



# REGIONE EMILIA-ROMAGNA

## PROVINCIA DI PIACENZA

Comune di:

# BORGONOVO VAL TIDONE

Località: Colombaie Snc

SCREENING V.I.A. PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA PROVENIENTE DA FONTE RINNOVABILE SOLARE ai sensi del D.L. 28 del 03/03/2011 e s.m.i, DI TIPOLOGIA "AGROVOLTAICA", DELLA POTENZA TOTALE DI PICCO PARI A 14,33934 MWp, POTENZA NOMINALE IN IMMISSIONE PARI A 12,000 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA.

Sezione:

## SEZIONE 6 – STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Titolo elaborato:

## RELAZIONE ELETTROMAGNETICA

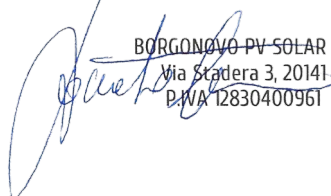
n. Elaborato: 6.4  
rev. 01

Scala: -----  
data: Luglio 2023

Committente:



**BORGONOVO PV SOLAR S.R.L.**  
Via Stadera, 3  
20141 Milano (MI)  
P.IVA: 12830400961  
PEC: borgonovo.solar@pec.it

  
BORGONOVO PV-SOLAR srl  
Via Stadera 3, 20141  
P.IVA 12830400961

Progettazione:



**Dott. Arch. Donato Orlando Cera**  
Ordine degli Architetti della Provincia di Milano n.16906  
PEC. cera.16906@oamilano.it



# Sommario

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. NORMATIVA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Legge Quadro n. 36 "22 Febbraio 2001" .....	3
2.2 D.P.C.M. "08 Luglio 2003" .....	4
2.3 D.M. AMBIENTE "29 Maggio 2008" .....	6
<b>3. SORGENTI A BASSA FREQUENZA E.L.F. ....</b>	<b>8</b>
<b>4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>12</b>
<b>5. DETERMINAZIONE DELLA D.P.A. ....</b>	<b>13</b>
5.1 Campi Elettromagnetici relativi al Campo Agrovoltaiico (Modulo Fotovoltaico).....	14
5.2 Campi Elettromagnetici relativi agli Inverter.....	14
5.3 Elettrodotti di Bassa Tensione.....	14
5.4 Elettrodotti di Media Tensione.....	15
5.5 Cabine Elettriche bt/MT.....	16
<b>7. SPECIFICHE TECNICHE TRASFORMATORE .....</b>	<b>18</b>
<b>8. CONCLUSIONI .....</b>	<b>19</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione è relativa ad un progetto che prevede la costruzione, mantenimento ed esercizio di un nuovo impianto per la produzione di energia elettrica mediante lo sfruttamento del sole (impianto agrovoltaiico) di potenza totale di picco pari a 14,33934 MWp e potenza nominale in immissione pari a 12,000 MWp, costituito da 21402 moduli fotovoltaici da 670 Wp, da installarsi in loc. Colombaie Snc, nel territorio del Comune di Borgonovo Val Tidone (PC) individuato al Foglio 13 Particelle 8,19,20 e Foglio 14 Particelle 2,119,122.

Gli apparati elettrici oggetto del presente studio sono:

- Campo Agrovoltaiico (Moduli Fotovoltaici);
- Inverter;
- le cabine di trasformazione BT/MT;
- Gli elettrodotti di media tensione (MT);

in quanto sorgenti di campo magnetico a bassa frequenza (ELF).

L'entrata in vigore del DM 29 Maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 5 Luglio 2008, ha di fatto stabilito in maniera univoca, la procedura per il calcolo delle fasce di rispetto generate dalla presenza di elettrodotti nel rispetto dell'obiettivo di qualità nazionale.

La procedura di valutazione sull'induzione magnetica, utilizzata per il calcolo della fascia di rispetto, deve avere come **obiettivo di qualità il valore di  $3 \mu T$**

Dal punto di vista fisico le onde elettromagnetiche sono un fenomeno 'unitario', cioè i campi e gli effetti che producono si basano su principi del tutto uguali; la grandezza che li caratterizza è la frequenza. In base ad essa è di particolare rilevanza, per i diversi effetti biologici che ne derivano e quindi per la tutela della salute, la suddivisione in:

- radiazioni ionizzanti, ossia le onde con frequenza altissima, superiore a 3 milioni di GHz, e dotate di energia sufficiente per ionizzare la materia;
- radiazioni non ionizzanti (NIR), ovvero le onde con frequenza inferiore a 3 milioni di GHz, che non trasportano un quantitativo di energia sufficiente a ionizzare la materia. All'interno delle radiazioni non ionizzanti si adotta una ulteriore distinzione in base alla frequenza di emissione:
  - campi elettromagnetici a bassa frequenza o ELF: (0 - 300 Hz), le cui sorgenti più comuni comprendono ad esempio gli elettrodotti e le cabine di trasformazione, gli elettrodomestici, i computer.

- campi elettromagnetici ad alta frequenza o a radiofrequenza RF: (300 Hz – 300 GHz), le cui sorgenti principali sono i radar, gli impianti di telecomunicazione, i telefoni cellulari e le loro stazioni radio base.

## 2. NORMATIVA

La Normativa di riferimento per la valutazione dell'Impatto Elettromagnetico è quella indicata nella Tabella 2.1, qui di seguito riportata.

Normativa di Riferimento		
<i>Legge n. 36</i>	<i>22 Febbraio 2001</i>	Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
<i>D.P.C.M.</i>	<i>08 Luglio 2003</i>	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
<i>D.M.</i>	<i>29 Maggio 2008</i>	Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti
<i>CEI 106-11</i>	<i>11 Feb. 2006</i>	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

*Tabella 2.1 Limiti di esposizione ai campi elettromagnetici*

### ***2.1 Legge Quadro n. 36 "22 Febbraio 2001"***

La legge di riferimento per quanto attiene l'esposizione ai campi elettromagnetici è la Legge 22 febbraio 2001 n.36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" (G.U. n.55 del 7 marzo 2001), con il campo di applicazione riguardante gli impianti, i sistemi e le apparecchiature per usi civili, militari e delle forze di polizia, che possano comportare l'esposizione dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici con frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz. In particolare, la presente legge si applica agli elettrodotti ed agli impianti radioelettrici, compresi gli impianti per telefonia mobile, i radar e gli impianti fissi per radiodiffusione.

