ai fini degli effetti biologici che si manifestano alle basse frequenze. Gli effetti diretti, a breve termine o acuti, dovuti ai campi elettromagnetici sono ben rappresentati dalla densità di corrente ( $A/m^2$ ).

Densità di corrente J [ $mA/m^2$ ]	Effetti
$J > 1000$	Extrasistole e fibrillazione: rischi ben determinati
$100 < J < 1000$	Stimolazione tessuti: possibili rischi
$10 < J < 100$	Possibili effetti sul sistema nervoso
$1 < J < 10$	Effetti biologici minori

Redattore e responsabile delle misure:

**DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA**  
IN CONVERSANO (BA)

Oggetto:

RELAZIONE SPECIALISTICA PER IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
**VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE**

**Allegato C**

## ALLEGATO C

### Effetti Dei Campi Elettromagnetici sugli Esseri Umani

Un'altra categoria di effetti sanitari è quella degli effetti a lungo termine che possono essere conseguenza di esposizioni prolungate (anche anni) a livelli di campo anche molto inferiori a quelli connessi agli effetti a breve termine.

Tutti gli effetti conosciuti dovuti a campi elettrici e magnetici variabili nel tempo sono dovuti all'induzione di campi e correnti all'interno dell'organismo esposto.

I campi elettrici esercitano delle forze su qualsiasi particella caricata elettricamente come possono essere gli ioni nei liquidi. Di conseguenza tutte le particelle che vengono investite da un campo elettrico si muovono fino a raggiungere una disposizione superficiale di equilibrio elettrostatico tale per cui all'interno del corpo umano il campo è nullo.

Nel caso in cui il campo elettrico sia variabile nel tempo le cariche modificano la loro posizione in funzione del segno del campo cercando continuamente di raggiungere l'equilibrio, creando di conseguenza un moto alternato di cariche sulla superficie (corrente elettrica indotta dal campo elettrico variabile) che aumenta di intensità all'aumentare della frequenza con cui varia il campo inducente.

In presenza di campo magnetico variabile nel tempo, invece, si attiva un meccanismo diverso in quanto questo campo genera nello spazio circostante un campo elettrico variabile nel tempo. Se il campo elettrico variabile viene prodotto direttamente all'interno del corpo umano, genera una corrente elettrica secondo la legge di Ohm:  $J = \sigma E$ .

Mentre il campo elettrico come fonte principale genera correnti superficiali al corpo, il campo magnetico provoca la circolazione di correnti all'interno del corpo stesso interessando parti molto più delicate.

Il campo elettrico generato da un campo magnetico variabile ha una distribuzione spaziale che si può visualizzare tramite linee di forza chiuse su se stesse e concatenate con le linee di forza del campo magnetico (vedi Fig. 1).

L'induzione di campi e correnti elettriche all'interno del corpo umano dà quindi luogo a due effetti biologici, entrambi potenziali cause di effetti sanitari, quelli connessi alla stimolazione elettrica dei tessuti muscolari e nervosi, e gli effetti termici connessi al riscaldamento per effetto Joule.

Quando gli effetti di questi due fenomeni si presentano subito dopo l'esposizione ai campi, si può parlare di effetti a breve termine, mentre quando si presentano dopo un certo numero di anni per un'esposizione prolungata a valori di campo inferiori si parla di effetti a lungo termine.

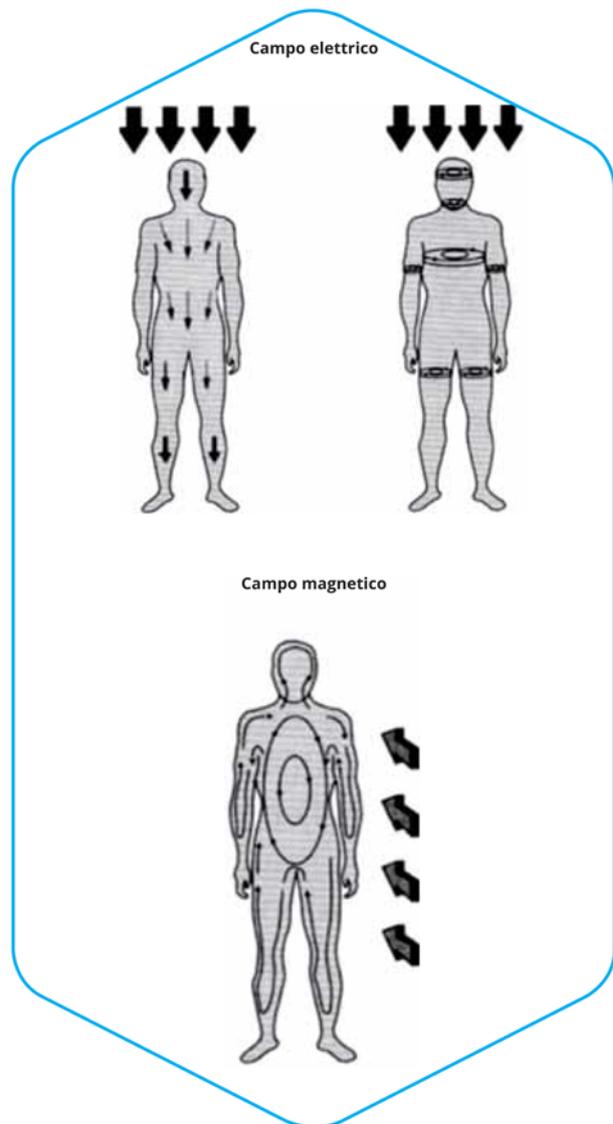


Fig. 1 - Correnti indotte nel corpo umano dall'esposizione a un campo E (verticale) o a un campo H (verticale o orizzontale)

