



COMUNE DI TRESIGNANA

PROVINCIA DI
FERRARA



REGIONE
EMILIA-ROMAGNA



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA IN IMMISSIONE DI 7.875,00 kW

Denominazione Impianto:

IMPIANTO "TRESIGALLO 3"

Ubicazione:

Via Rossetta, snr
Comune di Tresignana (FE)

ELABORATO

2.4-PDRT

CAMPI Elettromagnetici

Cod. Doc.: 2.4-PDRT



Renewco Engineering S.r.l.
Viale Trieste 33
CAP 63900, Fermo (FM),
C.F. e P.IVA 02553880442
info@renew-co.com www.renewco.com

Scala: -

Data:
17/01/2024

PROGETTO

PRELIMINARE



DEFINITIVO



ESECUTIVO



Progettazione:



ARATO S.r.l.
Via La Sorte 40 - 74023 Grottaglie (TA)
C.F./P.Iva: 02690550732
info@aratosrl.com
Il direttore tecnico: Dott. Ing. Giada Stella M. Bolignano

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
00	17/01/2024	Prima emissione	G. Rizzo	Giada Bolignano	Paolo Liberatore
01					
02					
03					

Il tecnico:

Dott. Ing. Giada Stella M. Bolignano
(Iscritta al n. A2508 dell'Albo degli Ingegneri della
Provincia di Reggio Calabria)

Documento firmato digitalmente, ai sensi del D.Lgs.
28.12.2000 n. 445 e del D.Lgs. 7.03.2005 n. 82,
sostituisce la firma autografa.

Dott. Ing. Giada Stella BOLIGNANO
Iscrizione all'Albo n° A 2508
alla Sezione degli Ingegneri (Sez. A)

- Settore civile e ambientale
- Settore industriale
- Settore dell'informazione



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA

Il Richiedente:

RENEWABLE ADVENTURE 2 S.R.L.
Via Venezia Giulia 4 - San Benedetto del Tronto (AP)
02469360446
pec: renewableadventure2.srl@postcert.it

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI Elettromagnetici	Pagina 1 di 20

SOMMARIO

1. OGGETTO	2
2. NORMATIVA.....	3
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
3. SORGENTI A BASSA FREQUENZA E.L.F.	8
4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	15
5. DETERMINAZIONE DELLA D.P.A.	17
5.1 Campi Elettromagnetici relativi al Campo Fotovoltaico (Modulo Fotovoltaico).....	17
5.2 Campi Elettromagnetici relativi agli Inverter.....	17
5.3 Elettrodotti di Media Tensione	18
5.4 Cabine Elettriche bt/MT	18
6. CONCLUSIONI	20

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI	Pagina 2 di 20

1. OGGETTO

Il presente studio è stato redatto al fine di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici funzionali all'impianto di produzione di energia elettrica da conversione fotovoltaica. L'impianto ha una potenza in immissione pari a 7,875 MWAC ed avrà una potenza di picco pari a 9779,52 kWp e verrà realizzato nel Comune di Tresignana (FE).

Gli apparati elettrici oggetto del presente studio sono:

- -- Campo Fotovoltaico (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).

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.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI	Pagina 3 di 20

2. NORMATIVA

La Normativa di riferimento per la valutazione dell'Impatto Elettromagnetico è quella indicata nella Tabella 2.1

Tabella 2.1: Limiti di esposizione ai campi elettromagnetici

Normativa di Riferimento		
Legge n. 36	22 Febbraio 2001	Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici
D.P.C.M.	08 Luglio 2003	Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati dagli elettrodotti
D.M.	29 Maggio 2008	Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti
CEI 106-11	11 Feb. 2006	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

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.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	Pagina 4 di 20

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.

Tabella 2.2: Limiti di esposizione ai campi elettromagnetici

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

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

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

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

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 (µT)**, da intendersi come *mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio*.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI	Pagina 5 di 20

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

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

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 (μT)**, 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 $3 \mu T$: 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.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI	Pagina 6 di 20

Tabella 2.5 - Fasce di rispetto (in metri) relative a valori di induzione magnetica di 3 μT

Tensione	Tipologia di linea	fasce di rispetto 3 μT (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

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:

1. 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;
2. 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

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI	Pagina 7 di 20

qualità (3 μ 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.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI	Pagina 8 di 20

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, videotermini, 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.