Tale legge ha introdotto 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; l'obiettivo di qualità, invece, è stato introdotto al fine di garantire la progressiva minimizzazione dell'esposizione. La stessa legge ha anche introdotto la terminologia di fascia di rispetto in prossimità di elettrodotti, con questa intendendo un'area in cui non possono essere previste destinazioni d'uso che comportino una permanenza prolungata oltre le quattro ore giornaliere. Nella terminologia "elettrodotto" viene compreso l'insieme delle linee elettriche e delle cabine di trasformazione.

## **2.2 D.P.C.M. "08 Luglio 2003"**

I primi decreti applicativi della LQ 36/2001 sono stati pubblicati nel 2003; in particolare, il DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici con frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz" (G.U. n.200 del 29-8-2003) dove si fissano i limiti di esposizione (art.3 comma 1), i valori di attenzione (art.3 comma 2) e gli obiettivi di qualità (art.4) per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (tab.2.2, 2.3, 2.4), escludendo cioè da tale normativa i lavoratori professionalmente esposti.

<b>Limite di esposizione</b>	Valore che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione
<b>Limite di attenzione</b>	Valore che non deve essere superato negli ambienti a permanenza prolungata
<b>Obiettivi di qualità</b>	Limite da rispettare per installazioni future

*Tabella 2.2: Limiti di esposizione ai campi elettromagnetici*

*In funzione dell'intervallo di frequenza nel quale ricadono le emissioni, i limiti stabiliti sono riportati nelle tabelle 2 e 3 seguenti:*

<b>D.P.C.M. 8 Luglio 2003 – Basse Frequenze (&lt; 100 kHz)</b>		
	<b>Campo elettrico</b>	<b>Induzione magnetica</b>
<b>Limite di esposizione</b>	<b>5000 V/m</b>	<b>100 µT</b>
<b>Valore di attenzione (media 24 h)</b>	-	<b>10 µT</b>
<b>Obiettivi di qualità (media 24 h)</b>	-	<b>3 µT</b>

*Tabella 2.3: Limiti di esposizione alle **basse frequenze***

Il D.P.C.M. 08/07/2003 sancisce che 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 microTesla (µT), 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 micro Tesla ( $\mu\text{T}$ )**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

D.P.C.M. 8 Luglio 2003 – Alte Frequenze ( $100 \text{ kHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$ )				
		Campo elettrico	Campo magnetico	Densità di potenza
Limite di esposizione	$100 \text{ kHz} < f \leq 3 \text{ MHz}$	60 V/m	0,2 A/m	-
	$3 \text{ MHz} < f \leq 3 \text{ GHz}$	20 V/m	0,05 A/m	1 W/m <sup>2</sup>
	$3 \text{ GHz} < f \leq 300 \text{ GHz}$	40 V/m	0,01 A/m	4 W/m <sup>2</sup>
Valore di attenzione (media 6 minuti)		6 V/m	0,016 A/m	0,1 W/ m <sup>2</sup>
Obiettivi di qualità (media 6 minuti)		6 V/m	0,016 A/m	0,1 W/ m <sup>2</sup>

Tabella 2.4: Limiti di esposizione alle **alte frequenze**

Inoltre 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 microTesla ( $\mu\text{T}$ )**, per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A titolo di esempio, sono riassunte nella tabella 4 le fasce di rispetto relative a valori di induzione magnetica pari a  $3 \mu\text{T}$ ; in particolare all'art.6 "Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" si prescrive che, alla frequenza di rete (50 Hz):

- per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità di cui all'art. 4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla norma CEI 11-60, che deve essere dichiarata dal proprietario/gestore al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, per gli elettrodotti con tensione superiore a 150 kV, e alle regioni, per gli elettrodotti con tensione non superiore a 150 kV. I proprietari/gestori provvedono a

comunicare i dati per il calcolo e l'ampiezza delle fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti.

l'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio.

Tensione	Tipologia di linea	fasce di rispetto 3 $\mu$ T (m)	
		conduttore più diffuso	conduttore più cautelativo
132 kV	singola terna	36	42
	doppia terna non ottimizzata	48	56
	doppia terna ottimizzata	34	38
220 kV	singola terna	52	60
	doppia terna non ottimizzata	58	68
	doppia terna ottimizzata	42	46
380 kV	singola terna	94	94
	doppia terna non ottimizzata	138	138
	doppia terna ottimizzata	80	80

Tabella 2.5 - Fasce di rispetto (in metri) relative a valori di induzione magnetica di 3  $\mu$ T

### 2.3 D.M. AMBIENTE "29 Maggio 2008"

La metodologia di cui sopra è stata definita dal D.M. 29/05/2008 (G.U. 5 luglio 2008 n.156, S.O.) "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" che, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del DPCM 08/07/03, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate e delle cabine, esistenti e in progetto. Al fine delle verifiche delle autorità competenti, tale metodologia di calcolo prevede due livelli di approfondimento:

- Un procedimento semplificato (par. 5.1.3) basato sulla Distanza di prima approssimazione (D.p.a.), calcolata dal gestore e utile per la gestione territoriale e per la pianificazione urbanistica;
- Il calcolo preciso della fascia di rispetto (par. 5.1.2), effettuato dal gestore e necessario per gestire i singoli casi specifici in cui viene rilasciata l'autorizzazione a costruire vicino all'elettrodotto.

La **D.p.a.** e la **Fascia di rispetto** sono così definite:

- **Distanza di prima approssimazione (D.p.a.):** per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all'esterno delle fasce di rispetto; e per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra;
- **Fascia di rispetto:** spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da una induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità ( $3 \mu T$ ). Rispetto al primo punto, è stato stabilito che al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione 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 (la configurazione ottenuta potrebbe non corrispondere ad alcuna campata reale);
  - proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
  - comunicarne l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea: tale distanza (DPA) sarà adottata in modo costante lungo tutto il tronco come prima approssimazione, cautelativa, delle fasce.
  - qualora la linea, per alcune campate, corresse parallela ad altre (condividendo o meno i sostegni), lungo questo tratto dovrà essere calcolata la DPA complessiva.

