

**SOGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



**CODICE**  
**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

**PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO “LARINO 8” CON  
PRODUZIONE DI LEGUMINOSE DA GRANELLA E COLTURE DA RINNOVO IN  
ROTAZIONE, DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI URURI E CON OPERE DI  
CONNESSIONE NEI COMUNI DI MONTORIO NEI FRENTANI E LARINO (CB) –  
POTENZA 21,017 MWp**

## **RELAZIONE VALUTAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI**



SCS Ingegneria S.R.L.  
Via F.do Ayroldi, 10  
72017 – Ostuni (BR)  
Tel/Fax 0831.336390  
www.scsingegneria.it

**IL PROGETTISTA:**  
**ING. ANTONIO SERGI**

**DATA: 21/09/2022**

**Scopo Documento / Utilization Scope: PROGETTO DEFINITIVO**

REV. N.	DATA	DESCRIZIONE	PREPARATO	APPROVATO
00	21/09/2022	Prima emissione	Team SCS	A. Sergi

PROGETTO/Project “LARINO 8”	SCS CODE																		
	COMPANY	PURPOSE	TYPE	DISCIPLINE	COUNTRY	TEC.	PLANT	PROGRESSIVE	REVISION										
	SCS	DES	P	G	E	N	I	T	A	P	5	0	5	1	0	1	5	0	0

**SOGGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

2 di/of 38

## INDICE

<b>1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO</b> .....	3
<b>1.1.D.P.C.M. 22.02.2001 N.36</b> .....	4
<b>1.2.D.M. AMBIENTE 29.05.2008 APPROVAZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO PER GLI ELETTRODOTTI.</b> .....	5
<b>1.3.D.M. AMBIENTE 29.05.2008 APPROVAZIONE DELLE PROCEDURE DI MISURA E VALUTAZIONE DELL'INDUZIONE MAGNETICA</b> .....	7
<b>1.4.LINEE GUIDA ENEL PER APPLICAZIONE DEL PAR. 5.1.3 ALLEGATO D.M. AMBIENTE 29.05.2008</b> .....	8
<b>1.5.D.P.C.M 08/07/2003</b> .....	9
<b>2. SOFTWARE UTILIZZATO PER LO STUDIO DI COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA</b> .....	10
<b>3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO</b> .....	10
<b>3.1.LAYOUT D'IMPIANTO</b> .....	12
<b>3.2.LINEE ELETTRICHE MT DI COLLEGAMENTO</b> .....	13
<b>3.3.CABINE DI CONVERSIONE</b> .....	13
<b>3.4.CABINA DI RACCOLTA MT E CABINA GENERALE MT</b> .....	20
<b>3.5.SOTTOSTAZIONE DI CONDIVISIONE SSU E CAVIDOTTO AT</b> .....	20
<b>4. FONTI DI EMISSIONE</b> .....	20
<b>5. VALORI DI RIFERIMENTO</b> .....	21
<b>6. VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO</b> .....	21
<b>7. VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO</b> .....	22
<b>8. METODOLOGIA DI CALCOLO</b> .....	22
<b>8.1.CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALLE LINEE ELETTRICHE INTERRATE</b> .....	23
<b>8.2.CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALLE CABINE ELETTRICHE</b> .....	26
<b>9. CALCOLO E VERIFICA</b> .....	27
<b>9.1.VALUTAZIONE DELLE DPA PER LE LINEE ELETTRICHE INTERRATE MT</b> .....	28
<b>9.2.VALUTAZIONE DELLE DPA PER LE CABINE DI CONVERSIONE</b> .....	36
<b>9.3.VALUTAZIONE DELLE DPA PER LE CABINE GENERALE</b> .....	36
<b>10. ABBATTIMENTO DEL CAMPO ELETTRICO</b> .....	37
<b>11. CONCLUSIONI</b> .....	38

## 1. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Viene di seguito riportato il quadro normativo di riferimento in materia di valutazione dei campi elettromagnetici:

- Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 08/07/2003, "Fissazione 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", G.U. 28 agosto 2003, n. 200;
- Decreto del 29/05/08, "Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica";
- Linee Guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al D.M.Ambiente 29.05.2008 – Distanza di prima approssimazione (Dpa) da linee e cabine elettriche;
- Regio Decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici;
- Legge 23 luglio 2009, n°99 , "Disposizioni per lo sviluppo e l'internazionalizzazione delle imprese, nonchè in materia di energia";
- Decreto del 27/02/09 , Ministero della Sviluppo Economico;
- DM del 29.5.2008, "Approvazione della metodologia di calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) – Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo";
- Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche
- Norma CEI 211-6 "Guida per la misura e la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana".
- Norma CEI 11-17: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo

### **1.1. D.P.C.M. 22.02.2001 N.36**

Il DPCM 22.02.2001 n. 36 detta i principi fondamentali diretti ad assicurare la tutela della salute dei lavoratori e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, promuovere la ricerca scientifica per la valutazione degli effetti a lungo termine ed assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio promuovendo l'innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l'intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

In particolare la legge trova applicazione, tra l'altro, agli elettrodotti intesi come insieme di linee elettriche, sottostazione e cabine di trasformazione.

In base alla legge quadro, per esposizione si intende la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. In base alla medesima legge, si intende per limite di esposizione il valore del campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute, da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori.

La legge quadro introduce altresì il valore di attenzione, quale valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate.

La stessa legge individua le funzioni dello Stato, delle Regioni, delle Province e dei Comuni.

In particolare, lo Stato esercita le funzioni relativamente a:

- Determinazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, in relazione al preminente interesse nazionale per la definizione di criteri unitari e normative omogenee;
- Promozione di attività di ricerca e sperimentazione tecnico – scientifica;
- Istituzione del catasto nazionale delle sorgenti fisse e mobili dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e delle zone territoriali interessate, al fine di rilevare i livelli di campo presenti nell'ambiente;
- Determinazione dei criteri di elaborazione dei piani di risanamento;
- Individuazione delle tecniche di misurazione e di rilevamento dell'inquinamento elettromagnetico;
- Realizzazione di accorsi di programma con i titolari di elettrodotti al fine di promuovere tecnologie e tecniche di costruzione degli impianti che consentano di minimizzare le emissioni e di tutelare il paesaggio;

<b>SOGGETTO PROPONENTE:</b> <b>VERDE 5 S.r.l.</b> VIA MIKE BONGIORNO 13 CAP 20124 Milano (MI) REA MI - 2629519 PEC verde5srl@pec.buffetti.it		<i>CODE</i> <b>SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00</b>
		<i>PAGE</i> 5 di/of 38

- Definizione dei tracciati degli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV;
- Determinazione dei parametri per la previsione di fasce di rispetto per elettrodotti, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario o comunque ad uso comparti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Le competenze delle regioni sono precisate dall'art. 8 della Legge n. 36/2001.

In particolare, nel rispetto dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità nonché dei criteri e delle modalità fissati dallo Stato, sono di competenza delle regioni, le seguenti funzioni:

- Definizioni dei tracciati degli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV, con la previsione di fasce di rispetto e dell'obbligo di segnalarle;
- Modalità per il rilascio delle autorizzazioni alla installazione degli impianti, in conformità ai criteri di semplificazione amministrativa, tenendo conto dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici preesistenti;
- Realizzazione e gestione, in coordinamento con il catasto nazionale, di un catasto delle sorgenti fisse dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, al fine di rilevare i livelli dei campi sul territorio regionale, con riferimento alle condizioni di esposizione della popolazione;
- Individuazione di strumenti ed azioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità;
- Concorso all'approfondimento delle conoscenze scientifiche relative agli effetti per la salute derivanti dall'esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;

#### **1.2. D.M. AMBIENTE 29.05.2008 APPROVAZIONE DELLA METODOLOGIA DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO PER GLI ELETTRODOTTI**

Con il D.M. 29.05.2008 viene approvata la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti elaborata dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici nel rispetto dei principi della Legge Quadro n.36/2001 e del D.P.C.M. 08.07.2003.

La metodologia elaborata dall'ARPAT spiega che la tutela prevista dal DPCM 08.07.2003 si esplica sia sull'esercizio degli elettrodotti sia sulla regolamentazione delle nuove installazioni e/o dei nuovi insediamenti in prossimità di elettrodotti esistenti.

Il primo caso, che non è oggetto della metodologia, trova attuazione attraverso gli strumenti della vigilanza sul rispetto di limitazioni nell'esercizio degli elettrodotti e tiene conto dell'effettiva esposizione delle popolazioni.

**SOGGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

6 di/of 38

Il secondo caso si attua mediante gli strumenti di pianificazione territoriale ed in particolare mediante la previsione di fasce di rispetto.

La metodologia approvata dal D.M.Ambiente 29.05.2008, elaborata dall'ARPAT ai sensi dell'art.6 comma 2 del DPCM 08.07.2003, ha lo scopo di fornire la procedura per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree ed interrato, esistenti ed in progetto, che devono attribuirsi ove sia applicabile, in base allo stesso DPCM, l'obiettivo di qualità.

