

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN  
POTENZA NOMINALE 26,95 MW<sub>p</sub> DC E POTENZA IN IMMISSIONE 23 MW AC**  
*Località Spinazzino – Comune di Ferrara (FE)*

**PROPONENTE:**

**TEP RENEWABLES (FERRARA PV) S.R.L.**  
**Viale Shakespeare,71 – 00144 - Roma**  
**P. IVA e C.F. 16462341005 – REA RM - 1658414**

**PROGETTISTI:**

**ING. MATTEO BERTONERI**  
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Massa Carrara al n. 669

**PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)

***Relazione campi elettromagnetici impianto e connessione***

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
21-00007-IT-FERRARA_PI_R06_Rev0_Relazione campi elettromagnetici impianto e connessione	02/2022	Prima emissione	AB	MB GG	F. Battafarano

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2. INQUADRAMENTO DELL'AREA E DEL TERRITORIO DI INTERVENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>3. SINTESI METODOLOGICA.....</b>	<b>8</b>
<b>4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>10</b>
<b>5. CONFIGURAZIONE IMPIANTO .....</b>	<b>13</b>
<b>6. CALCOLO DELLE DPA .....</b>	<b>16</b>
<b>6.1 CALCOLO DELLE DPA DELLE POWER STATION.....</b>	<b>16</b>
<b>6.2 CALCOLO DELLE DPA PER GLI ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE IN MEDIA TENSIONE .....</b>	<b>17</b>
<b>7. CONCLUSIONI .....</b>	<b>19</b>

\*\*\*

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1: Localizzazione dell'area di intervento, in giallo l'area contrattualizzata in rosso la recinzione dell'impianto .....	6
Figura 3-1: Sezione tipica di posa della linea in cavo su strade sterrate.....	8
Figura 3-2: Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale.....	8
Figura 5-1: Configurazione cabine di conversione "Power Station" .....	15

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 4-1: Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 .....	11
Tabella 4-2: Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore.....	11
Tabella 4-3: Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 all'aperto .....	12
Tabella 5-1: principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto .....	13
Tabella 5-2: Dimensionamento impianto .....	15

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la valutazione dell'impatto elettromagnetico connessa alla realizzazione di un impianto fotovoltaico in **regime agrovoltaiico** nel comune di Ferrara di potenza pari a 26,95 MWp DC e potenza in immissione 23 MW AC su un'area di 43 ha recintati.

I moduli fotovoltaici, di tipologia bifacciali e di potenza pari a 26,95 MWp, saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker monoassiali.

Nell'area di impianto saranno posizionati n. 751 TRACKER (28 x 2 MODULI) e n. 89 TRACKER (14 x 2 MODULI), l'impianto fotovoltaico sarà connesso alla rete di distribuzione alla RTN nel rispetto delle norme CEI e delle condizioni di Terna S.p.A. mediante un cavidotto interrato in antenna a 36 kV di lunghezza pari a circa 20,3 km, con tracciato prevalentemente su strada pubblica fino alla Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/132 kV denominata "Ferrara Focomorto", di futuro ampliamento.

Le strutture a tracker saranno poste a una quota media di circa 2,5 metri da terra la cui proiezione sul terreno è complessivamente pari a circa 32 ha. L'area netta nella quale si prevede che sarà possibile il proseguo dell'attività agricola ha una superficie pari a circa 6 ha esterni alla recinzione e circa 34 ha interni alla recinzione.

In particolare, per l'impianto saranno valutate le emissioni elettromagnetiche dovute alla cabina elettrica, al cavidotto ed alla stazione utente per la trasformazione. Si individueranno, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

Nel presente studio è stata presa in considerazione la condizione maggiormente significative al fine di valutare la rispondenza ai requisiti di legge dei nuovi elettrodotti.

Il progetto rientra nelle azioni relative alla produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nell'ottica di una progressiva sostituzione dei combustibili fossili e della riduzione dei gas climalteranti, secondo quanto previsto dagli accordi internazionali in materia, le leggi italiane e i dispositivi di incentivazioni nazionali.