Redattore e responsabile delle misure:

**DOTT. ING. PASQUALE FANTASIA**  
IN CONVERSANO (BA)

Oggetto:

RELAZIONE SPECIALISTICA PER IMPIANTO FOTOVOLTAICO  
**VALUTAZIONE PREVISIONALE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE**

Allegato C



**Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08**

## **Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche**



**Enel Distribuzione SpA** - Società con socio unico - Sede Legale 00198 Roma, Via Ombrone 2 - Registro Imprese di Roma, C.F. e P.I. 0577971000 - R.E.A. 922436 - Capitale Sociale Euro 2.600.000.000,00 i.v. - Direzione e coordinamento di Enel Spa

## PREMESSA

Il presente documento è stato elaborato da Enel Distribuzione S.p.A., a cura della funzione Qualità, Sicurezza ed Ambiente (QSA) in collaborazione con la funzione Ingegneria ed Unificazione (IUN), quale supporto tecnico all'applicazione del § 5.1.3 (Procedimento semplificato: calcolo della distanza di prima approssimazione) dell'Allegato al 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".

Enel Distribuzione S.p.A. è presente su gran parte del territorio nazionale e, su base territoriale, è organizzata in Unità Produttive simili che operano in attuazione di un Sistema di Gestione Ambientale, certificato conforme allo standard internazionale ISO 14001. Nell'ottica del miglioramento continuo del Sistema di Gestione Ambientale è stata realizzata l'Istruzione Operativa "Campi magnetici da correnti a 50 Hz - Distanza di Prima Approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche". Detta Istruzione è stata emessa al fine di dare un indirizzo comune a tutte le Unità Produttive relativamente all'iter autorizzativo per la costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche) ed alla fornitura di dati tecnici su richiesta delle amministrazioni locali, in sede di progettazioni di nuovi luoghi tutelati pubblici o privati.

Enel Distribuzione S.p.A., in relazione alla diffusa sensibilità in merito all'esposizione ai campi magnetici, ha realizzato, in analogia con la sopra citata Istruzione, la presente Linea Guida ad uso pubblico, al fine di semplificare ed uniformare l'approccio al calcolo della Distanza di Prima Approssimazione (procedimento semplificato per il calcolo della fascia di rispetto) dei propri impianti, fruibile sia da parte di privati in sede di realizzazione di nuovi insediamenti, che da parte degli organi di controllo in sede di verifica. La valenza della presente Linea Guida è nelle schede sintetiche riferite alla visualizzazione grafica e numerica delle DPA (calcolata in conformità alla norma CEI 211-4) per le tipologie standard di linee e cabine elettriche AT ed MT di proprietà Enel Distribuzione S.p.A.

## INDICE

<b>OBIETTIVO ED AMBITO DI APPLICAZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>RIFERIMENTI.....</b>	<b>6</b>
<b>DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI.....</b>	<b>7</b>
<b>METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO/DPA .....</b>	<b>9</b>
<b>DPA DI LINEE E CABINE .....</b>	<b>12</b>
<b>ALLEGATO A “DPA per Linee AT e Cabine Primarie” .....</b>	<b>14</b>
<b>ALLEGATO B “DPA per Linee MT e Cabine Secondarie” .....</b>	<b>34</b>

## OBIETTIVO ED AMBITO DI APPLICAZIONE

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

- i limiti di esposizione del campo elettrico<sup>1</sup> (5 kV/m) e del campo magnetico (100  $\mu$ T) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il valore di attenzione (10  $\mu$ T) e l'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati)<sup>2</sup>.

Il **valore di attenzione** si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; **l'obiettivo di qualità** si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (*Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti*). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

“La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti” prevede una procedura semplificata di valutazione con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA), oggetto della presente Linea Guida. Detta DPA, nel rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T del campo magnetico (art. 4 del DPCM 8 luglio 2003), si applica nel caso di:

- realizzazione di nuovi elettrodotti (inclusi potenziamenti) in prossimità di luoghi tutelati;
- progettazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

In particolare, al fine di agevolare/semplificare:

- l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio degli elettrodotti (linee e cabine elettriche);
- le attività di gestione territoriale relative a progettazioni di nuovi luoghi tutelati e a richieste di redazione dei piani di gestione territoriale, inoltrate dalle amministrazioni locali;

sono state elaborate le schede sintetiche con le DPA per le tipologie ricorrenti di linee e cabine elettriche di proprietà Enel Distribuzione di nuova realizzazione e che possono essere prese a riferimento anche per gli elettrodotti in esercizio. Dette distanze sono state

<sup>1</sup> Il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV, come da misure e valutazioni, non supera mai il limite di esposizione per la popolazione di 5 kV/m.

<sup>2</sup> Nel successivo § 4 sono contenute le definizioni normative dei limiti di esposizione, del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità.

calcolate in conformità al procedimento semplificato per il calcolo della fascia di rispetto di cui al § 5.1.3 del Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008).