Secondo la metodologia ARPAT, per "Fascia di rispetto" si intende lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra ed al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità, con la conseguenza che, in base all'art.4 comma 1 lettera h della Legge Quadro n.36/2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

In base alla stessa metodologia, per "Distanza di prima approssimazione" (Dpa) per le linee si intende la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

Pertanto, per linee elettriche aeree e non, lo spazio costituito da tutti i punti caratterizzati da valori di induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità, definisce attorno ai conduttori un volume e, la superficie di questo volume delimita la fascia di rispetto pertinente ad una o più linee elettriche aeree e non.

Per le cabine, la "Distanza di prima approssimazione" è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto.

In ogni caso le superfici definite dai punti di valore equivalente all'obiettivo di qualità comprendono al loro interno tutti i punti con valore di induzione maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Ai sensi dell'art.6 comma 1 del DPCM 08.07.2003, la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata.

Per linee aeree con tensione superiore a 100 kV la portata di corrente in servizio normale viene calcolata ai sensi della norma CEI 11-60.

Per gli elettrodotti aerei con tensione inferiore a 100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata di 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, la corrente da utilizzare nel calcolo è la portata in regime permanente come

definita nella norma CEI 11-17, ovvero il 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.

In base al D.M. Ambiente 29.05.2008, restano escluse dall'applicazione della metodologia le linee esercite a frequenze diverse da quella di rete (50 Hz), le linee definite di classe zero e di prima classe secondo il D.I. 21.03.1988 n.449, nonché le linee in MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree) in quanto, in tutti questi casi, le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiori alle distanze previste dal D.I. n.449/88 e dal D.M.LL.PP. del 16.01.1991.

### **1.3. D.M. AMBIENTE 29.05.2008 APPROVAZIONE DELLE PROCEDURE DI MISURA E VALUTAZIONE DELL'INDUZIONE MAGNETICA**

Con il D.M. 29.05.2008 viene approvata la metodologia di calcolo per la procedura di misura e valutazione dell'induzione magnetica ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità, elaborata dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici nel rispetto dei principi della Legge Quadro n.36/2001 e del D.P.C.M. 08.07.2003.

La metodologia elaborata dall'ARPAT spiega che le procedure individuate si riferiscono a valutazioni dell'induzione magnetica basate su misure e non su simulazioni modellistiche, rivestono carattere di ampia generalità e risultano applicabili anche a casi particolari.

La tutela di cui al DPCM 08.07.2003 si esplica sia sull'esercizio degli elettrodotti sia sulla progettazione delle nuove installazioni e (o nuovi insediamenti presso elettrodotti preesistenti). L'attuazione della vigilanza sul rispetto di limitazione nell'esercizio degli elettrodotti tiene conto dell'effettiva esposizione delle popolazioni. La grandezza fisica oggetto dei controlli è l'induzione magnetica, variabile in funzione della richiesta dell'utenza, della disponibilità di energia e delle condizioni di carico della rete.

L'art.3 comma 2 del DPCm 08.07.2003 prescrive che si assuma per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10  $\mu$ T, inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'art.4 comma 2 del DPCm 08.07.2003 fissa l'obiettivo di qualità in 3  $\mu$ T, inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Nello stesso tempo, la metodologia spiega che le misure ai fini del non superamento dei limiti di esposizione non sono oggetto del documento elaborato.

L'art.5 comma 1 del DPCM 08.07.2003 prescrive che le tecniche di misurazione da adottare sono quelle della norma CEI 211-6 (data di pubblicazione 2001-01) e successivi aggiornamenti.

**SOGGETTO PROPONENTE:**

VERDE 5 S.r.l.  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

8 di/of 38

Il valore di induzione magnetica utile per la valutazione del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità si ottiene come mediana dei valori registrati durante le misure dirette prolungate per almeno 24 ore nelle normali condizioni di esercizio. La frequenza di campionamento deve essere rappresentativa dell'andamento dell'induzione nelle 24 ore e comunque con acquisizione non inferiore ad un campione al minuto

#### **1.4. LINEE GUIDA ENEL PER APPLICAZIONE DEL PAR. 5.1.3 ALLEGATO D.M. AMBIENTE 29.05.2008**

Il documento fa seguito ad una precedente pubblicazione ENEL contenente l'Istruzione Operativa "Campi magnetici da correnti a 50 Hz – Distanza di Prima Approssimazione (*Dpa*) da linee e cabine elettriche", emanata 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 progettazione di nuovi luoghi tutelati, pubblici o privati.

Analogamente, le Linee Guida sono state elaborate da Enel Distribuzione S.p.A. al fine di semplificare ed uniformare l'approccio al calcolo della Distanza di prima approssimazione dei propri impianti, utilizzabile sia da parte dei privati in sede di realizzazione di nuovi insediamenti sia da parte degli organi di controllo in sede di verifica.

La *Dpa* viene calcolata in conformità alla norma CEI 211-4 per le tipologie standard di linee e cabine elettriche AT e MT di proprietà Enel Distribuzione S.p.A., in funzione della geometria dei conduttori e della portata di corrente in servizio normale, nei seguenti casi:

- a. linee At e Cabine Primarie (CP);
- b. linee MT e Cabine secondarie (CS).

In particolare, nel caso di cabine elettriche, secondo il § 5.2 dell'allegato al DM 29.05.2008, la fascia di rispetto viene calcolata con le seguenti modalità:

- Cabine Primarie: generalmente la *Dpa* rientra nel perimetro dell'impianto in quanto non vi sono livelli di emissione sensibili oltre detto perimetro;
- Cabine Secondarie: nel caso di cabine tipo box (mediamente con dimensioni in pianta di m 4.0 x m 2.40 con altezza di m 2.4-2.7 ed unico trasformatore) o similari, la *Dpa* intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della CS, viene calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale (*I*) in BT di uscita dal trasformatore e con la distanza tra le fasi pari al diametro reale del cavo (*x*), in base alla seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * I^{1/2}$$

Nel caso di Cabine Secondarie di sola consegna MT, la Dpa da considerare è quella della linea MT entrante/uscente e, qualora sia presente anche un trasformatore e la cabina sia assimilabile ad un box, la Dpa viene calcolata con la stessa formula.

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

### **1.5. D.P.C.M 08/07/2003**

Il DPCM 08.07.2003 fissa 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, e stabilisce un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

Gli stessi limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.

A tutela delle esposizioni a campi con frequenze comprese tra 0 Hz e 100 kHz generati da sorgenti non riconducibili agli elettrodotti, in base al DPCM, si applica l'insieme delle restrizioni di cui alla Raccomandazione CE 12.07.1999 n.99-519 pubblicata nella G.U.C.E. n.199 del 30.07.1999 relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz.

Lo stesso DPCM definisce le seguenti grandezze fisiche:

- Campo elettrico, come definito dalla norma CEI 211-6/2001-01 "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";
- Campo magnetico, come definito dalla norma CEI 211-6/2001-01 "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";
- Campo di induzione magnetica, come definita dalla norma CEI 211-6/2001-01 "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";
- Frequenza, come definita dalla norma CEI 211-6/2001-01 "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";
- Elettrodotto, definito quale insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine

di trasformazione.

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.

Nell'ambito delle misure di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, il DPCM indica per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10  $\mu$ T, da intendersi come media dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

## **2. SOFTWARE UTILIZZATO PER LO STUDIO DI COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA**

Lo studio di verifica di compatibilità elettromagnetica e le rispettive simulazioni relative al calcolo dell'intensità del campo elettromagnetico oggetto del presente documento sono state realizzate mediante l'utilizzo di software specialistico "MAGIC – Magnetic Induction Calculation", in conformità alla normativa e legislazione del settore.

Il programma di calcolo utilizzato si basa sui metodi standardizzati dal Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI 211-4, fascicolo 2840: "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche". Luglio 1996), e in accordo con le indicazioni fornite dalle norme CEI 106-11 e 106-12.

## **3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO**

Si precisa che la normativa prevede di non effettuare la valutazione dei campi magneti per i cavi ad elica visibile (tipologia di cavo utilizzato nella progettazione per la parte interna all'impianto fotovoltaico come la connessione tra singole cabine di trasformazione e tra queste e la cabina generale), si è calcolato comunque a scopo cautelativo, il campo magnetico generato considerando il massimo valore possibile di corrente in esso circolante, qualora si considerassero cavi non ad elica visibile.

L'impianto fotovoltaico in progetto è costituito da 30.240 moduli del tipo "JW-HD132N" con potenza nominale pari a 695 Wp, per una potenza complessiva di 21,017 MWp, distribuita in 9 sottocampi pari al numero di Cabine Inverter. I sottocampi, individuati appunto con le cabine di conversione, saranno di tre diverse tipologie, definibili in relazione alla potenza AC che li

caratterizza.