## 2. INQUADRAMENTO DELL'AREA E DEL TERRITORIO DI INTERVENTO

L'area in cui verrà installato l'impianto fotovoltaico è ubicata nel territorio comunale di Ferrara (FE) a ca. 12 km a Sud-Est dalla stessa città e a ca. 47 km a ovest dalla costa adriatica, nella porzione ricompresa tra i centri abitati di San Bortolomeo in Bosco, a nord, Marrara, a est, Bova di Marrara, a sud, e Spinazzino, ad ovest, questi ultimi due non costituiscono un vero e proprio nucleo abitativo, ma piuttosto un insieme di poche case.

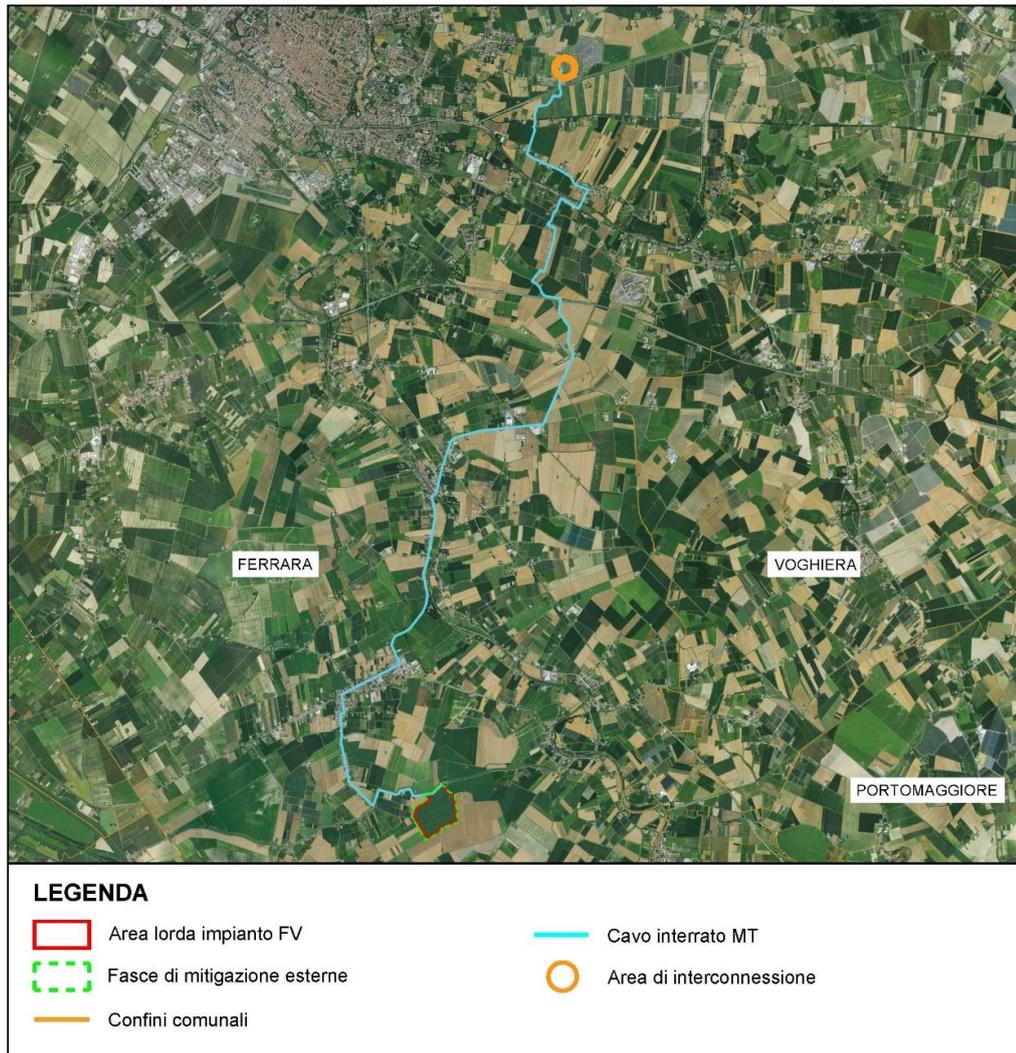
L'area di studio si presenta come un paesaggio pianeggiante (con quota media di ca. 5 m s.l.m. nell'area di intervento), solcato da una moltitudine di corpi idrici e compreso tra il corso del fiume Po, a nord, e quello del Reno, a sud. Tale area risulta interamente a vocazione agricola con presenza di aree urbanizzate sparse la principale delle quali è il centro abitato di Ferrara. Il sito di intervento si colloca, dunque, in area antropizzata.