Nelle schede sintetiche sopra citate, allegate alla presente Linea Guida, sono tabellate le DPA, in relazione alla geometria dei conduttori e alla portata di corrente in servizio normale, delle:

- A) linee AT e Cabine Primarie (CP);
- B) linee MT e Cabine Secondarie (CS).

Anche per casi complessi, individuati dal suddetto § 5.1.3 (parallelismi, incroci tra linee, derivazioni o cambi di direzioni) è previsto un procedimento semplificato che permette di individuare aree di prima approssimazione (secondo quanto previsto nel successivo § 5.1.4), che hanno la medesima valenza delle DPA.

Le DPA permettono, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dell'esposizione ai campi magnetici.

Si precisa, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle **linee elettriche aeree ed interrato**, esistenti ed in progetto ad esclusione di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree - *Figura 1*);

in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.

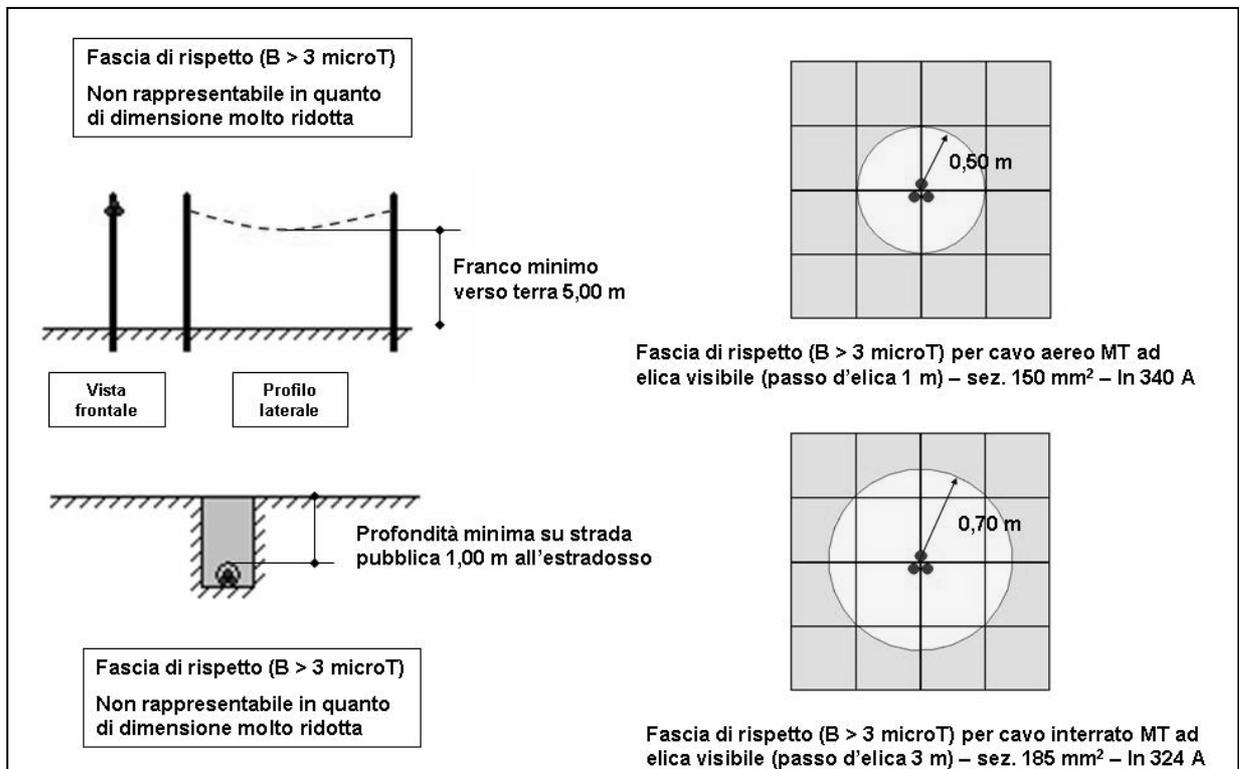


Figura 1 – Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale “Elico” della piattaforma “EMF Tools”, che tiene conto del passo d'elica.

Si evidenzia infine che le fasce di rispetto (comprese le correlate DPA) non sono applicabili ai luoghi tutelati esistenti in vicinanza di elettrodotti esistenti. In tali casi, l'unico vincolo legale è quello del non superamento del valore di attenzione del campo magnetico ( $10 \mu\text{T}$  da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio); solo ove tale valore risulti superato, si applicheranno le disposizioni dell'art. 9 della Legge 36/2001.

## RIFERIMENTI

- 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”.
- DM 21 marzo 1988, n. 449 “Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee aeree esterne” e s.m.i.”.

- CEI 11-60 “Portata al limite termico delle linee elettriche esterne con tensione maggiore di 100 kV”.
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”.
- CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I”.
- CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche”.
- Rapporto CESI-ISMES A7034603 “Linee Guida per l’uso della piattaforma di calcolo - EMF Tools v. 3.0”.
- Rapporto CESI-ISMES A8021317 “Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie”.

## DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

Valgono le definizioni di seguito riportate, per la maggior parte contenute nella Legge 36/2001, nel DPCM 8 luglio 2003 e nel Decreto 29 maggio 2008.