In particolare, le potenze che contraddistinguono i cabinati di conversione sono le seguenti:

- Conversion Unit con  $S_n = 1500$  kVA. Queste sono:
  - CU 9;
- Conversion Unit con  $S_n = 2000$  kVA. Queste sono:
  - CU 1;
  - CU 2;
  - CU 3;
  - CU 4;
  - CU 5;
  - CU 6;
  - CU 7;
  - CU 8.

La potenza in regime di corrente continua prodotta dalle stringhe di moduli fotovoltaici viene dapprima "parallelata" all'interno di quadri di parallelo di campo o string boxes per poi essere "raccolta" in ingresso alle cabine di conversione dove avviene appunto la conversione tramite l'inverter da corrente continua ad alternata e l'innalzamento di tensione a quella Mt di 30 kV del punto di connessione a mezzo dei trasformatori di potenza.

Le uscite in corrente alternata a 30 kV dei trasformatori installati all'interno delle Cabine Inverter convergeranno nel quadro di media tensione posto all'interno delle cabine inverter appartenenti alla stessa linea MT di tipo radiale oppure all'interno delle cabine MT di raccolta o generale d'impianto.

Le dorsali in media tensione saranno costituite da una o più terne di cavi interrati il cui percorso, a partire dalla Cabine Inverter, seguirà per quanto possibile il tracciato della viabilità interna le cabine MT di parallelo suddette.

### 3.1. LAYOUT D'IMPIANTO

Il Layout d'impianto si suddivide in quattro macro aree distinte individuate nei riquadri come mostrato nella figura seguente e suddivise fisicamente dalla viabilità esistente:

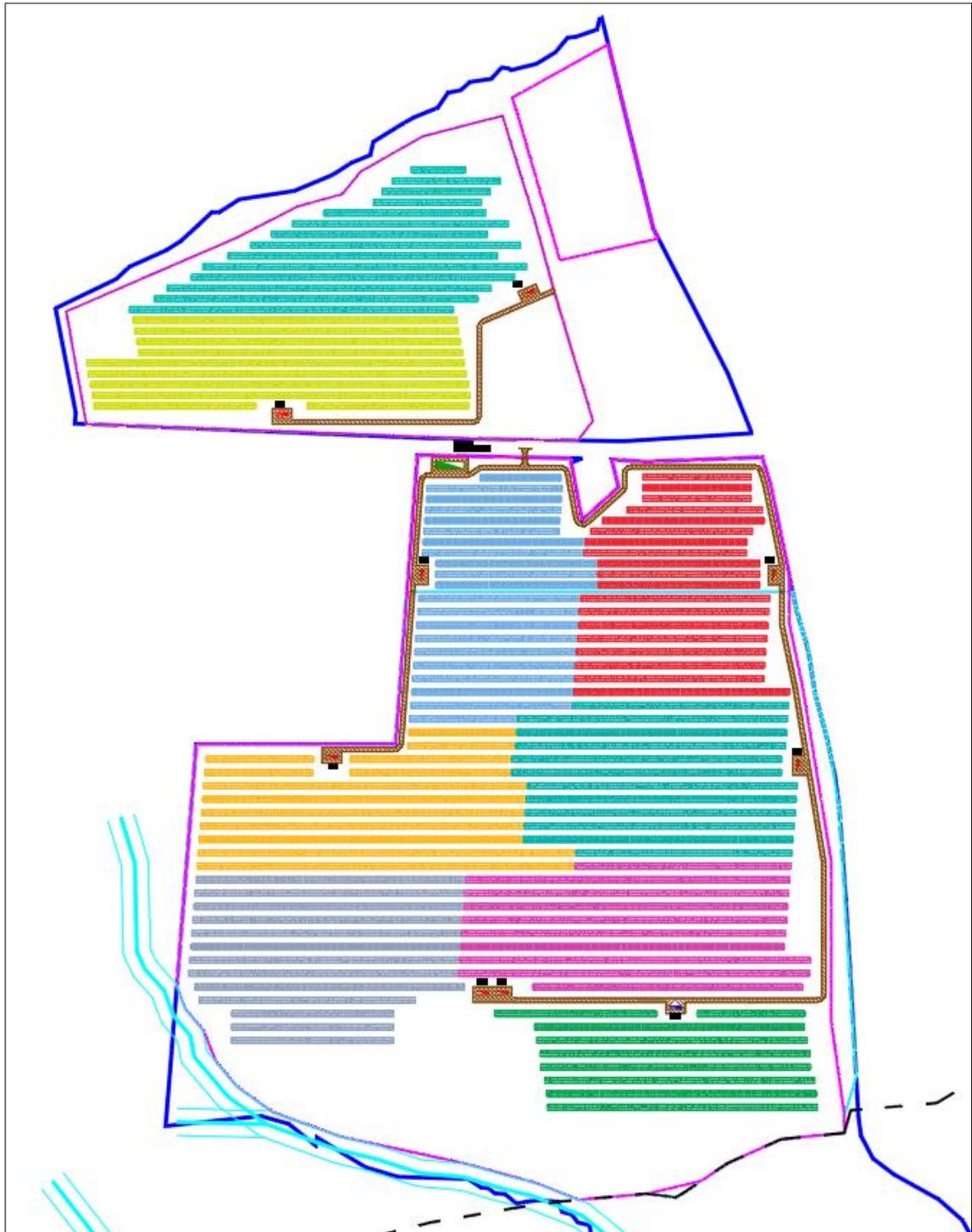


Figura 1: Layout d'impianto

### 3.2. LINEE ELETTRICHE MT DI COLLEGAMENTO

I cavi MT prescelti, idonei per l'installazione nelle reti di distribuzione di energia, saranno del tipo 18/30 kv.

Saranno inoltre scelti con caratteristiche idonee per le installazioni fisse interne o esterne e adatti alla posa direttamente interrata.

E' stata definita la sezione del cavo in base alla portata tratta dalla norma IEC 60502 e ridotta con l'applicazione dei coefficienti di riduzione per tenere conto delle condizioni di posa.

In merito a quanto indicato, si riporta di seguito la tabella di calcolo in cui vengono riportati i dati di input necessari alla verifica dei cem prodotti dalle linee di mt del parco fotovoltaico:

ID	CIRCUITO MT		DETTAGLIO CIRCUITO		CARATTERISTICHE DEL SISTEMA		CARATTERISTICHE DEL CIRCUITO						
					V (kV)	Ib (A)	CONFORMAZIONE	LUNGHEZZA (m)	ΔV (%)	ΔP (%)	MATERIALE		V <sub>0</sub> /V (kV)
LINEA	ORIGINE	DESTINAZIONE	SISTEMA	POTENZA TRASPORTATA (kVA)							CONDUTTORE	ISOLANTE	
Linea 1	CU1	CU2	3φ	2000	30	38,5	1 x (3x120 mm <sup>2</sup> )	286	0,02%	0,02%	AL	XLPE	18/30
	CU2	CAB. GEN	3φ	4000	30	77,0	1 x (3x120 mm <sup>2</sup> )	166	0,03%	0,02%	AL	XLPE	18/30
Linea 2	CU5	CU4	3φ	2000	30	38,5	1 x (3x120 mm <sup>2</sup> )	207	0,02%	0,01%	AL	XLPE	18/30
	CU4	CAB. GEN	3φ	4000	30	77,0	1 x (3x120 mm <sup>2</sup> )	110,88	0,02%	0,01%	AL	XLPE	18/30
Linea 3	CU7	CU8	3φ	2000	30	38,5	1 x (3x120 mm <sup>2</sup> )	35	0,00%	0,00%	AL	XLPE	18/30
	CU8	CU9	3φ	4000	30	77,0	1 x (3x120 mm <sup>2</sup> )	150	0,02%	0,02%	AL	XLPE	18/31
	CU9	CU6	3φ	5500	30	105,8	1 x (3x120 mm <sup>2</sup> )	316	0,07%	0,06%	AL	XLPE	18/32
	CU6	CU3	3φ	7500	30	144,3	1 x (3x120 mm <sup>2</sup> )	171	0,05%	0,05%	AL	XLPE	18/30
	CU3	CAB. GEN	3φ	9500	30	182,8	1 x (3x185 mm <sup>2</sup> )	411	0,10%	0,09%	AL	XLPE	18/30
Connessione esterna	C.GEN.MT	SSE	3φ	17500	30	336,8	2 x (3x300 mm <sup>2</sup> )	7088,24	1,05%	0,85%	AL	XLPE	18/30

**Tabella 1: Caratteristiche tecniche dei cavi di media tensione**

### 3.3. CABINE DI CONVERSIONE

I cabinati di conversione, come precedentemente detto, sono di due tipologie presentando all'interno due diverse tagli di inverter e quindi di trasformatore di potenza. Di seguito i dettagli tecnici dell'inverter di ciascuna cabina di conversione:

**SOGGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

14 di/of 38



## **SUNWAY STATION 1500 1500V 640 LS**

Fully Integrated Solar Power Station



**SOGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
 VIA MIKE BONGIORNO 13  
 CAP 20124 Milano (MI)  
 REA MI - 2629519  
 PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