L'area sede dell'impianto fotovoltaico, di potenza nominale di 26,95 MWp, completamente recintata, risulta essere pari ad oltre 42 ha, di cui oltre 26 ha per l'installazione del campo fotovoltaico, all'interno del quale saranno installate altresì n.7 Power Station (PS o cabine di campo) che avranno la funzione di elevare la tensione da bassa (BT) a media (MT). La connessione dell'impianto alla SSE di utenza MT/AT in loc. Focomorto avverrà mediante cavo interrato MT che si estenderà lungo la viabilità pubblica per un percorso di ca. di 20 km, per poi interconnettersi alla Stazione AT di Terna "Focomorto", mediante cavo interrato AT di ca. 405.

Le coordinate del campo fotovoltaico sono:

- Latitudine 44°42'48.71"N;
- Longitudine 11°39'28.73"E;
- L'altitudine media del sito è di 5 m.s.l.m.

In *Figura 2.1* si riporta la localizzazione dell'intervento di progetto in tutte le sue componenti.



*Figura 2.1: Localizzazione dell'area di intervento, in giallo l'area contrattualizzata in rosso la recinzione dell'impianto*

La rete stradale, che interessa l'area di intervento, è costituita da:

- A13 "Autostrada Bologna-Padova" che si estende ad ovest dell'impianto a ca. 11 km di distanza dallo stesso e che, mediante il raccordo autostradale RA8, si raccorda con la SS309 "Via Romea" che si estende circa parallelamente alla costa adriatica, ad est dell'impianto;
- SS16 "Strada Statale Adriatica" che si estende a ca. 3,5 km ad est dell'impianto;
- SS64 "Strada Statale Porrettana" che si estende a ca. 8,5 km ad ovest dell'impianto;
- SP25 "Via Imperiale" che si estende a quasi 4 km ad ovest dell'impianto;
- SP65 "Via Argenta" che si estende a quasi 3 km ad est dell'impianto;
- SP22 "Via Masi" che si estende a ca. 3 km a nord ovest dell'impianto e per buona porzione coincide con il percorso del cavo interrato MT;
- Strada locale "Via della Cembalina" che lambisce il confine nord dell'impianto in oggetto;
- Strada locale "Via della Stanga" che si estende a sud dell'impianto e si raccorda con Via della Cembalina a meno di 1 km dall'impianto;

- Strada locale "Via Spinazzino" che mette in comunicazione Via della Cembalina con Via Masi;
- Strada agricola "Strada della Valle Vecchia" che si estende a sud-est dell'impianto
- Strade secondarie

### 3. SINTESI METODOLOGICA

Tale documento è stato redatto Ing. Matteo Bertoneri, con il gruppo di lavoro per l'esecuzione del presente documento è stato inoltre composto dall'Ing. Claudio Fiaschi; Ing. Andrea Battistini; Arch. Fabrizio Brozzi; Geom. Nicola Ambrosini e dal Geom. Michele Squillaci.

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori. Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrato, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

All'interno della presente verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico. Per il calcolo dei campi magnetici dei collegamenti MT con la stazione di trasformazione di utenza sono state esaminate le configurazioni più significative, rappresentate nella figura sottostante.

SEZIONE TIPO "D"

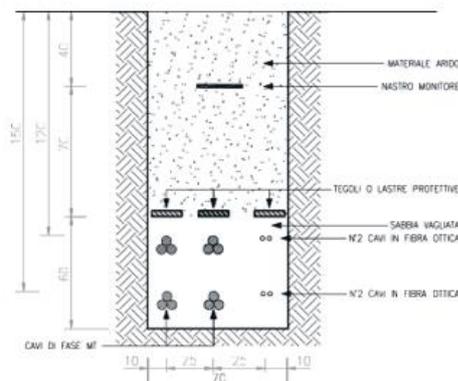


Figura 3-1: Sezione tipica di posa della linea in cavo su strade sterrate

SEZIONE TIPO "DA"