- **Autorità competenti ai fini dei controlli:** sono le autorità di cui all’art. 14 della Legge 36/2001 (*le amministrazioni provinciali e comunali, al fine di esercitare le funzioni di controllo e di vigilanza sanitaria e ambientale, utilizzano le strutture delle Agenzie Regionali per la Protezione dell’Ambiente*).
- **Autorità competenti ai fini delle autorizzazioni:** sono le autorità competenti al rilascio delle autorizzazioni per la costruzione e/o l’esercizio di elettrodotti e/o insediamenti e/o aree di cui all’art. 4 del DPCM 8 luglio 2003 (*aree gioco per l’infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore*).
- **Campata:** elemento minimo di una linea elettrica sotteso tra due sostegni.
- **Distanza di Prima Approssimazione (DPA):** per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all’esterno delle fasce di rispetto (*Figura 2*). Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra (*Scheda B10*).
- **Elettrodotto:** è l’insieme delle linee elettriche delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione.
- **Fascia di rispetto:** è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un’induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all’obiettivo di qualità ( $3 \mu T$ ). Come prescritto dall’articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all’interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore (*Figura 2*).

Si ricorda che le Regioni (fermi i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità) nella definizione dei tracciati degli elettrodotti che ricadono nella loro competenza autorizzativa, devono tener conto anche delle fasce di rispetto determinate secondo la metodologia in allegato al Decreto 29 maggio 2008 (art. 8, c. 1, lett. b) della Legge 36/2001).

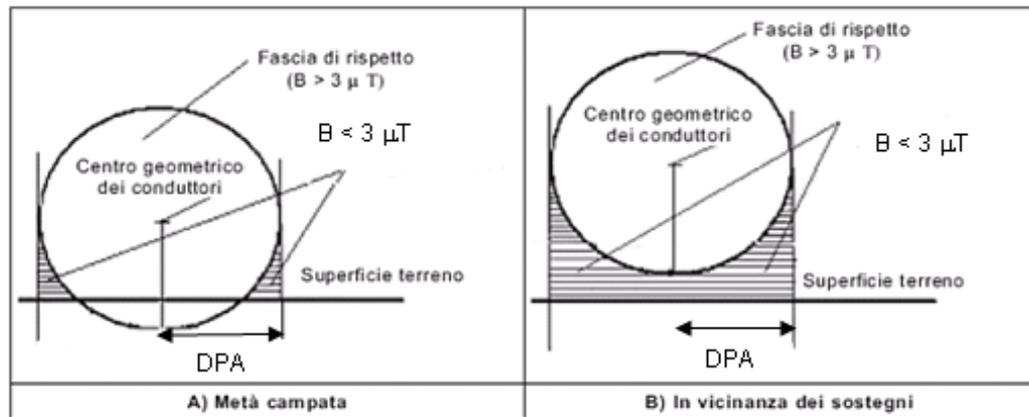


Figura 2 - Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

**N.B.** La dimensione della DPA delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore (interpretazione prevalente delle ARPA).

- **Impianto:** officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine di Primarie e Secondarie e Cabine Utente.
- **Limiti di esposizione** (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 1): nel caso di esposizione, *della popolazione*, a campi elettrici e magnetici, alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- **Linea:** collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti.
- **Luoghi tutelati** (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.
- **Obiettivo di qualità** (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione *della popolazione* ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato

l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

- **Portata in corrente in servizio normale:** è la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 § 2.6.

*La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata":*

- *per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;*
  - *per gli elettrodotti aerei con tensione <100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;*
  - *per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 § 3.5 e § 4.2.1 come **portata in regime permanente** (massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato).*
- **Sostegno:** elemento di supporto meccanico della linea aerea.
  - **Tratta:** porzione di tronco (campate contigue) avente caratteristiche omogenee di tipo elettrico, di tipo meccanico (tipologia del conduttore, configurazione spaziale dei conduttori sui tralicci, ecc.) e relative alla proprietà.
  - **Tronco:** collegamento metallico che permette di unire fra loro due impianti (*corrisponde alla linea a due estremi*).
  - **Valore di attenzione** (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione *della popolazione* da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di  $10 \mu\text{T}$ , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

## METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE FASCE DI RISPETTO/DPA

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, prevede che il proprietario/gestore dell'elettrodotto comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto ed i dati utilizzati per il calcolo dell'induzione magnetica, che va eseguito, ai sensi del § 5.1.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), sulla base delle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea, tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti. Detto calcolo delle fasce di rispetto va eseguito utilizzando modelli:

1. bidimensionali (2D), se sono rispettate le condizioni di cui al § 6.1 della norma CEI 106-11 Parte I;

2. tridimensionali (3D)<sup>3</sup>, in tutti gli altri casi.

Le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con una approssimazione non superiore a 1 m.

Al fine di agevolare la gestione territoriale ed il calcolo delle fasce di rispetto il Decreto introduce una procedura semplificata (§ 5.1.3), per il calcolo della DPA ai sensi della CEI 106-11 che fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli, secondo il quale il proprietario /gestore deve:

1. 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 di linea (la configurazione ottenuta potrebbe non corrispondere ad alcuna campata reale);
2. proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
3. comunicare l'estensione rispetto alla proiezione al centro linea: tale distanza (DPA) sarà adottata in modo costante lungo il tronco.