Ancora ai fini della semplificazione, per il calcolo della D.p.a. è possibile anche applicare quanto previsto dalla norma CEI 106-11-Parte 1, in cui si fa riferimento ad un modello bidimensionale semplificato, valido per conduttori orizzontali paralleli.

Tale D.M. 29/05/2008 indica che la metodologia si applica a tutti gli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee interrate o aeree, ad esclusione delle seguenti:

- linee esercite a frequenze diverse da 50 Hz (esempio linee ferroviaria a 3 KV);
- linee di classe zero secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (quali linee telefoniche, segnalazione e comando a distanza);
- linee di prima classe secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (ovvero linee con tensione nominale inferiore a 1 KV e linee in cavo per illuminazione pubblica con tensione inferiore a 5 KV);
- linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);



In questi casi le fasce hanno infatti ampiezza ridotta inferiore alle distanze previste dal decreto 449/88 stesso e dal successivo DM 16/01/91.

Al fine di valutare quale sarà l'impatto sulla gestione del territorio del D.M. 29/05/2008, si riportano (Tabella 5 e 6) le indicazioni sull'estensione della D.p.a. per le configurazioni più diffuse delle linee per i vari gestori.

Si fa presente, inoltre, che per i casi complessi, come presenza di due o più linee (parallele o che si incrociano), presenza di un angolo di deviazione della linea, presenza di campata a forte dislivello e/o orografia complessa del territorio tali D.p.a. non sono più valide ed è necessario ricorrere al calcolo esatto della fascia di rispetto.

Nel caso delle cabine di trasformazione da MT a BT, le D.p.a. per le varie tipologie sono riportate come esempi nel D.M. 29 maggio 2008 e sono tipicamente entro i 3 metri da ciascuna parete esterna della struttura.

### **3. SORGENTI A BASSA FREQUENZA E.L.F.**

Le basse frequenze, o ELF (Extremely Low Frequency), consistono in campi elettrici e magnetici di che si formano in corrispondenza di elettrodotti (a bassa, media ed alta tensione), e di tutti i dispositivi domestici alimentati a corrente elettrica, di intensità decisamente inferiore, quali elettrodomestici, videoterminali, etc.

Gli altri componenti del sistema di trasmissione e distribuzione che sono diffusi sul territorio, cioè le stazioni e le cabine, non sono in pratica delle importanti sorgenti di campo elettrico dal punto di vista dell'esposizione della popolazione.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche aeree in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

Si distinguono due principali tipologie di sorgenti in base alle diverse caratteristiche del campo emesso: quelle deputate al trasporto e distribuzione dell'energia elettrica e gli apparecchi che utilizzano energia elettrica. In questo caso si tratta di elettrodotti cioè sorgenti di campo elettromagnetico a frequenza industriale (50 – 60 Hz). Per elettrodotto si intende l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e

delle cabine di trasformazione. Le cabine di trasformazione rappresentano un problema molto minore dal punto di vista dell'inquinamento elettromagnetico, poiché a pochi metri di distanza i campi elettrici e magnetici sono già trascurabili. Le linee elettriche portano energia elettrica dai centri di produzione agli utilizzatori (industrie, abitazioni, etc.) mentre le cabine di trasformazione trasformano la corrente prodotta dalle centrali in tensioni più basse per l'utilizzazione nelle applicazioni pratiche.

Le tensioni di esercizio delle linee elettriche in Italia si distinguono in 15 kV e 20 kV per la bassa e media tensione, 132, 220 e 380 kV per l'alta tensione. In alcune aree urbane le linee elettriche sono interrate; tale modalità garantisce una diminuzione dell'intensità di campo elettrico nello spazio circostante ma presenta spesso costi elevati e può essere sviluppata solo per tratte limitate. La figura seguente mostra l'andamento del valore efficace del campo elettrico a 1 metro da terra, calcolato nella sezione trasversale delle linee stesse in corrispondenza della minima distanza da terra dei conduttori.