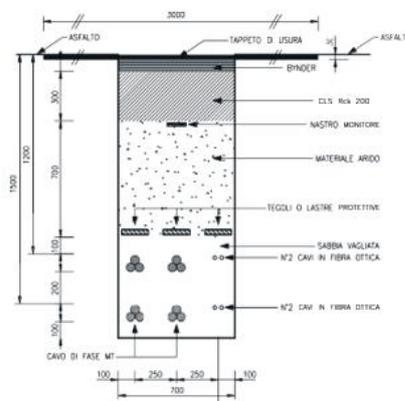


Figura 3-2: Sezione tipica di posa della linea in cavo su sede stradale

Tutte le analisi sono state condotte nel rispetto delle principali norme in materia di campi elettromagnetici e riportate nel capitolo seguente.

#### 4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- a) DPCM 8 luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".
- b) DL 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro"
- c) Norma CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici"
- d) Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"
- e) 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."
- f) DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la
- g) determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla legge 22/2/01 n°36 che è la legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del D.P.C.M. 8.7.2003.

Nel DPCM 8 Luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti", vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. In particolare, negli articoli 3 e 4 vengono indicate le seguenti 3 soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

"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 5kV/m per il campo elettrico intesi come valori efficaci" [art. 3, comma 1];

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

"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore

dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]

L'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai  $3\mu\text{T}$  come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

A tal proposito occorre precisare che nelle valutazioni che seguono è stata considerata normale condizione di esercizio quella in cui l'impianto FV trasferisce alla Rete di Trasmissione Nazionale la massima produzione. Come detto, il 22 Febbraio 2001 l'Italia ha promulgato la Legge Quadro n.36 sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (CEM) a copertura dell'intero intervallo di frequenze da 0 a 300.000 MHz.

Tale legge delinea un quadro dettagliato di controlli amministrativi volti a limitare l'esposizione umana ai CEM e l'art. 4 di tale legge demanda allo Stato le funzioni di stabilire, tramite Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri: i livelli di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità, le tecniche di misurazione e rilevamento.

Il 28 Agosto 2003 G.U. n.199, è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003: "Fissazione dei limiti di esposizione, di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalla esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz". L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione come riportato nelle Tabelle seguenti:

*Tabella 4-1: Limiti di esposizione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003*

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1-3	60	0.2	-
3 – 3000	20	0.05	1
3000 – 300000	40	0.01	4

*Tabella 4-2: Valori di attenzione di cui all'art.3 del DPCM 8 luglio 2003 in presenza di aree, all'interno di edifici adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore*

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensità di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensità di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA' DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m <sup>2</sup> )
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

L'art. 4, invece, riporta i valori che non devono essere superati in aree intensamente frequentate come riportato in Tabella:

Tabella 4-3: Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio2003 all'aperto

Intervallo di FREQUENZA (MHz)	Valore efficace di intensita' di CAMPO ELETTRICO (V/m)	Valore efficace di intensita' di CAMPO MAGNETICO (A/m)	DENSITA'DI POTENZA dell'onda piana equivalente (W/m2)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Per quanto riguarda la metodologia di rilievo il D.P.C.M. 8 Luglio 2003 fa riferimento alla norma CEI 211-7 del Gennaio 2001

## 5. CONFIGURAZIONE IMPIANTO

L'area sede dell'impianto fotovoltaico, di potenza nominale di 26,95 MWp, completamente recintata, risulta essere pari ad oltre 42 ha, di cui oltre 26 ha per l'installazione del campo fotovoltaico, all'interno del quale saranno installate altresì n.7 Power Station (PS o cabine di campo) che avranno la funzione di elevare la tensione da bassa (BT) a media (MT). La connessione dell'impianto alla SSE di utenza MT/AT in loc. Focomorto avverrà mediante cavo interrato MT che si estenderà lungo la viabilità pubblica per un percorso di ca. di 20 km, per poi interconnettersi alla Stazione AT di Terna "Focomorto", mediante cavo interrato AT di ca. 405.

Nella Tabella 2.1 sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto.