15 di/of 38



Main features	
Model	SUNWAY STATION 1500 1500V 640 LS
Inverter	1 x SUNWAY TG 1800 1500V TE 640 STD
Number of independent MPPT	2
Rated output frequency	50 Hz / 60 Hz
Power Factor @ rated power	1 - 0.9 lead/lag
Maximum operating altitude <sup>(2)</sup>	4000 m a.s.l.
Maximum value for relative humidity	100% condensing
Input (DC)	
Max. Open-circuit voltage	1500 V
PV Voltage Ripple	< 1%
Maximum DC inputs fuse-protected	7 (with DC fuses on both poles)
Maximum short circuit PV input current	1500 A
Output (AC)	
Rated output current, LV side	1353 A
Rated output power, LV side	1500 kVA
Power threshold	< 1% of Rated AC inverter output power
Total AC current distortion	≤ 3 %
Rated AC voltage, MV side	6 to 24 kV (up to 30 kV on request)
Connection phases, MV side	3Ø3W
Inverter efficiency - LV side <sup>(3)</sup>	
Maximum / EU/ CEC efficiency	98.5% / 98.2 % / 98.0%
MV transformer	
Type	Cast resin (standard) / Oil (available as option)
Transformer rated power	1500 kVA
Fuse protection	Yes
Temperature control	Yes
Oil pressure control <sup>(4)</sup>	Yes
MV Cabinet	
Type	Compact SF6 for secondary distribution
Standard Configuration <sup>(6)</sup>	R+CB (Input Line + Transformer Protection by Circuit Breaker)
Insulation Class	17.5 / 24 / 36 kV (Others available)
Dimensions and weight <sup>(5)</sup>	
Cabinet Dimensions (WxHxD)	8250 x 3230 x 2400 mm (for reference)
Overall Weight	23000 kg (for reference)

NOTES

<sup>(1)</sup> At rated Vac and Cos φ =1

<sup>(2)</sup> Up to 1000 m without derating

<sup>(3)</sup> Auxiliary consumptions are not considered when calculating the conversion efficiency

<sup>(4)</sup> Only for oil type transformers

<sup>(5)</sup> Dimensions and weight not applicable to Sunway Station LC version with structure fully made of concrete

<sup>(6)</sup> The MV cabinet composition can be customized

Elettronica Santerno S.p.A. reserves the right to make any technical changes to this document without prior notice.

**SOGGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
 VIA MIKE BONGIORNO 13  
 CAP 20124 Milano (MI)  
 REA MI - 2629519  
 PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

16 di/of 38



Protective devices	
Protection against overvoltage (SPD), DC side	Yes
DC input current monitoring	Optional (Zone Monitoring)
DC side disconnection device	DC disconnect switch
Ground fault monitoring	Yes
AC disconnection device, LV side	AC circuit breaker
AC disconnection device, MV side	AC disconnect switch
AC ground fault monitoring, LV side	Optional
Grid fault monitoring	Yes
Compartment temperature control	Yes
Emergency stop switch	Yes
Safety key distribution system	Yes
Communication Interfaces	
Power modulation	Via Remote Control (RS485, Ethernet)/analog inputs
PV plant monitoring	Optional (via Santerno Web Portal)
Protocols	Modbus RTU/Modbus TCP/IP
Ethernet/RS485/Optical fiber	Yes/Yes/Optional
Premium Remote Monitoring	Optional
Additional features	
Ethernet switch	Yes
Anticondensation heater	Optional
Environmental sensors	Up to 6 per Inverter
Cooling system	Forced air ventilation
UPS, LV side	Optional 4/6/10 kVA
Fiscal meter	Optional
Grid interface device protection	Optional
Self-consumption meter	Optional
Kit for earthed negative/positive pole	Optional
Fire sensors	Optional
Personal protective kit: fire extinguisher, dielectric gloves and insulating rubber mat	Yes

Elettronica Santerno S.p.A. reserves the right to make any technical changes to this document without prior notice.

**SOGGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

17 di/of 38



## **SUNWAY STATION 2000 1500V 640 LS**

Fully Integrated Solar Power Station



**SOGGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
 VIA MIKE BONGIORNO 13  
 CAP 20124 Milano (MI)  
 REA MI - 2629519  
 PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

18 di/of 38



Main features			
Model	SUNWAY STATION 1800 1500V 640 LS		
Inverter	1 x SUNWAY TG 1800 1500V TE 640 STD		
Number of independent MPPT	2		
Rated output frequency	50 Hz / 60 Hz		
Power Factor @ rated power	1 - 0.9 lead/lag		
Maximum operating altitude <sup>(2)</sup>	4000 m a.s.l.		
Maximum value for relative humidity	100% condensing		
Input (DC)			
Max. Open-circuit voltage	1500 V		
PV Voltage Ripple	< 1%		
Maximum DC inputs fuse-protected	7 (with DC fuses on both poles)		
Maximum short circuit PV input current	1500 A		
Output (AC)			
Ambient Temperature	25 °C	45 °C	50 °C
Rated output current, LV side	1800 A	1600 A	1500 A
Rated output power, LV side	1995 kVA	1774 kVA	1663 kVA
Power threshold	< 1% of Rated AC inverter output power		
Total AC current distortion	≤ 3 %		
Rated AC voltage, MV side	6 to 24 kV (up to 30 kV on request)		
Connection phases, MV side	3Ø3W		
Inverter efficiency - LV side <sup>(3)</sup>			
Maximum / EU / CEC efficiency	98.5% / 98.2% / 98.0%		
MV transformer			
Type	Cast resin (standard) / Oil (available as option)		
Transformer rated power	Up to 2000 kVA		
Fuse protection	Yes		
Temperature control	Yes		
Oil pressure control <sup>(4)</sup>	Yes		
MV Cabinet			
Type	Compact SF6 for secondary distribution		
Standard Configuration <sup>(6)</sup>	R+CB (Input Line + Transformer Protection by Circuit Breaker)		
Insulation Class	17.5 / 24 / 36 kV (Others available)		
Dimensions and weight <sup>(5)</sup>			
Cabinet Dimensions (WxHxD)	8250 x 3230 x 2400 mm (for reference)		
Overall Weight	23000 kg (for reference)		

NOTES

<sup>(1)</sup> At rated Vac and Cos φ =1

<sup>(2)</sup> Up to 1000 m without derating

<sup>(3)</sup> Auxiliary consumptions are not considered when calculating the conversion efficiency

<sup>(4)</sup> Only for oil type transformers

<sup>(5)</sup> Dimensions and weight not applicable to Sunway Station LC version with structure fully made of concrete

<sup>(6)</sup> The MV cabinet composition can be customized

Elettronica Santerno S.p.A. reserves the right to make any technical changes to this document without prior notice.

**SOGGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
 VIA MIKE BONGIORNO 13  
 CAP 20124 Milano (MI)  
 REA MI - 2629519  
 PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

19 di/of 38



Protective devices	
Protection against overvoltage (SPD), DC side	Yes
DC input current monitoring	Optional (Zone Monitoring)
DC side disconnection device	DC disconnect switch
Ground fault monitoring	Yes
AC disconnection device, LV side	AC circuit breaker
AC disconnection device, MV side	AC disconnect switch
AC ground fault monitoring, LV side	Optional
Grid fault monitoring	Yes
Compartment temperature control	Yes
Emergency stop switch	Yes
Safety key distribution system	Yes
Communication Interfaces	
Power modulation	Via Remote Control (RS485, Ethernet)/analog inputs
PV plant monitoring	Optional (via Santerno Web Portal)
Protocols	Modbus RTU/Modbus TCP/IP
Ethernet/RS485/Optical fiber	Yes/Yes/Optional
Premium Remote Monitoring	Optional
Additional features	
Ethernet switch	Yes
Anticondensation heater	Optional
Environmental sensors	Up to 6 per Inverter
Cooling system	Forced air ventilation
UPS, LV side	Optional 4/6/10 kVA
Fiscal meter	Optional
Grid interface device protection	Optional
Self-consumption meter	Optional
Kit for earthed negative/positive pole	Optional
Fire sensors	Optional
Personal protective kit: fire extinguisher, dielectric gloves and insulating rubber mat	Yes

Elettronica Santerno S.p.A. reserves the right to make any technical changes to this document without prior notice.

### **3.4. CABINA DI RACCOLTA MT E CABINA GENERALE MT**

#### **Cabina Generale MT**

La cabina Generale MT è una cabina invece in cui si attestano le 3 linee MT attraverso le quali confluisce l'energia elettrica proveniente dalle cabine di campo. Questa cabina è poi l'interfaccia tra l'impianto FV e la Sottostazione di condivisione SSU. Infatti, tutta l'intera potenza prodotta dall'impianto FV viene convogliata da questa cabina elettrica alla stazione appunto a mezzo di una linea di media tensione caratterizzata da 2 terne di cavi tripolari a elica visibile.