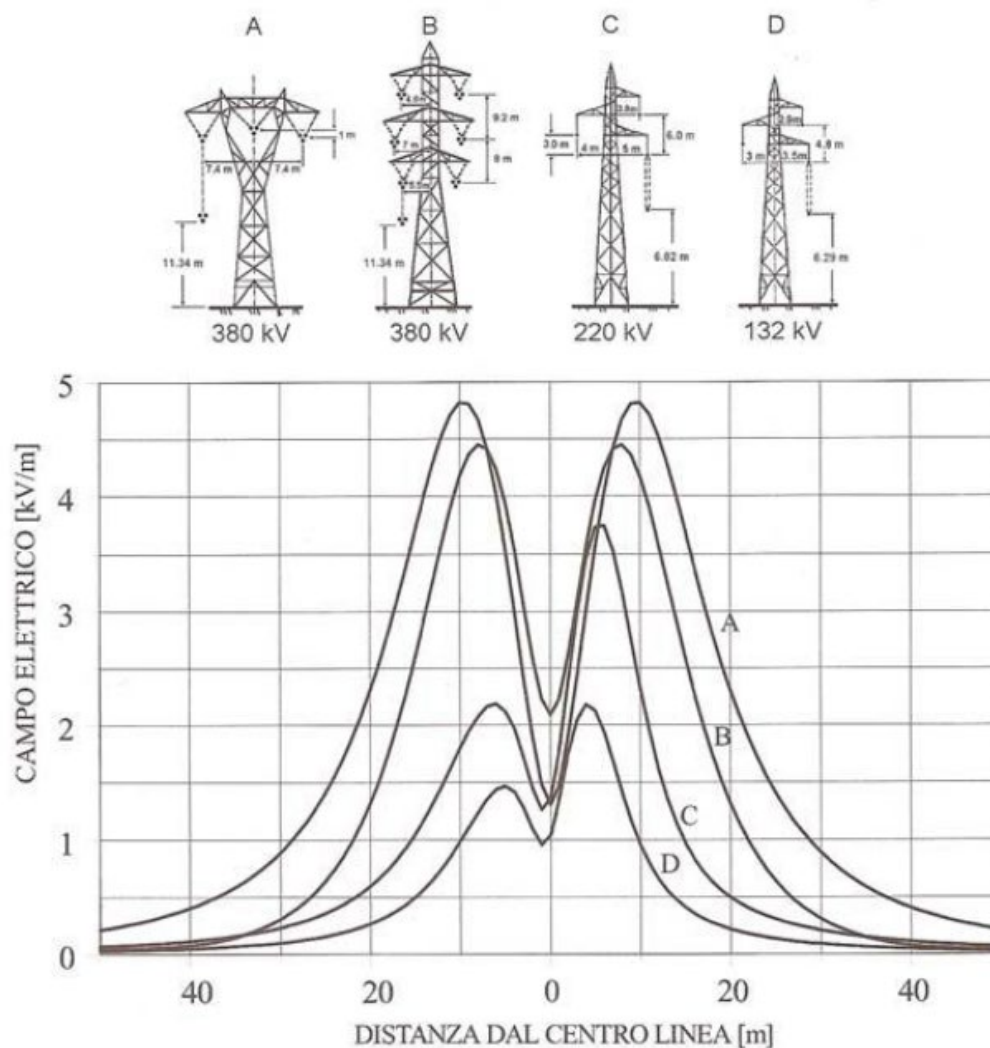
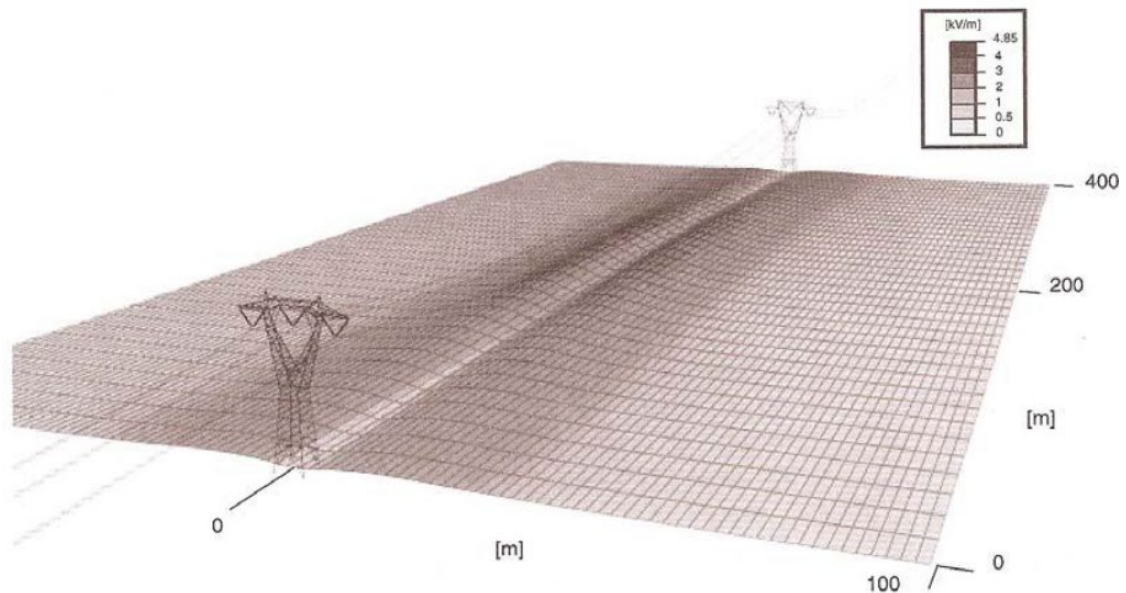


Figura 3.1: Profili laterali campo elettrico linee elettrica alta tensione

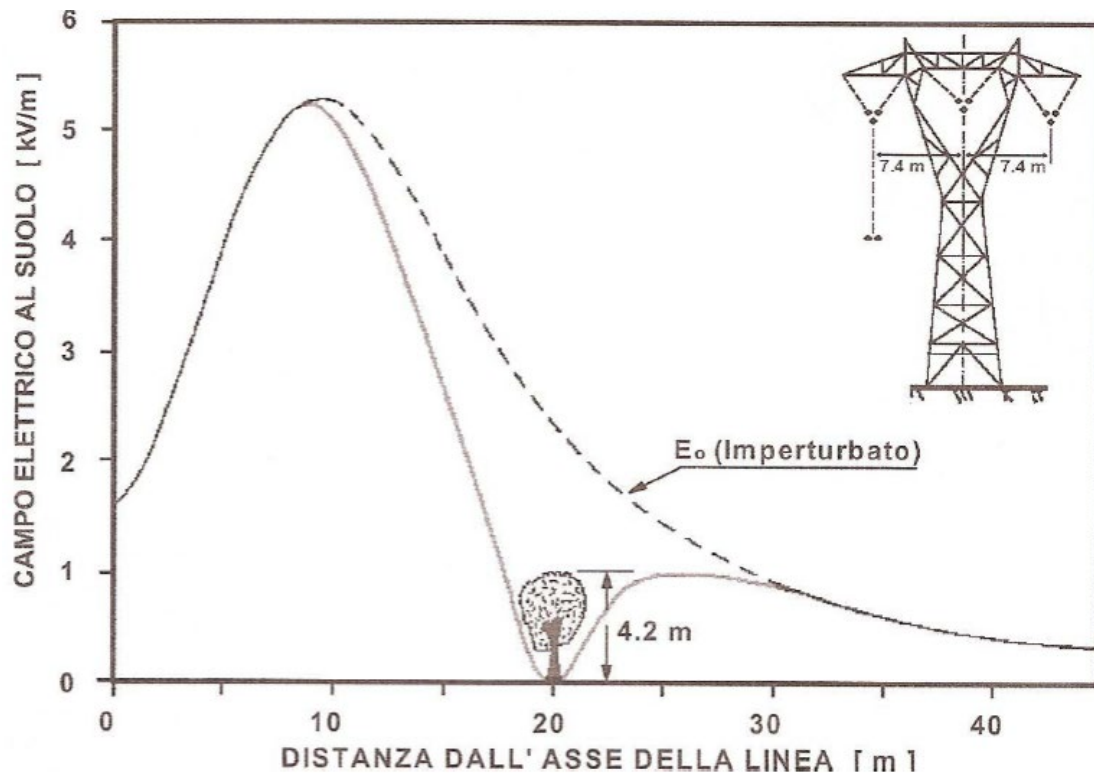
Come è possibile notare nella Figura n.3.1, il campo elettrico presenta un massimo nella zona sottostante la linea, ma decresce abbastanza rapidamente all'allontanarsi dell'asse dalla linea stessa.