Tabella 5-1: Principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto

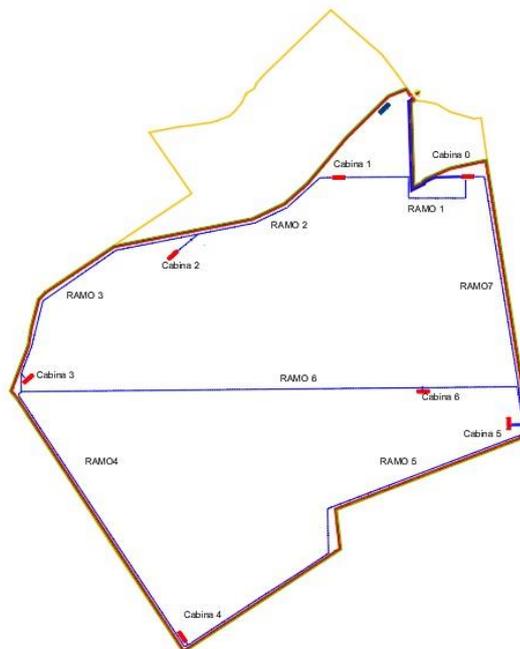
ITEM	DESCRIZIONE
Richiedente	TEP RENEWABLES (FERRARA PV) S.R.L.
Luogo di installazione:	Ferrara (FE)
Denominazione impianto:	Ferrara
Dati catastali area impianto in progetto:	Foglio 364 (particella 1, 5, 6, 7, 19, 26, 27, 33, 35, 50, 51)
Dati catastali area stazione in progetto:	Foglio 166 Particelle 484
Potenza di picco (MWp):	26,95 MWp
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare
Connessione:	Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker monoassiali
Inclinazione piano dei moduli:	+55° - 55°
Azimuth di installazione:	0°
Caratterizzazione urbanistico vincolistica:	Secondo la cartografica del PSC del comune di Ferrara, l'area risulta in piccola parte in zona a vincolo idraulico e in zona Unesco "Ferrara città del Rinascimento e Delta del Po", ma tali aree sono state escluse dell'area netta dell'impianto
Cabine:	L'impianto sarà costituito da 13 sottocampi distribuiti. A ogni sottocampo sarà associata una cabina contenente due trasformatori MT/BT (Power Station), con una potenza nominale di 3150kVA kVA. Nella cabina "0" sarà installato un trasformatore da 3150kVA ed uno da 250kVA che produrrà la tensione di 230/400V per I servizi ausiliari. La distribuzione MT interna all'impianto sarà 30 kV. La cabina generale MT "0" sarà realizzata in prossimità del perimetro di impianto ove è previsto l'arrivo della linea MT di connessione dalla sottostazione Terna.
Rete di collegamento:	Alta Tensione – 36 kV

L'impianto è così costituito:

- n.1 cabina generale MT di connessione con tensione nominale a 30 kV posizionata sul perimetro del bordo Nord dell'impianto. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente il quadro QMT1 contenente le protezioni generale PG e di interfaccia PI e gli apparati SCADA e telecontrollo; dal quadro QMT1 partono le linee di alimentazione verso I 6 sottocampi .
- n. 6 Power Station (PS). Le Power Station o cabine di campo avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa a media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione a doppio anello e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dalle String Box che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate su pali infissi nel terreno;
- L'impianto è completato da:
  - tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
  - opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto elettrico di media tensione è stato previsto con distribuzione a doppio anello in modo da garantire continuità di servizio in occasione di Guasti o manutenzioni su tratti di linee. L'impianto di bassa tensione sarà realizzato in corrente alternata e continua.

Come riportato nello schema unifilare, la distribuzione elettrica prevede la realizzazione di un doppio anello di connessione di tutte le 7 cabine di campo. In ciascun ramo le power station saranno alimentate in configurazione Entra-Esci. Di seguito di riporta una tabella riepilogativa delle power station e relativo ramo di connessione.



*Figura 5-1: Configurazione cabine di conversione "Power Station"*

Si rimanda alle tavole di dettaglio per un'ulteriore comprensione ed inquadramento planimetrico delle aree d'impianto. Dalla lettura dello schema unifilare del presente progetto, è possibile riscontrare le informazioni e le caratteristiche impiantistiche dell'impianto fotovoltaico nonché dei suoi elementi.