### **3.5. SOTTOSTAZIONE DI CONDIVISIONE SSU E CAVIDOTTO AT**

La sottostazione utente SSU è l'insieme delle opere elettromeccaniche e civile, che consente la connessione dell'impianto di generazione fotovoltaica alla rete di trasmissione nazionale. Tale SSU, consente l'innalzamento della tensione, in questo caso da 30 kV a 150 kV e per mezzo di un cavo AT, appunto, a 150 kV vi è la connessione della SSU alla sottostazione elettrica di trasformazione SSE di Terna SpA.

## **4. FONTI DI EMISSIONE**

Le apparecchiature elettromeccaniche previste nella realizzazione del parco fotovoltaico in oggetto generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco fotovoltaico:

- cabine di conversione;
- cabina generale MT;
- cavidotti MT interni ed esterni al parco per il collegamento alla SSU;
- le apparecchiature elettriche previste all'interno della sottostazione di condivisione MT/AT e il cavidotto AT

Le rimanenti componenti dell'impianto (sezione BT, apparecchiature del sistema di controllo, etc) sono state giudicate non significative dal punto di vista delle emissioni elettromagnetiche; pertanto, non verranno trattate ai fini della valutazione.

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

## 5. VALORI DI RIFERIMENTO

Nella redazione della relazione tecnica sui campi elettromagnetici e sul contenimento del rischio di elettrocuzione è stato tenuto conto della normativa vigente in materia.

In particolare, sono state recepite le indicazioni contenute nel DPCM 08/07/2003, il quale fissa i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete generati dagli elettrodotti.

Si è, inoltre, tenuto conto di quanto previsto dal DM 29/05/2008 per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti (metodologia di calcolo indicata dall'APAT), e della Legge quadro 22/02/2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici", G.U. 7 marzo 2001, n.55

## 6. VALORI LIMITE DEL CAMPO MAGNETICO

Per quanto concerne il campo magnetico generato dagli elettrodotti, esistono tre diverse soglie cui fare riferimento, fissate attraverso il DPCM 8/07/2003.

L'art. 3 del citato decreto indica come soglie i valori dell'induzione magnetica mostrati in tabella.

Soglia	Valore limite del campo magnetico
<b>Limite di esposizione</b>	<b>100 <math>\mu</math>T</b> (da intendersi come valore efficace)
<b>Valore di attenzione</b> (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	<b>10 <math>\mu</math>T</b> (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

<b>SOGGETTO PROPONENTE:</b> <b>VERDE 5 S.r.l.</b> VIA MIKE BONGIORNO 13 CAP 20124 Milano (MI) REA MI - 2629519 PEC verde5srl@pec.buffetti.it		CODE <b>SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00</b>
		PAGE 22 di/of 38

<p><b>Obiettivo di qualità</b></p> <p>(nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)</p>	<p><b>3 <math>\mu</math>T</b></p> <p>(da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni d'esercizio)</p>
---	--

## 7. VALORI LIMITE DEL CAMPO ELETTRICO

Per quanto concerne il campo elettrico, il DPCM 8/07/2003 stabilisce il valore limite di tale campo pari a 5kV/m, inteso come valore efficace.

## 8. METODOLOGIA DI CALCOLO

I riferimenti contenuti nell'art.6 del DPCM 08.07.2003 implicano che le fasce di rispetto debbano essere determinate nei casi in cui risulti applicabile l'obiettivo di qualità, ovvero nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenza non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti ed aree in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio.

Per quanto riguarda in particolare l'impianto FV in progetto in rapporto all'obiettivo di qualità fissato dalla normativa, la situazione richiede la determinazione delle fasce di rispetto per le Cabine di conversione e per le cabine di raccolta MT

I campi elettromagnetici possono essere stimati attraverso l'utilizzo di opportuni programmi di calcolo e conoscendo alcuni dati della linea di trasporto della potenza, fonte di produzione dell'induzione elettromagnetica, tra cui:

- Diametro dei conduttori e loro reciproca posizione spaziale;
- Distanza da terra;
- Tensione di esercizio;
- Intensità di corrente;
- Distanza ed altezza rispetto al punto in cui devono essere valutati i campi elettromagnetici

rispetto ai conduttori di linea sorgente degli stessi.

### 8.1. CAMPI ELETTROMAGNETICI GENERATI DALLE LINEE ELETTRICHE INTERRATE

Nel caso di linee elettriche interrato i campi elettrici già al di sopra delle linee sono insignificanti e sempre minori rispetto alle linee aeree grazie all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

L'algoritmo di calcolo utilizzato per il calcolo dell'induzione magnetica generata da una linea ha come punto di partenza la legge Biot-Savart utile a determinare l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate.

Le formule di calcolo del campo magnetico nel generico punto P sono pertanto riportate di seguito, con riferimento alla Norma CEI 106-1:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}$$

Dove:

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_z = 0$$

Con:

- $i$  = numero di conduttori
- $\mu_0$  = permeabilità magnetica del vuoto =  $4\pi \cdot 10^{-7}$  [H/m]
- $I_i$  = fasore della corrente [Aeff]

L'algoritmo di calcolo utilizza il seguente modello:

- tutti i conduttori costituenti la linea sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra loro;
- i conduttori sono considerati di forma cilindrica con diametro costante;
- nel caso di conduttori a fascio, supponendo che tutti i sub conduttori siano uguali tra loro e che, in relazione alla sezione normale del fascio, i loro centri giacciono sulla circonferenza circoscritta al fascio, si sostituisce al fascio di sub conduttori un conduttore unico di opportuno diametro equivalente;

**SOGGETTO PROPONENTE:**

**VERDE 5 S.r.l.**  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

24 di/of 38

- tensione e corrente su ciascun conduttore attivo sono considerati in fase tra di loro
- la distribuzione della carica elettrica sulla superficie dei conduttori è considerata uniforme
- il suolo è considerato piano e privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico
- viene trascurata la presenza dei tralicci o piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto si trovi nell'area interessata.

L'intensità del campo elettrico dipende principalmente dalla tensione della linea e aumenta al crescere della tensione.

Il valore efficace dell'intensità del campo elettrico prodotto in un punto da una linea di data tensione si mantiene costante. Ad influenzare il campo elettrico, oltre che la tensione, vi sono la distanza dalla linea (presenta un massimo a qualche metro di distanza dall'asse della linea e decresce man mano che ci si allontana), la distanza dei conduttori da terra e la disposizione dei conduttori.

Nel caso di linee elettriche interrate i campi elettrici già al di sopra delle linee sono insignificanti e sempre minori rispetto alle linee aeree grazie all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Il campo magnetico di una linea elettrica dipende dall'intensità della corrente che circola nei conduttori. Poiché la corrente può variare nell'arco della giornata, della settimana o dell'anno anche l'intensità del campo magnetico varia di conseguenza.

Influenzano il campo magnetico invece, oltre che la corrente, anche la distanza dalla linea, la distanza dei conduttori da terra, la disposizione dei conduttori.

Il campo magnetico generato da una linea interrata si distribuisce in maniera diversa rispetto a quello generato da una linea aerea di tensione e di corrente corrispondente per diversi motivi.

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:

- Bidimensionali (2D), se sono rispettate le condizioni di cui al § 6.1 della norma CEI 106-11, Parte I;
- Tridimensionali (3D), in tutti gli altri casi.

Le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con una approssimazione non superiore

**SOGGETTO PROPONENTE:**

**VERDE 5 S.r.l.**  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

25 di/of 38

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:

- 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);
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- 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  $\mu$ T e non all'individuazione della proiezione verticale al suolo di detto volume, come invece 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

- 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;
- 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.

## **8.2. CAMPI ELETTRICITÀ GENERATI DALLE CABINE ELETTRICHE**

Analogamente al caso delle linee elettriche, anche nel caso di cabine, lo spazio definito da tutti i punti caratterizzati da valori di induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità, definisce nell'intorno di tali installazioni, un volume, la cui superficie delimita la fascia di rispetto, con la conseguenza che le superfici definite dai punti di valore equivalente all'obiettivo di qualità comprendono al loro interno punti con valore di induzione maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti di cui al DM 29.05.2008, per le cabine, definisce la Distanza di Prima Approssimazione (*Dpa*) quale distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti più di *Dpa* si trovi all'esterno della fascia di rispetto.

La procedura semplificata per il calcolo della *Dpa* si riferisce ad un sistema trifase percorso da corrente pari alla corrente nominale di bassa in uscita dal trasformatore, con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore.

Il valore della *Dpa* risulta in base alla seguente relazione:

$$Dpa = 0.40942 * x^{0.5241} * I^{1/2}$$

**SOGGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

27 di/of 38

essendo:

- $Dpa$  = Distanza di prima approssimazione, in metri, arrotondata al mezzo metro superiore;
- $x$  = diametro del cavo unipolare di diametro maggiore in uscita dal trasformatore, in metri.
- $I$  = corrente nominale di bassa tensione in uscita dal trasformatore, in Ampere;

## 9. CALCOLO E VERIFICA

Per quanto concerne il campo magnetico prodotto dalle linee elettriche interrato si è calcolato, a scopo cautelativo, il campo magnetico generato considerando il massimo valore possibile di corrente in esso circolante. In merito invece alle cabine elettriche, è stata considerata come sorgente del campo elettromagnetico, una corrente pari alla corrente nominale di bassa tensione in uscita dal trasformatore per quel che riguarda le cabine di conversione e la corrente nominale di media tensione per quel che concerne le cabine di raccolta MT e generale MT.