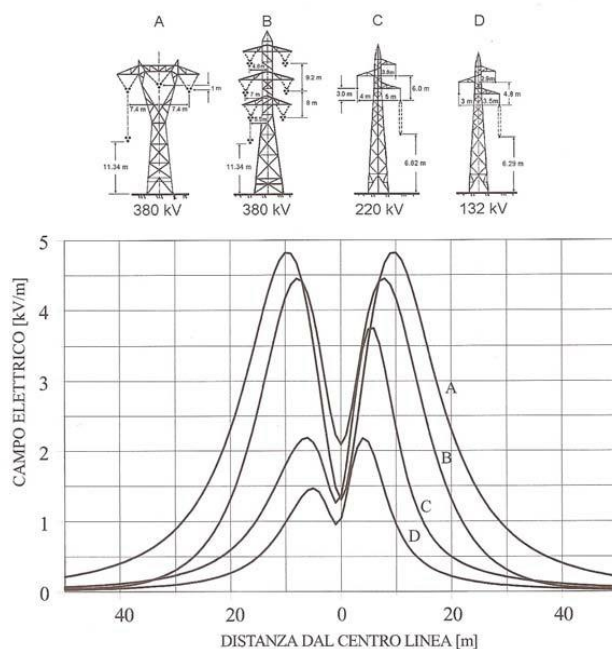
Le tensioni di esercizio delle linee elettriche in Italia si distinguono in 15 kV e 20 kV per la media tensione, 132, 220 e 380 kV per l'alta tensione.

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.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI	Pagina 9 di 20






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.






ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI Elettromagnetici	Pagina 10 di 20

Tabella 3.2

GESTORE	TENSIONE	CONFIGURAZIONE	TESTA SOSTEGNO	DPA (m)
Terna	380 kV	Doppia terna		77
Terna	380 kV	Singola terna		51
Terna	220 kV	Doppia terna		35
Terna	220 kV	Singola terna		30
Terna	220 kV	Singola terna		28

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI	Pagina 11 di 20

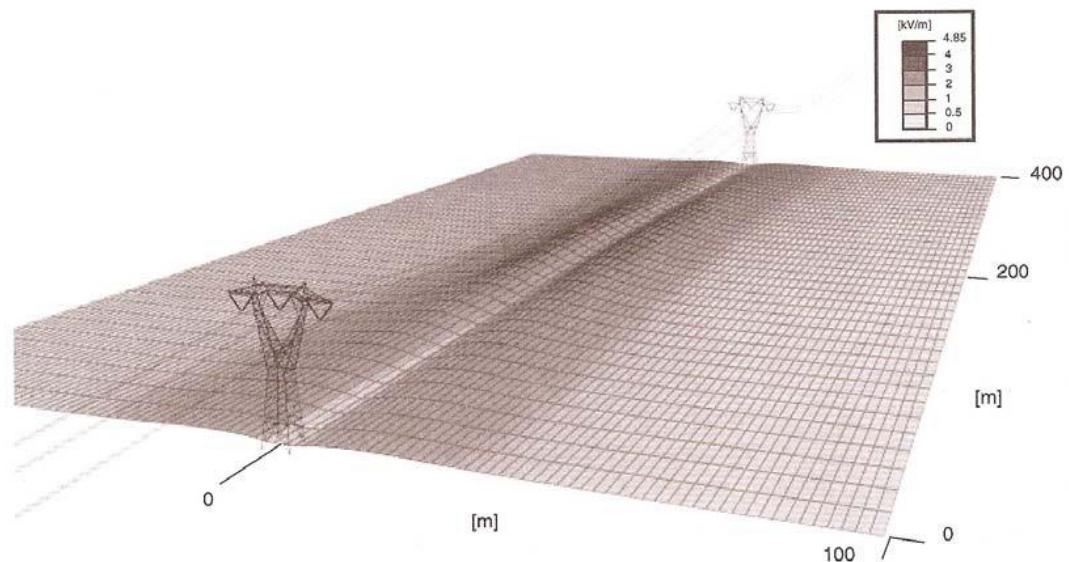
Tabella 3.3

GESTORE	TENSIONE	CONFIGURAZIONE	TESTA SOSTEGNO	DPA (m)
Terna Enel Distribuzione	132 kV	Doppia terna		32
Terna Enel Distribuzione	132 kV	Singola terna		22
R.F.I.	132 kV	Singola terna		16
R.F.I.	132 kV	Singola terna		18
Enel Distribuzione	15 kV	Singola terna		9

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI	Pagina 12 di 20

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.