Tutti i sottocampi e relative cabine di media tensione saranno connessi alle cabine CABINA PRINCIPALE "0" MT (LATO FV) tramite linee interrate costituite da cavi in MT 30kV in alluminio tipo ARG7H1RNR 18/30 kV

In tali cabine avverrà il parallelo elettrico di queste singole produzioni ed il successivo convogliamento verso le linee di connessione utente a 30kV.

Di seguito si riporta l'elenco delle linee in MT presenti in impianto e i relativi dati di impiego, quali correnti di esercizio, tensione e formazione nelle massime condizioni di esercizio ipotizzando guasti che richiedano la messa fuori servizio di alcuni rami dell'anello.

*Tabella 5-2: Dimensionamento impianto*

DIMENSIONAMENTO DELLA RETE MT A DOPPIO ANELLO

<b>descrizione</b>	<b>U.M.</b>	<b>RAMO 1</b>	<b>RAMO 2</b>	<b>RAMO 3</b>	<b>RAMO 4</b>	<b>RAMO 5</b>	<b>RAMO 6</b>	<b>RAMO 7</b>
numero max di cabine che possono confluire nel ramo	n	6	5	4	2	2	2	6
ipotesi del guasto	ramo	7	7	7	1	1	1-7	1
max potenza per cabina	kW	4.427	4.427	4.427	4.427	4.427	4.427	4.427
max potenza MT trasportata in caso di guasto di un qualsiasi altro ramo	kW	26562	22135	17708	8854	8854	8854	26562
corrente	A	511,8	426,5	341,2	170,6	170,6	170,6	511,8
tensione di esercizio	V	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
cavo utilizzato	mmq	70	70	70	70	70	70	70
portata ( con posa interrata)	A	286	286	286	286	286	286	286
n. conduttori in parallelo	n	2	2	2	1	1	1	2
lunghezza ramo		243	266	423	509	674	863	416

## 6. CALCOLO DELLE DPA

Si è proceduto al calcolo della Distanze di Prima Approssimazione (DPA) dalle linee elettriche di impianto e dai cabinati di trasformazione e connessione, quali la cabina MT principale, la cabina secondaria MT di smistamento e le cabine di campo "Power Station". Gli elementi sopra descritti sono tutti caratterizzati da una tensione massima nominale di 30kV in AC e 1500 V in DC. Tale valutazione si riferisce esclusivamente alla fase di esercizio dell'impianto in quanto durante la realizzazione e dismissione i campi daranno nulli data l'assenza di tensione nei circuiti.

### 6.1 CALCOLO DELLE DPA DELLE POWER STATION

In merito alla valutazione delle distanze di prima approssimazione nei cabinati power station e nelle cabine MT si è considerata la distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina stessa in quanto le stesse al loro interno non sono considerate luogo di lavoro stabile ma occupato dal personale tecnico in modo saltuario durante la manutenzione che perlopiù avverranno in assenza di tensione.

Tali DPA sono state valutate impiegando la formula semplificata indicata nell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". La DPA va quindi calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale in bassa tensione in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) mediante la seguente formula di calcolo:

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

Per le cabine secondarie di sola consegna in media tensione, come nel caso in esame della cabina di consegna di impianto (sezione Nord di impianto), e della cabina di smistamento (sezione Sud di impianto) la DPA da considerare è quella relativa alla linea MT entrante/uscente dalla stessa.

Nel caso in esame data la diversa tipologia di cabinati si è preso come riferimento il cabinato con la maggior corrente in MT e BT. In particolare, nel caso di Cabine MT/BT si è preso come riferimento il diametro equivalente reale del cavo in uscita dal trasformatore (x) pari a circa 40 mm e la corrente massima in BT, di circa 2028 A.

Dalla applicazione della equazione sopra riportata si desume una DPA è di circa 3,41m, all'esterno della quale il campo di induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T riferendoci alla corrente in bassa tensione del trasformatore della tipica Power Station prevista a progetto (1995 kVA).