### 9.1. VALUTAZIONE DELLE DPA PER LE LINEE ELETTRICHE INTERRATE MT

Di seguito si rappresenta in modo schematico tutta la distribuzione dei circuiti di media tensione all'interno del parco fotovoltaico e tra quest'ultimo e la sottostazione di condivisione SSU 150/33 kV.

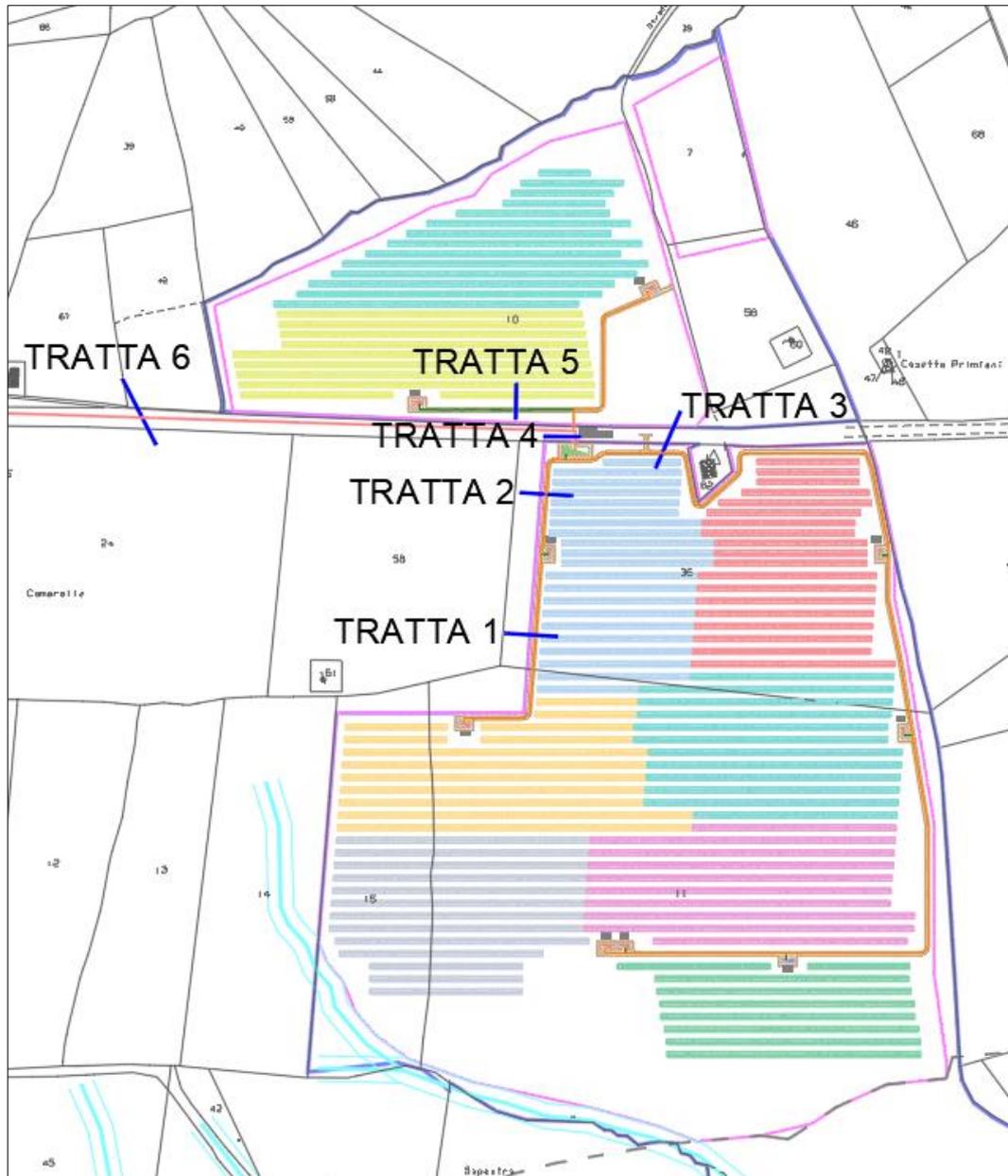


**Figura 2: Layout Cavi MT interno impianto FV**

In riferimento a ciascuna tratta di interconnessione tra le cabine di conversione interne al parco fotovoltaico, tra queste e le cabine MT di raccolta e generale e infine tra quest'ultima e la sottostazione di condivisione, si presentano i risultati ottenuti in merito alla produzione del campo elettromagnetico da parte dei cavi percorsi da corrente alternata in media tensione.

Si sono effettuati i calcoli nei punti riportati nell'immagine seguente, scelti come situazioni più critiche in termini del campo magnetico prodotto e quindi delle fasce di rispetto a considerarsi. Per il calcolo sono state considerate le condizioni peggiori di esercizio, sia in termini di numero di terne

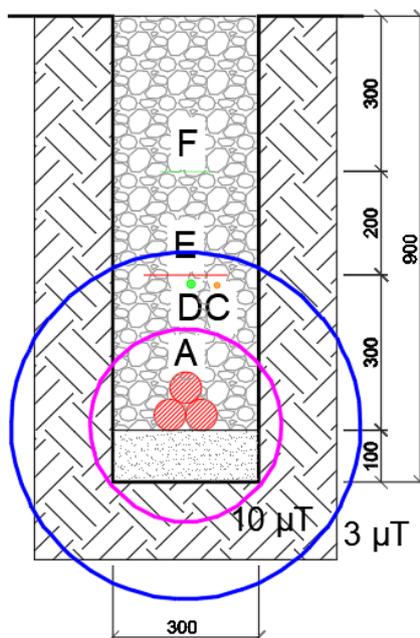
MT nello stesso scavo, che di corrente circolante negli stessi.



**Figura 3: Tratte del percorso del cavidotto MT studiate ai fini della valutazione dei campi magnetici**

**TRATTA 1: CAVIDOTTO MT INTERRATO TRA LA CU 4 E CU5 - SEZIONE TIPO: TRINCEA 1 TERNA DI CAVI MT SU STRADA STERRATA**

Sezione (mm <sup>2</sup> )	Dettaglio	Corrente (A)	Profondità di posa (m)	Diametro del conduttore (m)
1 x (3 x185)	CU 4 – CU 5	38,5 A	0,8	0,0354



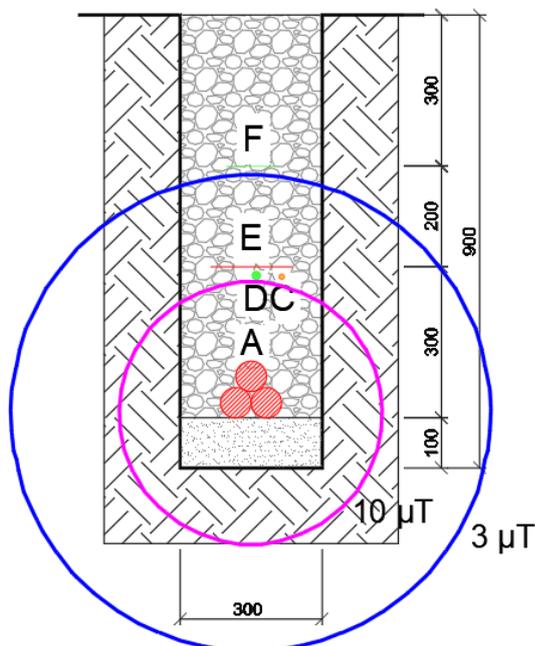
**Figura 4: Curve Equicampo - 1 Terna di cavi MT su strada sterrata - Interno Impianto FV**

Dalla figura precedente, si può verificare che la fascia di rispetto al livello del suolo che si deduce dal calcolo, definita all'intersezione tra la linea del terreno e la linea equicampo a 3 μT, è nulla.