Nei casi complessi, quali parallelismi, incroci tra linee o derivazioni e cambi di direzione, il Decreto sopraccitato introduce, al § 5.1.4, la possibilità per il proprietario/gestore di individuare l'Area di Prima Approssimazione (che ha la stessa valenza della DPA - § 5.1.3), da fornire alle autorità competenti:

- in fase di progettazione di nuovi elettrodotti;
- su richiesta puntuale delle medesime autorità competenti per il rilascio di autorizzazioni alla realizzazione di nuovi luoghi tutelati in prossimità di elettrodotti esistenti.

In fase di progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati, allorquando risulti che la DPA relativa all'impianto da realizzare includa, se pur parzialmente, tali luoghi, per una corretta valutazione si dovrà procedere al calcolo esatto della fascia di rispetto lungo le necessarie sezioni, tenendo conto della portata in corrente in servizio normale dichiarata nel procedimento autorizzativo.

In fase di progettazione di nuovi luoghi tutelati, allorquando dette realizzazioni si dovessero trovare, se pur parzialmente, all'interno della DPA, *le autorità competenti* potranno chiedere al proprietario/gestore il calcolo esatto della fascia di rispetto lungo le necessarie sezioni, al fine di consentire una corretta valutazione.

In entrambi i casi, qualora la fascia di rispetto, ottenuta con calcolo esatto, includa, se pur parzialmente, il luogo tutelato si dovrà prevedere una variante al progetto, in quella specifica sezione, che non presenti luoghi tutelati all'interno della fascia di rispetto.

Il calcolo sarà effettuato con modello bidimensionale (2D), se rispettate le condizioni di cui alla CEI 106-11, o con modello tridimensionale (3D) in caso contrario. La determinazione della fascia di rispetto è finalizzata alla definizione del volume, attorno ai conduttori, al cui interno si potrebbe avere una induzione magnetica superiore a 3 µT e non all'individuazione della proiezione verticale al suolo di detto volume, come invece

<sup>3</sup> I modelli 3D non sono ancora standardizzati. Al momento si stanno valutando i software disponibili in commercio che siano in grado di soddisfare i requisiti definiti nel DM 29.05.08.

definito in maniera semplificata dalla procedura di calcolo della DPA. Pertanto il calcolo richiesto dalle autorità competenti va effettuato soltanto in corrispondenza della sezione di interesse, ovvero interferente con un luogo tutelato di cui all'art. 4 c. 1 lettera h) della Legge 36/2001.

Nei casi complessi (§ 5.1.4 del Decreto 29 maggio 2008) quali:

- parallelismi AT (§ 5.1.4.1);
- incroci AT/AT (§ 5.1.4.4), AT/MT e MT/MT (§ 5.1.4.5);
- cambi di direzione linee AT (§ 5.1.4.2), MT (§ 5.1.4.3);

il calcolo della fascia può essere effettuato, su richiesta puntuale delle autorità competenti, con i seguenti approcci:

1. Metodo semplificato, che permette di individuare l'Area di Prima Approssimazione, determinata sulla base di specifici incrementi parametrizzati per una prima verifica da parte delle autorità competenti, in sede di autorizzazione alla realizzazione di nuovi luoghi tutelati o nuovi elettrodotti;
2. Modello 3D in caso di luoghi tutelati in progettazione interni all'Area di Prima Approssimazione, al fine di fornire la reale fascia di rispetto al richiedente l'autorizzazione. Nel caso di incroci di linee di proprietari/gestori diversi, questi devono eseguire il calcolo con approccio congiunto.

Nel caso di **cabine elettriche**, ai sensi del § 5.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (GU n. 156 del 5 luglio 2008), la fascia di rispetto deve essere calcolata come segue:

1. Cabine Primarie, generalmente la DPA rientra nel perimetro dell'impianto (§ 5.2.2) in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro.
2. Cabine Secondarie, nel caso di cabine di tipo box (con dimensioni mediamente di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, va calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1) applicando la seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * \sqrt{I}$$

Per Cabine Secondarie differenti dallo standard "box" o similare sarà previsto il calcolo puntuale, da applicarsi caso per caso.

Per Cabine Secondarie di sola consegna MT la Dpa da considerare è quella della linea MT entrante/uscente; qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad una "box", la Dpa va calcolata con la formula di cui sopra (§ 5.2.1. del DM 29.05.08).

Nel caso di più cavi per ciascuna fase in uscita dal trasformatore va considerato il cavo unipolare di diametro maggiore.

Come prescritto all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 i proprietari/gestori provvedono a comunicare non solo l'ampiezza delle fasce di rispetto, ma anche i dati per il calcolo delle stesse ai fini delle verifiche delle autorità competenti, trasmessi mediante relazione

contenente i dati caratteristici delle linee o cabine e le relative DPA, come riportati negli **allegati A e B** della presente Linea Guida, rispettivamente per linee AT/Cabine Primarie e per linee MT/Cabine Secondarie.