## 6.2 CALCOLO DELLE DPA PER GLI ELETTRODOTTI DI CONNESSIONE IN MEDIA TENSIONE

In merito al calcolo delle DPA delle linee in media tensione è stato preso come riferimento il tratto di linea interno all'impianto dalla maggior intensità di corrente; nel caso di specie si tratta della linea interna al campo che collega la cabina generale MT alla cabina secondaria di smistamento, caratterizzato da una corrente di circa 511.8 A.

La stima delle DPA per le linee in MT è stata valutata secondo il DM 29 maggio 2008 preliminarmente attraverso l'utilizzo del metodo semplificato della norma CEI 106-11 e successivamente attraverso l'utilizzo del metodo bidimensionale (che applica la legge di Biot e Savart). Quest'ultimo tiene conto in modo cautelativo anche della sovrapposizione dei campi in caso di parallelismi.

La premessa al calcolo è:

- Ramo 12 tra Cabina 1 e 0;
- Tensione nominale di 30 KV;
- distanza tra le fasi di 100 mm;
- Profondità del cavo di 0,80 cm;
- Intensità di corrente di 551.8 A.

Il metodo semplificato per il calcolo dell'induzione magnetica per linee in cavo interrato a semplice terna prevede l'utilizzo della seguente relazione (specificata per cavi interrati a trifoglio):

$$B = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{S \cdot I}{R^2} \quad [\mu T]$$

Da tale formula si ricava il valore della distanza per la quale è garantita un'induzione magnetica inferiore ai 3  $\mu T$  che coincide con l'obiettivo di qualità imposto dalla norma per gli effetti a lungo termine:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [m]$$

Per cavi interrati il valore del raggio a induzione magnetica costante pari a 3  $\mu T$  calcolato al livello del suolo è pari a:

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

Nel caso in esame, per quanto riguarda il tratto di linea che collega la cabina generale MT alla cabina secondaria di smistamento il raggio  $R_0$  è pari a 2,3 m. Arrotondando tale valore

per eccesso la distanza dall'asse verticale dell'elettrodotto per il quale è garantito l'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  è pari a 3 m.

Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in cavo, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.

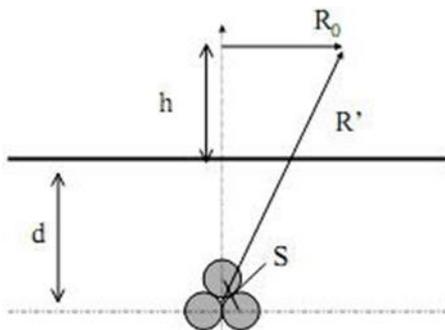
Secondo quanto riportato nel DM del MATTM del 29.05.2008, il calcolo delle fasce di rispetto può essere effettuato usando le formule della norma CEI 106-11, che prevedono l'applicazione dei modelli semplificati della norma CEI 211-4.

Pertanto, il calcolo della fascia di rispetto si può intendere in via cautelativa pari al raggio della circonferenza che rappresenta il luogo dei punti aventi induzione magnetica pari a 3 microT.

La formula da applicare è la seguente, in quanto si considera la posa dei conduttori a trifoglio:

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{S \cdot I} \quad [\text{m}]$$

Con il significato dei simboli di figura seguente:



Pertanto, ponendo:

$$S = 0.10 \text{ m}$$

$$I = 551.8 \text{ A}$$

Si ottiene:

$$R' = 2.3 \text{ m}$$

Che arrotondato al metro, fornisce un valore della fascia di rispetto paria a 3 m per parte, rispetto all'asse del cavidotto. Come anticipato non si ravvisano ricettori all'interno della suddetta fascia.

## 7. CONCLUSIONI

Il calcolo nelle varie porzioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è trascurabile nei casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Infatti, per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT esterni, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 3m, rispetto dell'asse del cavidotto.

Per ciò che riguarda la stazione di trasformazione i valori di campo magnetico al di fuori della recinzione sono sicuramente inferiori ai valori limite di legge. Considerando che nella cabina di trasformazione non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area sarà racchiusa all'interno di una recinzione non metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

L'impatto elettromagnetico può pertanto essere considerato non significativo.