**TRATTA 2: CAVIDOTTO MT INTERRATO TRA LA CU 5 E LA CABINA DI GENERALE MT - SEZIONE TIPO:**

**TRINCEA 1 TERNA DI CAVI MT SU STRADA STERRATA**

Sezione (mm <sup>2</sup> )	Dettaglio	Corrente (A)	Profondità di posa (m)	Diametro del conduttore (m)
1 x (3 x120)	CU 5 - CABINA GENERALE MT	78 A	0,8	0,0354



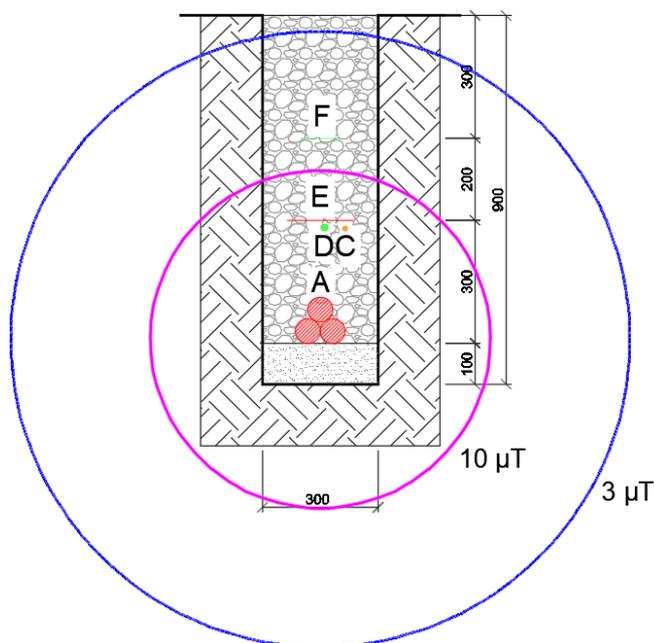
**Figura 5: Curve Equicampo - 1 Terna di cavi MT su strada sterrata - Interno Impianto FV**

Dalla figura precedente, si può verificare che la fascia di rispetto al livello del suolo che si deduce dal calcolo, definita all'intersezione tra la linea del terreno e la linea equicampo a 3 µT, è nulla.

**TRATTA 3: CAVIDOTTO MT INTERRATO TRA LA CU 3 E LA CABINA DI GENERALE MT - SEZIONE TIPO:**

**TRINCEA 1 TERNA DI CAVI MT SU STRADA STERRATA**

Sezione (mm <sup>2</sup> )	Dettaglio	Corrente (A)	Profondità di posa (m)	Diametro del conduttore (m)
1 x (3 x185)	CU 15 - CABINA GENERALE	183 A	0,8	0,0376



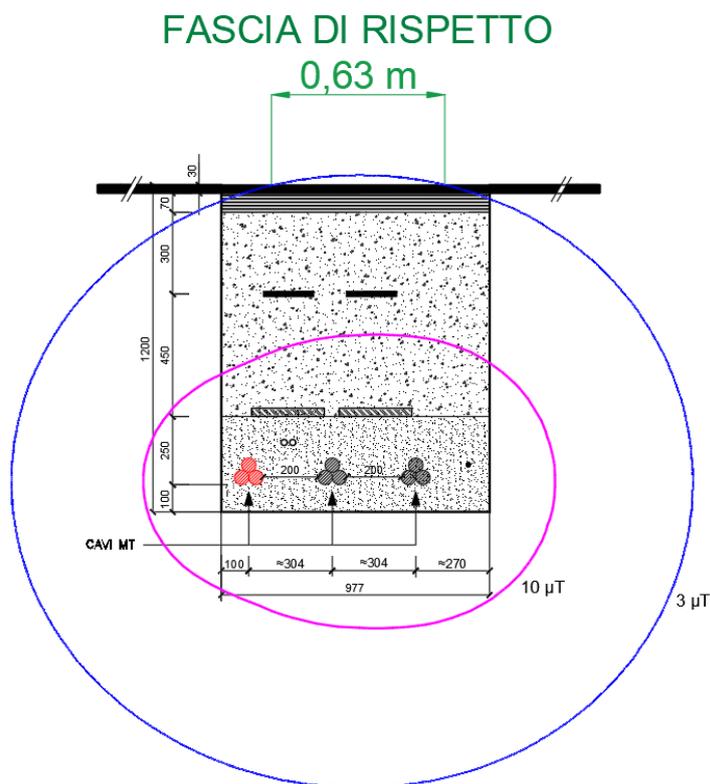
**Figura 6: Curve Equicampo - 1 Terna di cavi MT su strada asfaltata - Interno Impianto FV**

Dalla figura precedente, si può verificare che la fascia di rispetto al livello del suolo che si deduce dal calcolo, definita all'intersezione tra la linea del terreno e la linea equicampo a 3 μT, è nulla.

**TRATTA 4: CAVIDOTTO MT INTERRATO IN INGRESSO ALLA CABINA DI GENERALE MT - SEZIONE**

**TIPO: TRINCEA 3 TERNE DI CAVI MT SU STRADA STERRATA**

Sezione (mm <sup>2</sup> )	Dettaglio	Corrente (A)	Profondità di posa (m)	Diametro del conduttore (m)
1 x (3 x120)	CU 2 - CABINA GENERALE	38,5 A	0,8	0,0354
1 x (3 x300)	CABINA GENERALE - SSU	169 A	1,1	0,0426
1 x (3 x300)	CABINA GENERALE - SSU	169 A	1,1	0,0426



**Figura 7: Curve Equicampo - 4 Terna di cavi MT su strada asfaltata - Interno Impianto FV**

Dalla figura precedente, si può verificare che la fascia di rispetto al livello del suolo che si deduce dal calcolo, definita all'intersezione tra la linea del terreno e la linea equicampo a 3 μT, è pari a 0,63 metri, approssimata a 1 metro.

In questa fascia di rispetto al livello del suolo vanno applicate tutte le prescrizioni previste dal DPCM 08/07/03.

Il raggio della linea equicampo a 3  $\mu\text{T}$  risulta essere pari a 1,20 metri dal centro dei conduttori.

**TRATTA 5: CAVIDOTTO MT INTERRATO TRA LA CU 2 E LA CABINA GENERALE – SEZIONE TIPO:**

**TRINCEA 2 TERNE DI CAVI MT SU STRADA ASFALTATA**

Sezione (mm <sup>2</sup> )	Dettaglio	Corrente (A)	Profondità di posa (m)	Diametro del conduttore (m)
1 x (3 x120)	CU 2 – CU 1	38,5 A	0,8	0,0354
1 x (3 x120)	CU 2 - CABINA GENERALE	77 A	0,8	0,0354

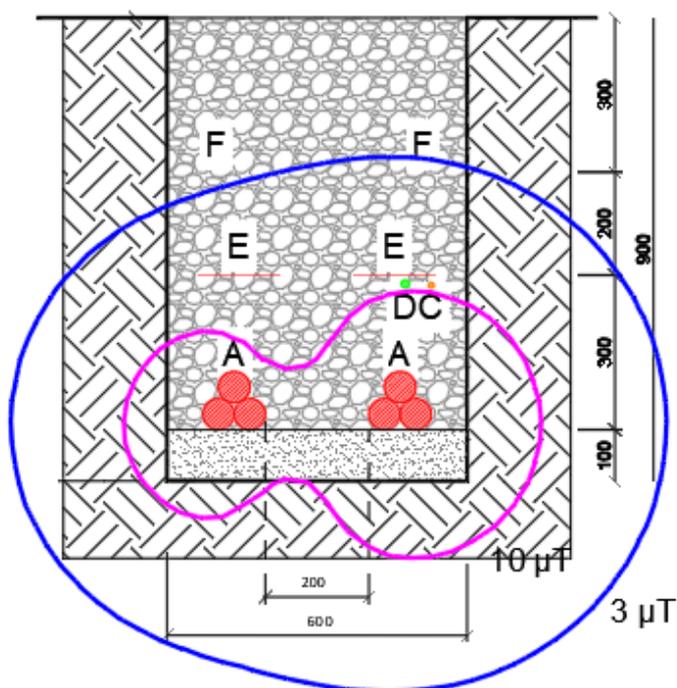
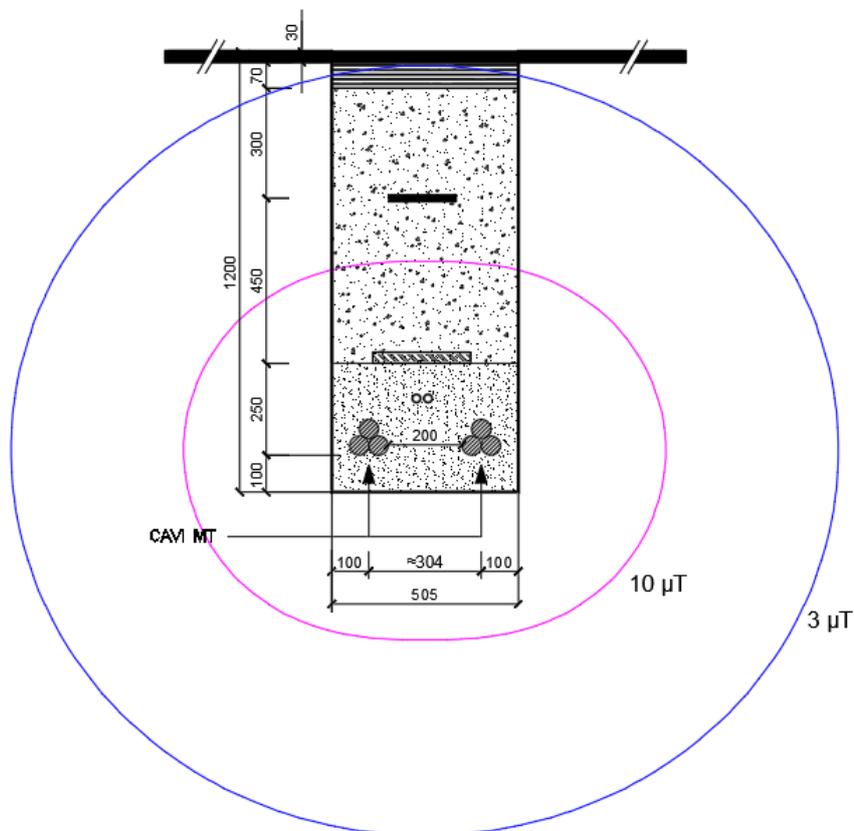


Figura 8: Curve Equicampo - 3 Terna di cavi MT su strada asfaltata - Esterno Impianto FV

Dalla figura precedente, si può verificare che la fascia di rispetto al livello del suolo che si deduce dal calcolo, definita all'intersezione tra la linea del terreno e la linea equicampo a  $3 \mu\text{T}$ , è nulla.