## DPA DI LINEE E CABINE

In sede di verifica preliminare del rispetto dell'obiettivo di qualità, ai fini della richiesta di autorizzazione all'edificazione, è possibile effettuare una rapida valutazione in sito della DPA nella campata di linea in esame. Il procedimento di valutazione prevede di riconoscere la tipologia delle teste dei due sostegni, che delimitano la campata, e successivamente, dalle schede allegate, di individuare la relativa DPA. La campata in oggetto sarà caratterizzata dalla DPA più grande tra le due, cioè quella della testa del sostegno con geometria più cautelativa (DPA maggiore) e sul quale è presente il conduttore di sezione più grande. Se il luogo tutelato risulta esterno a tale DPA si prosegue nella progettazione, altrimenti si rende necessario chiedere informazioni di dettaglio sulla linea per un calcolo puntuale della fascia di rispetto nella sezione di interesse.

In sede di progettazione di nuove linee e cabine elettriche, nel rispetto dell'obiettivo di qualità, sarà dichiarata la DPA e i dati di calcolo corrispondenti (come predisposto nelle schede allegate).

Detta DPA, analogamente al caso di verifica preliminare, va individuata tra le schede allegate, combinando la configurazione dei conduttori, la geometria di fase e la portata in servizio normale che forniscano la situazione più cautelativa.

Le DPA, di cui agli allegati A e B della presente Linea Guida, sono state simulate ed elaborate con il software EMF Tools v. 3.0 del CESI, che raccoglie, in unica piattaforma diversi moduli di calcolo dei campi elettrici e magnetici, associabili alle varie tipologie di sorgenti esistenti (EMF v. 4.06, CEMCabine v. 1.0, Fasce v. 1.0, ecc.). La modellizzazione delle sorgenti fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed è bidimensionale per le linee elettriche e tridimensionale per le cabine elettriche. Per la determinazione delle DPA si è fatto riferimento alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto.

Le DPA per linee aeree ed interrate di AT, per linee aeree di MT e per le cabine elettriche, fa riferimento alle seguenti teste dei sostegni e configurazioni elettriche:

### A. Linee AT

- A 1. Semplice terna con mensole normali (132/150 kV);
- A 2. Semplice terna con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 3. Semplice terna a bandiera con mensole normali (132/150 kV);
- A 4. Semplice terna a bandiera con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 5. Tubolare semplice terna con mensole isolanti a triangolo (132/150 kV);
- A 6. Semplice terna a delta (132/150 kV);
- A 7. Semplice terna tipo portale (132/150 kV);

- A 8. Semplice terna con mensole normali (220 kV);
- A 9. Doppia terna con mensole normali (132/150 kV);
- A 10. Doppia terna ottimizzata con mensole normali (132/150 kV);
- A 11. Doppia terna con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 12. Doppia terna ottimizzata con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 13. Tubolare doppia terna con mensole isolanti (132/150 kV);
- A 14. Cavi interrati semplice terna disposti in piano (132/150 kV);
- A 15. Cavi interrati semplice terna disposti a trifoglio (132/150 kV);
- A 16. Cabina primaria isolata in aria (135/150-15/20 kV).

Cabine Primarie: la DPA è sicuramente interna alla cabina se sono rispettate le seguenti distanze dal perimetro esterno, non interessato dalle fasce di rispetto delle linee in ingresso/uscita:

- 14 m dall'asse delle sbarre di AT in aria;
- 7 m dall'asse delle sbarre di MT in aria.

## B. Linee MT

- B 1. Semplice terna con isolatori rigidi (15/20 kV);
- B 2. Semplice terna - mensola boxer (15/20 kV);
- B 3. Semplice terna con isolatori sospesi (15/20 kV);
- B 4. Semplice terna con isolatori sospesi su traliccio (15/20 kV);
- B 5. Semplice terna a bandiera (15/20 kV);
- B 6. Semplice terna capolinea in amarro (15/20 kV);
- B 7. Posto di Trasformazione su Palo - alimentazione da linea in conduttori nudi (15/20 kV);
- B 8. Posto di Trasformazione su Palo – alimentazione con cavo ad elica visibile (15/20 kV);
- B 9. Doppia terna con isolatori sospesi non ottimizzata (15/20 kV);
- B 10. Cabina secondaria di tipo “box” o similari, alimentata in cavo sotterraneo (15/20 kV).

Posto di trasformazione su Palo (PTP): esso è per definizione un elemento di linea (norme CEI 11-1). Considerate le potenze limitate dei trasformatori installabili sul PTP (max 160 kVA), le geometrie delle discese dagli amarri dei conduttori di linea ai passanti del TR e l'impiego per le uscite di bassa tensione di cavo cordato ad elica, la DPA risultante ha un'ampiezza inferiore alla distanza prevista dal DM 21.03.88, n. 449 e s.m.i.