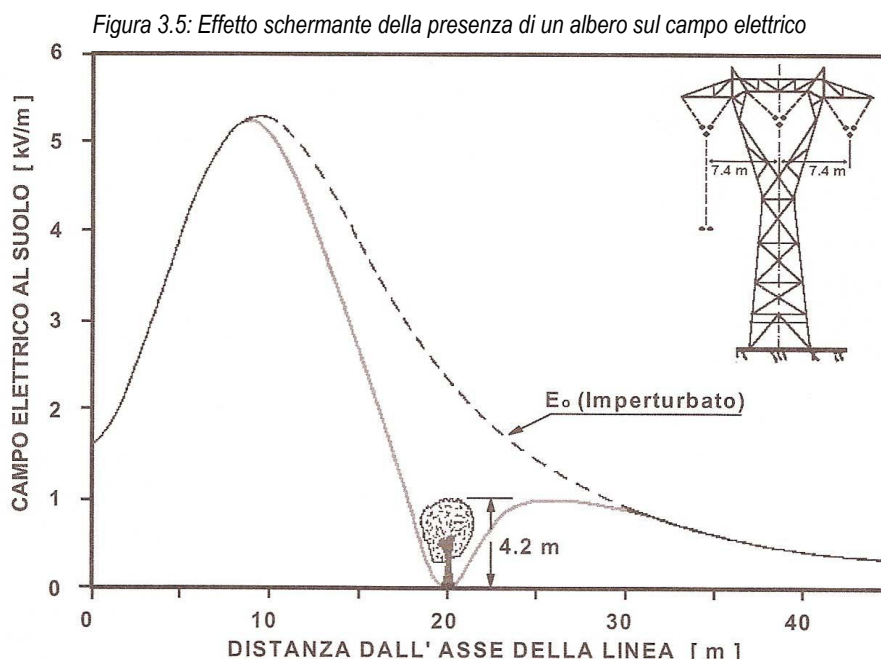
Figura 3.4: distribuzione del campo elettrico a 1m dal suolo



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.

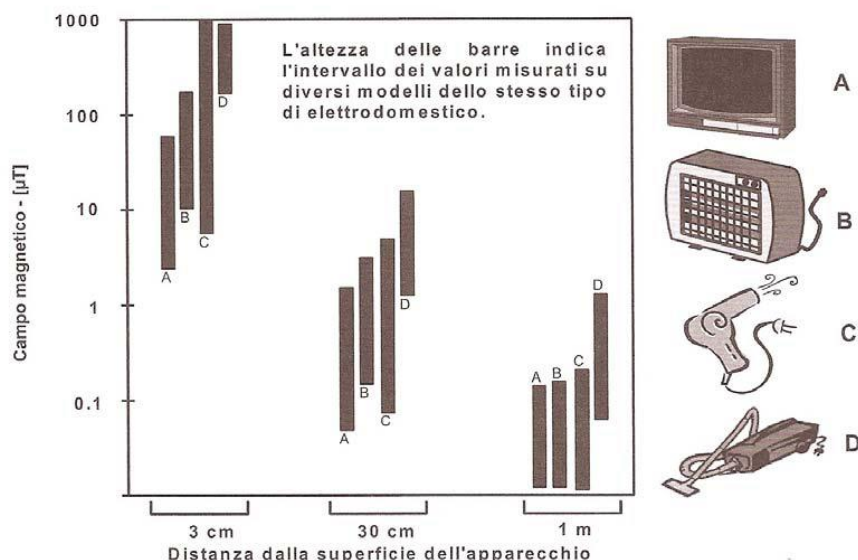
ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI	Pagina 13 di 20



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 1 m dalla sorgente valori uguali o inferiori a $1 \mu\text{T}$.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	PROGETTO DEFINITIVO REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI Elettromagnetici	Pagina 14 di 20

Figura 3.6: Livelli tipici di campo magnetico di alcuni elettrodomestici



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

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.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI	Pagina 15 di 20

4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il generatore fotovoltaico sarà composto da n. 16.032 moduli fotovoltaici bifacciali al silicio monocristallino per una potenza di picco complessiva di 9779,52kWp.