**TRATTA 6: CAVIDOTTO MT INTERRATO TRA LA CABINA GENERALE MT E LA SSU - CAVIDOTTO MT**  
**ESTERNO: TRINCEA 2 TERNE DI CAVI MT SU STRADA ASFALTATA**

Sezione (mm <sup>2</sup> )	Dettaglio	Corrente (A)	Profondità di posa (m)	Diametro del conduttore (m)
1 x (3 x 300)	CABINA GENERALE – SSU	169 A	1,1	0,0426
1 x (3 x 300)	CABINA GENERALE – SSU	169 A	1,1	0,0426



**Figura 9: Curve Equicampo - 3 Terna di cavi MT su strada asfaltata - Esterno Impianto FV**

Dalla figura precedente, si può verificare che la fascia di rispetto al livello del suolo che si deduce dal calcolo, definita all'intersezione tra la linea del terreno e la linea equicampo a  $3 \mu T$ , è nulla.

## 9.2. VALUTAZIONE DELLE DPA PER LE CABINE DI CONVERSIONE

Ai fini della valutazione delle DPA da considerare nell'intorno delle cabine di conversione, si è considerata la corrente di bassa tensione che contraddistingue la cabina di conversione stessa, quindi la corrente alternata di output dell'inverter centralizzato. In linea con i datasheet inclusi al paragrafo 3.3 della presente relazione, si hanno per le tre tipologie di cabine le seguenti correnti nominali in bassa tensione:

- Cabine di conversione da 1500 KVA  $\rightarrow I_n = 1353 \text{ A}$
- Cabine di conversione da 2000 KVA  $\rightarrow I_n = 1800 \text{ A}$

Pertanto, si va ad effettuare il calcolo delle DPA sulla base delle correnti sopra riportate e del diametro del cavo MT in uscita dalle cabine di conversione. Per maggior semplicità, garantendo tuttavia una condizione di calcolo conservativa, s'ipotizza che tutte le cabine di conversione siano caratterizzate da un cavo di sezione pari a  $400 \text{ mm}^2$  (la maggiore delle sezioni tra i cavi MT in ingresso/uscita dalle cabine di conversione). Il diametro esterno massimo di questo cavo unipolare è pari a  $x = 44 \text{ mm}$  ossia  $x = 0,044 \text{ m}$ .

### DPA Cabine di conversione di potenza pari a $S_n = 1500 \text{ KVA}$

$$DPA (CU 1500 KVA) = 0,40492 * 0,044^{0,5241} * 1353^{\frac{1}{2}} = 2,9 \text{ m} \cong 3 \text{ m}$$

### DPA Cabine di conversione di potenza pari a $S_n = 1995 \text{ KVA}$

$$DPA (CU 1500 KVA) = 0,40492 * 0,044^{0,5241} * 1800^{\frac{1}{2}} = 3,34 \text{ m} \cong 3,5 \text{ m}$$

Considerato che la Dpa come sopra determinata è da intendersi come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) delle cabine, le fasce di rispetto delle Cabine di conversione individuabili in base alle stesse Dpa, si estendono verso l'esterno oltre le pareti perimetrali dei manufatti.

## 9.3. VALUTAZIONE DELLE DPA PER LE CABINE GENERALE

Ai fini della valutazione delle DPA da considerare nell'intorno delle cabine di raccolta MT e generale MT, si è considerata la corrente di media tensione che le contraddistingue data dalla somma delle

correnti MT in ingresso e/o uscita e il diametro del cavo MT che le contraddistingue. In questo caso, in maniera conservativa, si considera il diametro del cavo di sezione maggiore che contraddistingue queste cabine, il cavo di sezione pari a 400 mm<sup>2</sup>. Il diametro di questo cavo è pari a 47 mm, quindi  $x = 0,047$  m.

In linea con la tabella riportata al paragrafo 3.2:

- la sommatoria delle correnti in ingresso/uscita che interessano la cabina di generale MT è pari a 675 A.

**DPA Cabina Generale MT:**

$$DPA (Cabina Generale MT) = 0,40492 * 0,0426^{0,5241} * 675^{\frac{1}{2}} = 2,01 \text{ m} \cong 2 \text{ m}$$

## 10. ABBATTIMENTO DEL CAMPO ELETTRICO

L'esposizione in tutti i processi industriali che richiedono correnti di elevata intensità o l'impiego di intensi campi elettrici o magnetici, l'utilizzo di appositi sistemi di schermatura è fondamentale per proteggere sia i lavoratori sia le apparecchiature elettroniche presenti nelle vicinanze delle sorgenti di campo.

La progettazione e la realizzazione di un sistema di schermatura per il soddisfacimento di determinati obiettivi di abbattimento dei campi magnetici richiede che la forma, le dimensioni e gli spessori delle soluzioni schermanti siano scelti in modo da ottimizzare la quantità di materiale in funzione dell'area che si vuole schermare ed in funzione delle sorgenti (es. posizione e potenza dei diversi componenti).

Tra le diverse soluzioni per l'abbattimento del campo elettromagnetico vi sono:

- Piastre Schermanti
- Canali e coperchi schermanti

Per la schermatura delle linee interrate, si possono adottare i canali schermanti adatti per installazioni in ambienti esterni, vengono progettati su misura secondo le dimensioni richieste.

La scelta dei materiali costituenti il canale, la tipologia di lavorazione e le dimensioni dipendono dalle condizioni di posa e dal fattore schermante necessario per la mitigazione.

Un'altro tipo di schermatura è quella basata sul principio di cancellazione delle sorgenti.

Tale metodo è simile alla tecnica dei loop passivi e rientra nella famiglia degli schermi passivi. Sistemi così denominati in quanto prendono l'energia per funzionare direttamente della sorgente che genera il campo da mitigare

**SOGGETTO PROPONENTE:**  
**VERDE 5 S.r.l.**  
VIA MIKE BONGIORNO 13  
CAP 20124 Milano (MI)  
REA MI - 2629519  
PEC verde5srl@pec.buffetti.it



CODE

**SCS.DES.P.GEN.ITA.P.5051.015.00**

PAGE

38 di/of 38

## 11. CONCLUSIONI

Il presente studio è stato realizzato non tenendo conto di eventuali effetti cumulativi che si possono ottenere per via della presenza di apparecchi e cavi di distribuzione già presenti e localizzati nell'immediata vicinanza degli elementi considerati per la sua redazione.

Dall'analisi dei risultati ottenuti emerge che i valori di induzione magnetica sono largamente inferiori ai limiti normativi vigenti, non costituendo alcun rischio elettromagnetico anche nei confronti del personale addetto alle operazioni di manutenzione.

Infine, il campo elettrico prodotto dai cavi in MT interrati si considera trascurabile per l'elevato valore della costante dielettrica dell'aria pari a 360 MΩm misurata alla frequenza di 50 Hz ed anche in considerazione del fatto che il valore del campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV non supera mai il limite normativo di esposizione per la popolazione di 5 kV/m.

Con riferimento al rischio di esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete connessi al funzionamento ed all'esercizio dell'impianto, si può riferire, che in base alla normativa di riferimento attuale, i valori limite di esposizione sono in ogni caso rispettati sia per i campi magnetici sia per i campi elettrici.

Dalle simulazioni effettuate nel presente studio, è emerso in generale che, nella situazione post operam, nell'area di indagine, la popolazione è esposta a livelli di campo compatibili con i limiti vigenti, sia per le posizioni più prossime alle infrastrutture elettriche sia per le posizioni più distanti.

Con le considerazioni e le valutazioni sopra esposte e, con le tolleranze attribuibili al modello di calcolo adottato, si può ritenere che la situazione connessa alla realizzazione ed all'esercizio dell'impianto fotovoltaico in progetto, nelle condizioni ipotizzate, risulta nel complesso compatibile con i limiti di legge e con la salvaguardia della salute pubblica.