L'intensità dei campi elettrici e magnetici diminuisce con l'aumentare della distanza dal conduttore, dipende dalla disposizione geometrica e dalla distribuzione delle fasi della corrente dei conduttori stessi e anche dal loro numero.



Fonte: *Inquinamento da campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*, Maggioli Editore

In realtà le situazioni precedentemente riportate in figura si riferiscono ad una ipotetica situazione in cui il terreno sotto la linea è piano e senza ostacoli: in pratica però il campo elettrico al livello del suolo è spesso ridotto nelle vicinanze di oggetti quali alberi, recinzioni, veicoli, ecc.



A differenza di quanto detto a proposito dei campi elettrici, le linee elettriche aeree non sono le uniche sorgenti significative dei campi magnetici ma esistono, sia in ambienti industriali, sia in ambienti domestici e pubblici numerosissime sorgenti che determinano condizioni di esposizione al campo magnetico. Ad esempio, misure effettuate nell'intorno di alcuni elettrodomestici hanno indicato che il campo magnetico può raggiungere intensità anche di alcune decine e centinaia di microtesla a breve distanza (<10 cm) dalla sorgente; peraltro, con l'aumentare della distanza, esso decresce molto più rapidamente di quanto non succeda per gli elettrodotti, raggiungendo a circa 1m dalla sorgente valori uguali o inferiori a  $1 \mu T$ .

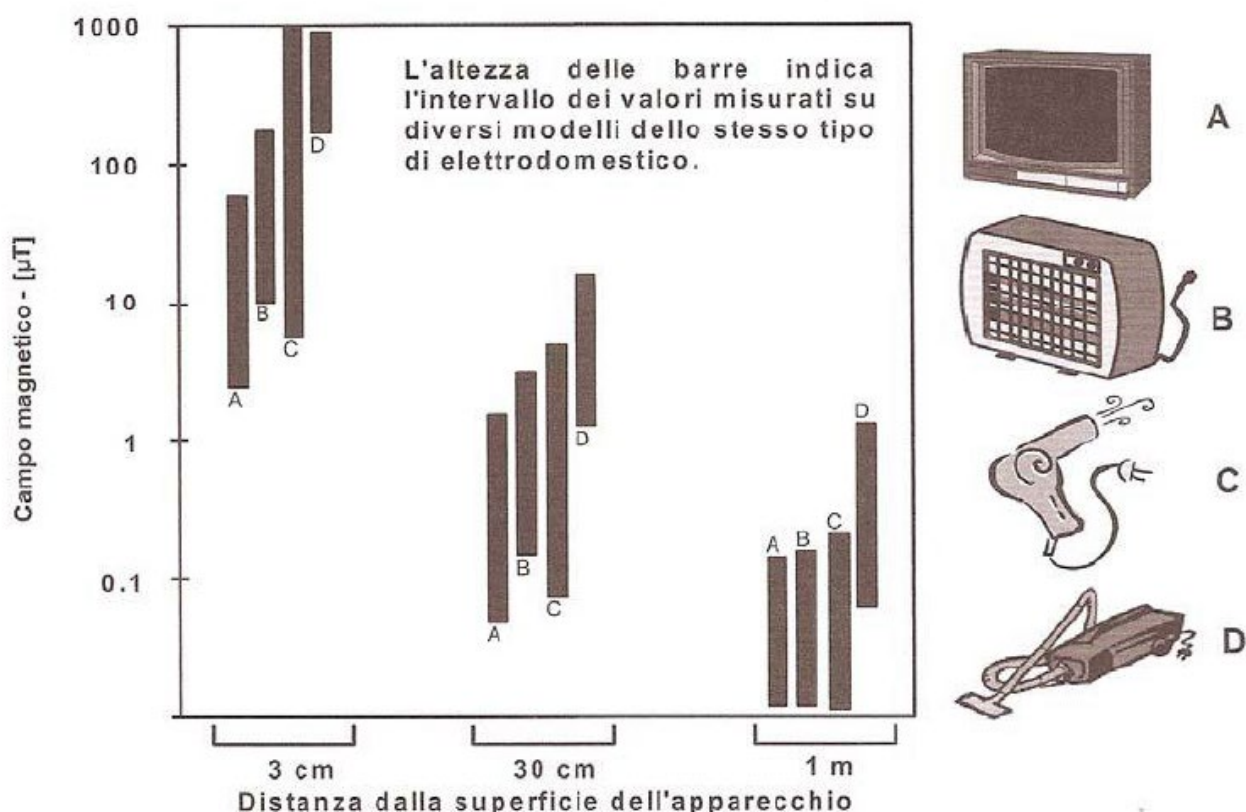


Figura 3.6: Livelli tipici di campo magnetico di alcuni elettrodomestici

Bisogna poi ricordare che il campo magnetico, dipendendo dalla corrente, varia a seconda della richiesta di energia e quindi è fortemente influenzato dalle condizioni di carico delle linee stesse.

Come per il campo elettrico, anche il campo magnetico diminuisce con l'aumentare da terra dei conduttori, per cui la situazione che si riscontra nella fascia di terreno sottostante la campata è quella illustrata nella figura seguente. A differenza del campo elettrico però il campo magnetico non può generalmente essere schermato da oggetti presenti in prossimità della linea. Per quanto riguarda le linee di distribuzione a media e bassa tensione, l'induzione magnetica al suolo, a causa delle minori correnti transianti, è più bassa rispetto a quella riscontrabile nelle linee ad alta tensione.

#### 4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto è composto da un impianto agrovoltaiico che sarà composto nella sua totalità da n. 21402 moduli fotovoltaici al silicio monocristallino da 670 Wp, per una potenza totale di picco pari a 14,33934 MWp.

L'intera produzione netta di energia elettrica sarà allacciata alla rete di Distribuzione tramite Realizzazione di una nuova cabina di consegna collegata in antenna da cabina primaria AT/MT

BORGONOVO. All'impianto farà riferimento una cabina di consegna (Delivery Cabin) destinata ad ospitare i dispositivi di Sezionamento e Protezione del Distributore Locale (E-Distribuzione s.p.a.)