L'intera produzione netta di energia elettrica sarà riversata in rete con allaccio in media tensione a 15 kV sulla Rete Elettrica Nazionale presso la Cabina Primaria Esistente "CP Tresigallo" di proprietà di e-distribuzione.

Il generatore fotovoltaico sarà formato da n. 668 stringhe, ognuna costituita da 24 moduli collegati in serie. La potenza generata, in corrente continua, verrà convertita in corrente alternata mediante 45 convertitori statici (inverter) per raggiungere una **potenza massima in immissione pari a 7,875 MWAC**.

All'impianto faranno riferimento due cabine utente destinate ad ospitare i dispositivi di sezionamento e protezione.

In particolare, a valle delle due Cabine Utente, previa connessione tramite Linea MT dedicata a 15 kV, saranno installate n.4 Power station con n. 1 o 2 trasformatori da 1600 o 1000kVA.

Ogni Power station sarà equipaggiata con n. 1 Quadro MT (QMT), n. 1 o 2 trasformatori di potenza con rapporto di trasformazione 15/0,80 kV, n.1 Quadro di Parallelo BT, n.1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, un quadro servizi ausiliari e un quadro per il monitoraggio dell'impianto il tutto montato e cablato in apposito locale prefabbricato.

Le stringhe di moduli fotovoltaici saranno collegate direttamente agli inverter posti in a campo (inverter di stringa) grazie ai quali, la corrente continua sarà convertita in corrente alternata trifase con tensione pari a 800Vac.

Le linee in corrente alternata (trifase a 800 Vac) in uscita da ogni inverter, saranno convogliate al rispettivo Quadro di Parallelo BT dislocato nella Power Station di competenza.

La potenza generata con tensione nominale di 800Vac in uscita dal Quadro di Parallelo, sarà innalzata a 15.000 Vac mediante il trasformatore isolato in olio dedicato.

Quest'ultimo sarà collegato al quadro di media tensione, corredato da opportuni dispositivi atti a garantire il sezionamento e la protezione da eventi riconducibili a malfunzionamenti o guasti.

Una delle due linee MT in cavo interrato in uscita dalla Cabina di Consegna, sarà collegata in antenna alla Cabina Primaria Esistente di e-distribuzione (CP Tresigallo), mentre la seconda realizzerà una richiusura su cabina secondaria esistente come indicato nella soluzione tecnica minima generale.

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

1. impianto di produzione di energia elettrica solare fotovoltaica (le cui caratteristiche sono dettagliatamente descritte nell'elaborato tecnico allegato alla documentazione di progetto);
2. trasformazione dell'energia elettrica bt/MT (attraverso le Power Station appositamente dedicate);
3. impianto di connessione alla rete elettrica MT;
4. distribuzione elettrica BT;

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI	Pagina 16 di 20

- impianto di alimentazione utenze in continuità assoluta;
- impianti di servizio: illuminazione ordinaria locali tecnici ed illuminazione esterna;
- impianti di servizio: impianto di allarme antintrusione e videosorveglianza;
- impianto di terra;

Nella Tabella 4.1 sono evidenziate le principali caratteristiche dell’impianto fotovoltaico:

Impianto	TRESIGALLO 3
Comune (Provincia)	TRESIGNANA (FE)
Coordinate	Latitudine: 44°49'29.77"N Longitudine: 11°53'53.46"E
Superficie di impianto (Lorda)	14,06 ha
Potenza nominale (CC)	9.779,52 kWp
Potenza nominale (CA)	7.875 kW
Tensione di sistema (CC)	1.500 V
Regime di esercizio	Cessione Totale
Potenza in immissione richiesta	7.875 kW
Potenza in prelievo richiesta per usi diversi da servizi ausiliari	50 kW
Tipologia di impianto	Strutture ad inseguimento Monoassiale
Moduli	N°16.032 da
	610 Wp
Inverter	N°45 di tipo “di Stringa” per installazione Outdoor
Tilt	tracker monoassiali
Azimuth	0°
Cabine	N°4 Power Station + N° 2 Cabina Utente + N°1 Cabina di Consegna

Tabella 4.1: Caratteristiche Principali Dell’Impianto Fotovoltaico

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRROMAGNETICI	Pagina 17 di 20

5. DETERMINAZIONE DELLA D.P.A.

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

- -- Campo fotovoltaico (moduli fotovoltaici):
- -- inverter:
- -- gli elettrodotti di media tensione (MT):
- -- le cabine di trasformazione bt/MT:

5.1 Campi Elettromagnetici relativi al Campo Fotovoltaico (Modulo Fotovoltaico)

Nel caso specifico del campo fotovoltaico, formato dall'insieme delle stringhe di moduli fotovoltaici e dai rispettivi cavi elettrici, considerato che:

- tale sezione di impianto ha un funzionamento in corrente continua (0 Hz);
- i cavi relativi alle dorsali principali in corrente alternata, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo, sono interrati ad una profondità superiore ad un metro e distanti dai confini dell'impianto;

Si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo elettromagnetico.