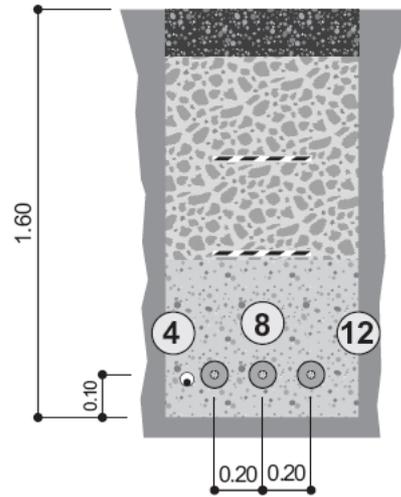
## **ALLEGATO A**

### **“DPA per Linee AT e Cabine Primarie”**

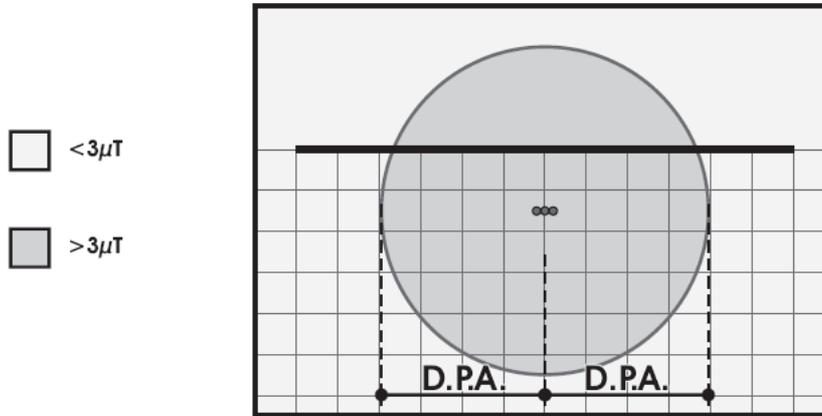
*Le DPA sono state simulate ed elaborate con il software EMF Tools v.3.0 del CESI, la cui modellizzazione delle sorgenti è bidimensionale e fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla normativa applicabile.*

*Per quanto riguarda le Cabine Primarie, si rimanda al rapporto CESI-ISMES A8021317 “Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per cabine primarie”.*

**A14 - CAVI INTERRATI - Semplice Tema cavi disposti in piano (serie 132/150 kV)**

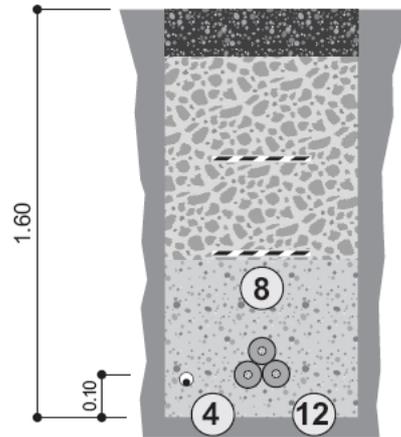


**RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.**

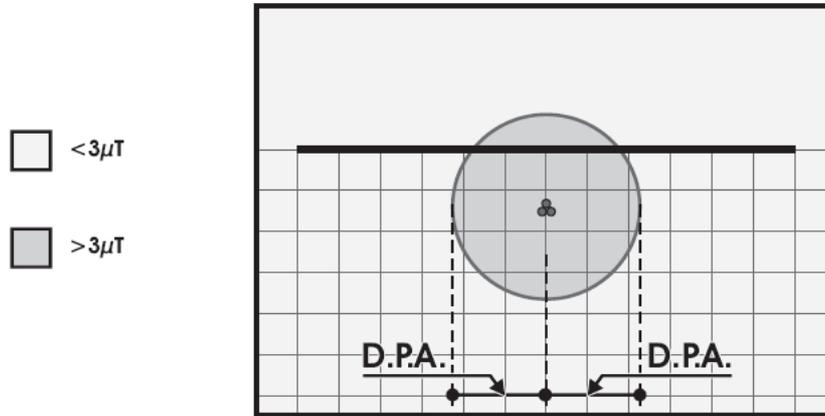


CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO				
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm <sup>2</sup> ]	CEI - 11-60 Portata [A]		
		Corrente A	D.P.A. m	Riferimento
108	1600	1110	5.10	A14