Le stringhe di moduli fotovoltaici saranno cablate in parallelo direttamente sugli Inverter Posti in Campo (Inverter di Stringa) dove la corrente, distribuita in corrente continua, sarà trasformata in corrente monofase in corrente alternata. Le linee in corrente alternata trifase in CA (a 400 V), in uscita da ogni Inverter, saranno convogliate al rispettivo Quadro Generale BT. La linea trifase a 400 V in AC in uscita dai rispettivi Quadri Generali di Parallelo sarà trasformata in AC a 15.000 Volt da apposito trasformatore elevatore di potenza pari a 2.000 kVA. All'uscita del trasformatore è posto il quadro QMT (partenza linea MT). La linea elettrica in MT in uscita dal Quadro MT posta all'interno della Cabina Prefabbricata di competenza è convogliata alla cabina Utente e successivamente alla Cabina di consegna (Delivery Cabin) dotata delle opportune apparecchiature di Sezionamento e Protezioni.

Le Linee MT in Uscita della Delivery Cabin (Cabina di Consegna), saranno convogliate alla Cabina Primaria AT/MT BORGONOVO ove è previsto il punto di connessione alla Rete Elettrica.

A servizio dell'impianto agrovoltaiico è prevista la realizzazione delle seguenti opere:

- Impianto di produzione di energia elettrica solare agrovoltaiica (le cui caratteristiche sono dettagliatamente descritte nell'elaborato tecnico dedicato);
- Trasformazione dell'energia elettrica bt/MT (Attraverso Power Station appositamente Dedicate);
- Impianto di connessione alla rete elettrica MT;
- Distribuzione elettrica bt;
- Impianto di alimentazione utenze in continuità assoluta;
- Impianti di servizio: impianto di allarme (antintrusione ed antincendio) e videosorveglianza;
- Impianto di terra.

## **5. DETERMINAZIONE DELLA D.P.A.**

Come precisato in precedenza, nella presente relazione, saranno oggetto di valutazione le seguenti apparecchiature elettriche:

- Campo Agrovoltaiico (Moduli Fotovoltaici);
- Inverter;
- Gli elettrodotti di Media Tensione (MT);
- le Cabine di trasformazione bt/MT;

### ***5.1 Campi Elettromagnetici relativi al Campo Agrovoltaiico (Modulo Fotovoltaico)***

Nel caso specifico del Campo Agrovoltaiico, formato dall'insieme delle Stringhe di Moduli Fotovoltaici, dalle String Box e dai rispettivi Cavi Elettrici, considerato che:

- Tale Sezione di Impianto ha un funzionamento in corrente continua (0 Hz);
- Nel caso di una Buona Esecuzione delle Opere, i cavi con diversa polarizzazione (+ e -) sono posti a contatto, con l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno;
- I cavi relativi alle dorsali principali, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo, sono molto distanti dai confini dell'impianto;

**Si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo Elettro Magnetico.**

### ***5.2 Campi Elettromagnetici relativi agli Inverter***

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. Inoltre il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo). Oltre a quanto specificato, gli inverter ammessi in commercio devono rispettare la normativa vigente sulla compatibilità elettromagnetica, al fine di evitare interferenze con altre apparecchiature e con la rete elettrica.

**Si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo Elettro-Magnetico.**

### ***5.3 Elettrodotti di Bassa Tensione***

Per quanto riguarda i cavi di collegamento tra gli inverter e la cabina di trasformazione, si utilizzano terne di cavi alimentati in corrente alternata trifase alla tensione di 400 Vca con corrente in regime permanente pari a 413°. Tali linee elettriche sono posate interrate ad una profondità di almeno 80cm, e sono ubicate nella parte centro-meridionale dell'area di progetto, quindi ad una distanza dal confine stradale e dal più vicino ricettore ben al di sopra dei 40m.

**Per le linee in cavo interrato BT si può quindi escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori del campo elettromagnetico all'esterno dell'area dell'impianto agrovoltaiico**

#### ***5.4 Elettrodotti di Media Tensione***

Gli Elettrodotti di Media Tensione relativi al campo Agrovoltico si dividono in:

- Cavi MT 15 kV Interrati per il collegamento Elettrico tra le Power Station;
- Cavi MT 15 kV Interrati per il convogliamento dell'energia elettrica Prodotta alla Stazione di Consegna;

Per quanto concerne entrambe le tipologie sopra riportate, per i cavi MT interrati il valore di qualità (induzione magnetica  $< 3 \mu\text{T}$ ), si raggiunge ad una distanza di circa 1 m dal cavo (Vedi Fig. 5.1), e come previsto da ARPAE una DPA pari ad 1 m. Come definito dalla norma CEI 106-11 parte prima, le linee in cavo cordato sotterraneo di media tensione posate ad una profondità di circa 1 metro, in base alle valutazioni riportate al paragrafo 7 della norma stessa, già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a  $3 \mu\text{T}$ . Secondo quanto calcolato dalla Norma, un cavo cordato  $3 \times (1 \times 240) \text{ mm}^2$  con portata 360 Ampere presenta una induzione magnetica inferiore a  $3 \mu\text{T}$  già ad una distanza di 0,9 metri. Essendo il cavidotto interrato ad una profondità di circa 1,2 m rispetto al piano di campagna, la DPA sarà completamente confinata al di sotto del livello del suolo. Le linee MT realizzate all'interno del campo agrovoltico, comprese quelle che si vanno a richiudere nelle Cabine secondarie, saranno costituite da cavi schermati elicordati, del tipo ARE4H5EX 12/20kV  $3 \times (1 \times 240)$  ad elica visibile, per il quale è escluso il calcolo della fascia di rispetto (e quindi delle DPA) come indicato nel DM 29 Maggio 2008.

Le aree in cui avviene la posa dei cavi sono industriali, e la posa dei cavi avviene di solito al di sotto di strade esistenti (interpoderali, comunali e l'attraversamento di una strada provinciale), aree dove ovviamente non è prevista la permanenza stabile di persone per oltre 4 ore e/o la costruzione di edifici.