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 elettromagnetico.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI	Pagina 18 di 20

5.3 Elettrodotti di Media Tensione

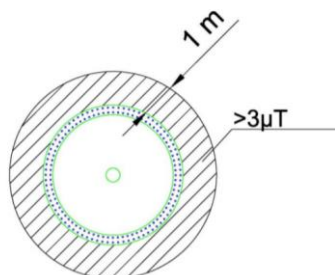
Gli Elettrodotti di Media Tensione relativi al campo fotovoltaico si dividono in:

- Cavi MT 15 kV Interrati per il collegamento elettrico tra le Power Station e le Cabine Utente;
- Cavi MT 15 kV Interrati per il convogliamento dell'energia elettrica Prodotta alla Cabina di Consegna;

Per quanto concerne entrambe le tipologie sopra riportate, per i cavi MT interrati il valore di qualità (induzione magnetica $< 3 \mu T$), si raggiunge ad una distanza di circa 1 m dal cavo (Vedi Fig. 5.1), che comunque è interrato ad una profondità di circa 1,2 m rispetto al piano di campagna. Le aree in cui avviene la posa dei cavi sono agricole, 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



5.4 Cabine Elettriche bt/MT

All'interno del Campo Fotovoltaico verranno installate n.4 Power Station di due tipologie, contraddistinte dalla presenza di uno o due trasformatori bt/MT, ma comunque comprensive di n. 1 Quadro MT (QMT), n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, n. 1 Quadro di parallelo BT per il convogliamento delle linee provenienti dai singoli inverter, un quadro per i servizi ausiliari e un quadro per il sistema di monitoraggio il tutto montato e cablato in appositi locali prefabbricati.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<i>PROGETTO DEFINITIVO</i> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI	Pagina 19 di 20

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];

Sia nel caso della Cabina Utente dotata di un trasformatore da 50kVA che nel caso della Cabina di Consegna, in ottemperanza al DM 29/05/08 precedentemente citato, è stata prevista **una fascia di rispetto** a titolo conservativo pari al valore massimo riportato nella tabella dell'art. 5.2.1 del DM 29/05/08 e **pari a 2,5 m.**

Saranno pertanto previste attorno alla cabina di consegna ed alle cabine utente, delle fasce di terreno di 2,5m mantenute libere da qualsiasi struttura.

Per quanto riguarda le **cabine di trasformazione** prendendo in esame il caso peggiore -trasformatore di potenza pari a 1600kVA- ed applicando la relazione sopra riportata, si ottiene una **DPA pari a 5,34m** approssimata per eccesso **a 5,5m.**

Le cabine di trasformazione sono state posizionate ad una distanza cautelativa minima di 9m dal limite catastale, superiore alla DPA calcolata.

All'interno della DPA individuata inoltre, non vi è la presenza di strutture recettive sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

ELABORATO.: 2.4-PDRT	COMUNE di TRESIGNANA PROVINCIA di FERRARA	Rev.: 00
	<small>PROGETTO DEFINITIVO</small> REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE DELLA POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 7,875 MWAC	Data: 17/01/2024
	RELAZIONE CAMPI ELETTRICI	Pagina 20 di 20

6. CONCLUSIONI

A seguito delle analisi sopra riportate, si può affermare che **la realizzazione dell'impianto fotovoltaico** costituito dalle seguenti apparecchiature elettriche:

- -- campo fotovoltaico (moduli fotovoltaici);
- -- inverter;
- -- elettrodotti di media tensione (MT);
- -- cabine di trasformazione bt/MT;

non comporta rischi in merito agli effetti dei campi elettromagnetici sulle persone ai sensi della normativa vigente.

In fase esecutiva si valuterà la possibilità di ridurre ulteriormente le emissioni elettromagnetiche e quindi le DPA, valutando soluzioni tecniche alternative e migliorative.