**A15 - CAVI INTERRATI - Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV)**

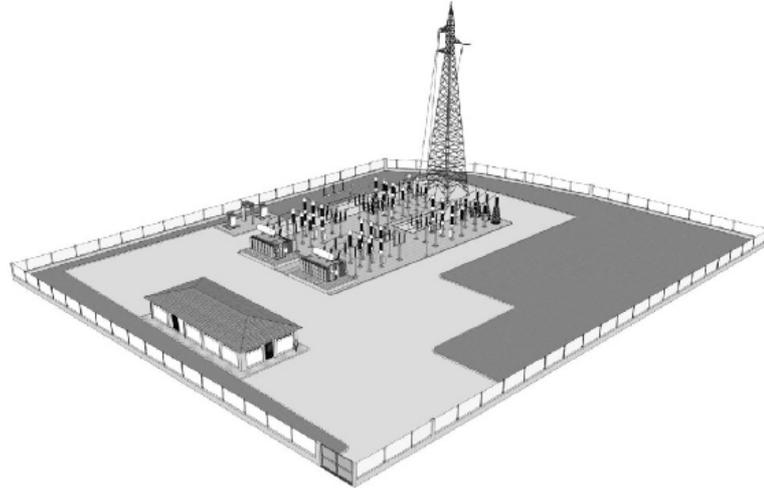


**RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.**

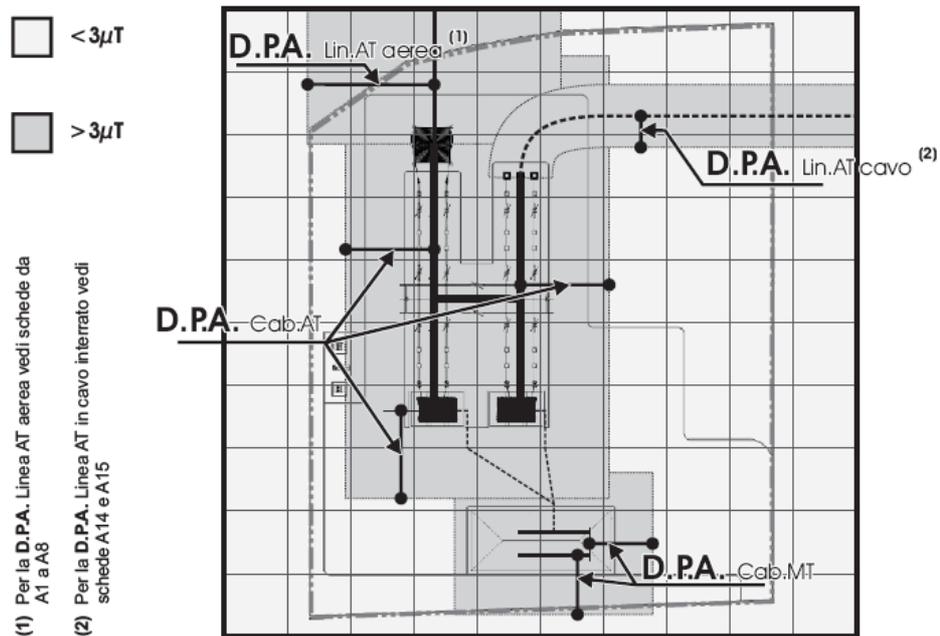


CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO				
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm <sup>2</sup> ]	CEI - 11-60 Portata [A]		
		Corrente A	D.P.A. m	Riferimento
108	1600	1110	3.10	A15

A16 - Cabina primaria isolata in aria (132/150-15/20 kV)



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



Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	Riferimento
	m	m	A	m	m	A	
63	14	2.20	870	7	0.38	2332	A16



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

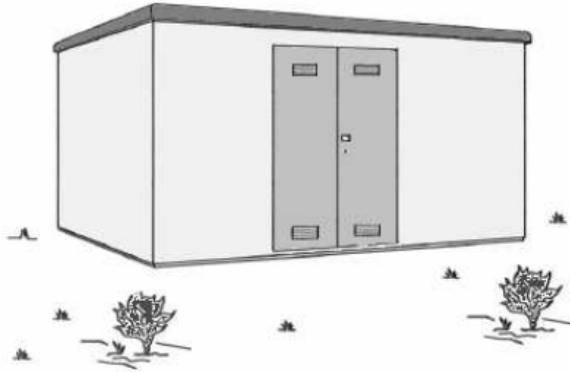
DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI  
QSA/IUN

## **ALLEGATO B**

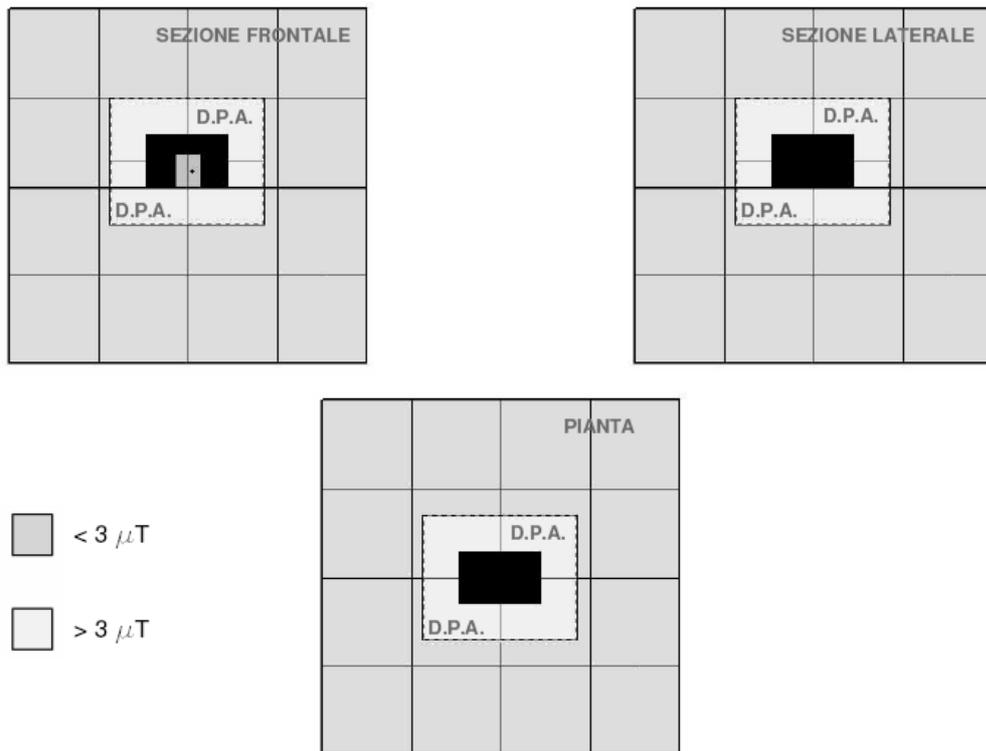
### **“DPA per Linee MT e Cabine Secondarie”**

*Le DPA sono state simulate ed elaborate con il software EMF Tools v.3.0 del CESI, la cui modellizzazione delle sorgenti è bidimensionale e fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla normativa applicabile.*

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



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



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