**Possiamo pertanto concludere che l'impatto elettromagnetico indotta dai cavi MT è praticamente nullo 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.**



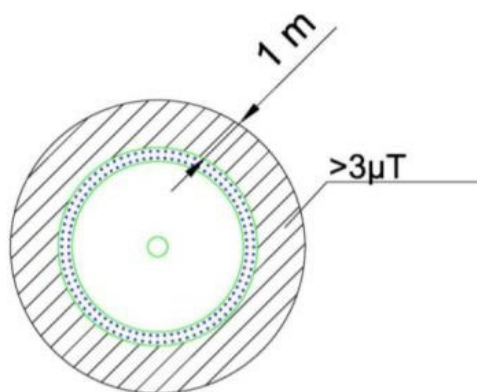


Figura 5.1: Limiti del Campo Magnetico per un Conduttore MT

### 5.5 Cabine Elettriche bt/MT

All'interno dei Campi Fotovoltaici sono presenti delle Power Station, ognuna comprensiva di n. 1 Quadro MT (QMT), di n°4 Trasformatori potenza pari a 2.000 kVA con rapporto di Trasformazione 15/0,4 kV, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, il tutto montato e cablato su apposito Skid predisposto. La fascia di rispetto della cabina di trasformazione dell'impianto è calcolata sulla base della metodologia di calcolo semplificato descritta nel DM 29/05/08 pubblicata sulla gazzetta ufficiale n.156 del 5 luglio 2008 S.O. n. 160) mediante l'individuazione della distanza di prima approssimazione D.p.a., ottenuta applicando la seguente formula:

$$D_{pa} = 0,40942\sqrt{I}x^{0,5241}$$

dove

- I = corrente nominale (secondaria del trasformatore) [A];
- x = diametro dei cavi in uscita dal trasformatore [m];

Per un trasformatore da 2.000 kVA di potenza, la corrente che attraversa i cavi ai terminali BT alla tensione di 400V è pari a 2.887 A.

Come previsto dal DM 29 Maggio 2008 si può considerare la distanza tra le fasi pari al diametro reale del cavo (conduttore più isolante), in caso di più cavi in parallelo per ciascuna fase si può considerare cautelativamente la distanza tra le fasi pari alla somma di tutti i diametri dei cavi costituenti la formazione di una singola fase.

La formazione dei cavi BT utilizzata è 3x240 + 150 N per ogni fase, per cui la distanza di calcolo tra le fasi è la somma dei diametri dei conduttori per singola fase, pari a 1x0,065=0,065 mm.

X (Distanza tra le fasi)=	0,065	m
Tensione BT=	400	V
Potenza trasformatore=	2000	kVA
Corrente BT /=	2887	A

$$DPA = 54 * 0.40942 * 0,24 = 5,30m$$

La DPA calcolata viene approssimata al mezzo metro superiore, quindi si determina una DPA pari a **5,5 metri**.

Nel caso della Cabina di Consegna, in ottemperanza al DM 29/05/08 precedentemente citato, è stata prevista una fascia di rispetto espressa a titolo cautelativo mediante l'individuazione della distanza di prima approssimazione. A titolo conservativo è stata scelta come D.p.a. il valore massimo riportato nella tabella dell'art. 5.2.1 del DM 29/05/08 e pari a 3,0 m.

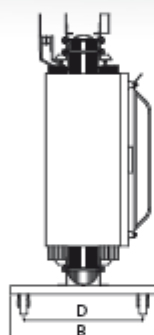
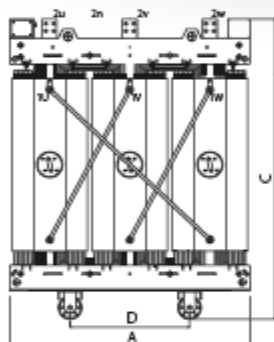
**Saranno pertanto previste attorno alla cabina di consegna una fascia di terreno di 3,0m ed alle cabine di trasformazione delle fasce di terreno di 5,5m mantenute libera da qualsiasi struttura.**

## 7. SPECIFICHE TECNICHE TRASFORMATORE

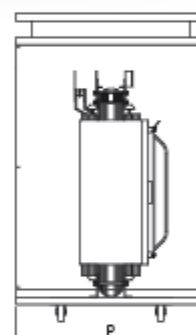
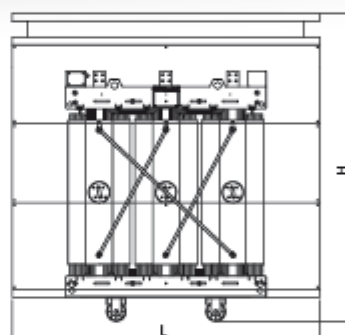
POTENZA NOMINALE kVA		100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150
PERDITE A VUOTO	W	280	350	520	750	1.100	1.300	1.550	1.800	2.200	2.600	3.100	3.800
PERDITE A CARICO A 75 °C	W	1.575	2.275	2.975	3.950	6.200	7.000	7.875	9.625	11.375	14.000	16.625	19.250
PERDITE A CARICO A 120 °C	W	1.800	2.600	3.400	4.500	7.100	8.000	9.000	11.000	13.000	16.000	19.000	22.000
CORRENTE A VUOTO I <sub>0</sub>	%	1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
TENSIONE DI C.T.O C.T.O V <sub>cc</sub>	%	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CORRENTE DI INSERZIONE I <sub>E/IN</sub>		11,5	10,5	10,00	9,5	9,5	9	9	8,5	8,5	8	8	7,5
<b>RENDIMENTO A 75°C</b>													
COSφ 1 CARICO 100%	%	98,15	98,36	98,60	98,83	98,84	98,96	99,06	99,09	99,15	99,17	99,21	99,27
COSφ 1 CARICO 75%	%	98,45	98,65	98,83	99,01	99,03	99,13	99,20	99,23	99,28	99,30	99,34	99,38
COSφ 0,9 CARICO 100%	%	97,90	98,14	98,41	98,67	98,68	98,82	98,93	98,96	99,04	99,06	99,10	99,17
COSφ 0,9 CARICO 75%	%	98,25	98,47	98,68	98,88	98,90	99,01	99,10	99,13	99,19	99,21	99,25	99,30
<b>CADUTA DI TENSIONE A 75° C</b>													
COSφ 1 CARICO 100%	%	1,74	1,59	1,36	1,16	1,16	1,05	0,96	0,95	0,89	0,88	0,84	0,79
COSφ 0,9 CARICO 100%	%	4,04	3,93	3,75	3,59	3,59	3,5	3,43	3,41	3,36	3,36	3,33	3,28
<b>RUMORE</b>													
POT. ACUSTICA (L <sub>wa</sub> )	dB(A)	51	54	57	60	62	64	65	67	68	70	71	74

### DIMENSIONI E PESI (INDICATIVI)

#### Senza Box protezione IP00



#### Con Box protezione IP 21



TENSIONE DI ISOLAMENTO 17,5 kV		100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
LUNGHEZZA (A)	mm	1.000	1.100	1.250	1.450	1.450	1.650	1.650	1.650	1.900	1.900	1.900	2.200	
PROFONDITÀ (B)	mm	650	650	650	800	800	1.000	1.000	1.000	1.200	1.200	1.200	1.200	
ALTEZZA (C)	mm	1.150	1.250	1.350	1.500	1.700	1.800	1.900	2.050	2.150	2.250	2.350	2.550	
INTERASSE RUOTE (D)	mm	520	520	520	670	670	820	820	820	1.000	1.000	1.000	1.000	
DIAMETRO RUOTE	mm	100	100	100	100	160	160	160	160	160	160	160	160	
PESO	kg	600	750	1.000	1.400	1.750	2.150	2.550	2.900	3.400	3.900	4.750	6.100	
ESECUZIONE IP31		TIPO 1			TIPO 2			TIPO 3			TIPO 4			TIPO 5
LUNGHEZZA (L)	mm	1.700			1.950			2.200			2.500			2.800
PROFONDITÀ (P)	mm	1.000			1.200			1.300			1.500			1.500
ALTEZZA (H)	mm	1.850			2.000			2.400			2.650			2.900
PESO ARMADIO	kg	220			260			320			360			400
TENSIONE DI ISOLAMENTO 24 kV		100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
LUNGHEZZA (A)	mm	1.100	1.150	1.250	1.450	1.650	1.650	1.650	1.900	1.900	1.900	1.900	2.200	
PROFONDITÀ (B)	mm	650	650	650	800	1.000	1.000	1.000	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
ALTEZZA (C)	mm	1.200	1.350	1.400	1.550	1.750	1.850	1.950	2.050	2.150	2.250	2.400	2.550	
INTERASSE RUOTE (D)	mm	520	520	670	670	820	820	820	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
DIAMETRO RUOTE	mm	100	100	100	100	160	160	160	160	160	160	160	160	
PESO	kg	700	850	1.150	1.600	1.900	2.350	2.750	3.100	3.700	4.400	5.250	6.250	
ESECUZIONE IP31		TIPO 1			TIPO 2			TIPO 3			TIPO 4			TIPO 5
LUNGHEZZA (L)	mm	1.700			1.950			2.200			2.500			2.800
PROFONDITÀ (P)	mm	1.000			1.200			1.300			1.500			1.500
ALTEZZA (H)	mm	1.850			2.000			2.400			2.650			2.900
PESO ARMADIO	kg	220			260			320			360			400

## 8. CONCLUSIONI

A seguito delle Analisi sopra riportate, si può affermare che la realizzazione degli impianti agrovoltaici ed in particolare, delle seguenti apparecchiature elettriche:

- -- *Campo Agrovoltaico (Moduli Fotovoltaici);*
- -- *Inverter;*
- -- *Gli elettrodotti di Media Tensione (MT);*
- -- *le Cabine di trasformazione bt/MT;*

Le cabine utente (cabine di trasformazione) del produttore si trovano all'interno dell'area dell'impianto, la più vicina al confine è posizionata ad una distanza  $\geq$  di 5,5 metri, per cui la DPA associata rimane interamente all'interno dell'area dell'impianto.

La cabina di consegna del distributore invece si trova al di fuori dell'area dell'impianto, ma all'interno dell'area particellare del produttore, ma ad una distanza dal confine stradale di 30 metri, per cui la relativa DPA non sconfinava su area pubblica.

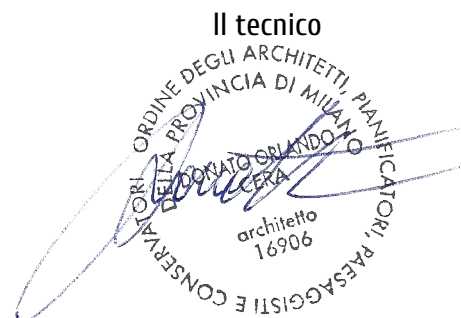
Infine, la linea MT che attraversa l'impianto fino ad arrivare nel punto di connessione, è posta ad una profondità di 1,2 metri sotto il piano di calpestio ed utilizzando un cavo di tipo elicordato; ai sensi del DM 29 Maggio 2008, questo tipo di cavo è da escludere dal calcolo delle fasce di rispetto e quindi dalle DPA.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative all'impianto agrovoltaico oggetto dell'intervento, comporta rischi nulli in merito agli effetti dei campi elettromagnetici sulle persone ai sensi della normativa vigente.

### ALLEGATI

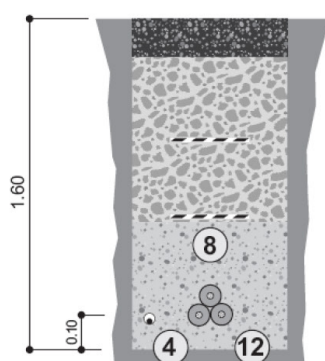
- SEZIONE 4 – 4.8 – PLANIMETRIA IMPIANTO ELETTRICO CON DPA - Rappresentazione delle distanze di prima approssimazione delle cabine di trasformazione MT/BT e delle linee MT/BT

Il tecnico

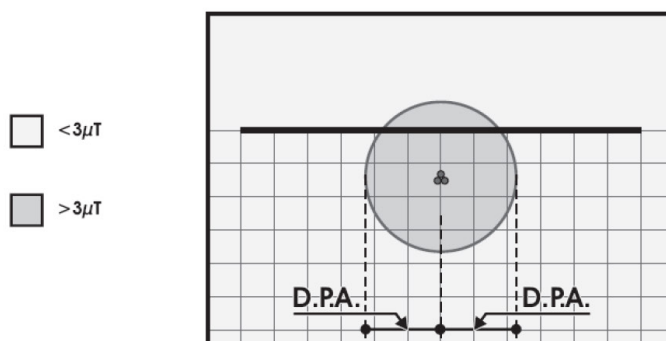


ORDINE DEGLI ARCHITETTI, PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E CONSERVATORI  
DELLA PROVINCIA DI MILANO  
DONATO ORLANDO  
architetto  
16906

A15 - CAVI INTERRATI - Semplice Tema 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