

Progetto per la costruzione ed esercizio di un Impianto Agrivoltaico a terra e relative Opere di Connessione e alla rete AT di Terna

Trapani [TP01]
[67,017 MW]

Regione Sicilia, Provincia di Trapani,
Comune di Trapani e Comune di Paceco

REL_07

**VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AI CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED
ELETTROMAGNETICI**

Valutazione di Impatto ambientale
(artt. 23 -24 -25 D.Lgs.152/2005)
Commissione Tecnica PNRR - PNIEC
(art.17 D.Lgs. 77/2021)

PROPONENTE

SICILIA POWER S.R.L.

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02388040517
siciliapowersrl@casellapec.com

PROGETTAZIONE



Solarys I.S. srl

Via Don Luigi Sturzo, 14 - 52100 Arezzo
P.IVA 02326770514
info@solarysnrg.it

Arch. Silvia Burbi

Ordine degli Architetti, Provincia di Arezzo n.1157 sez A
silvia.burbi@solarysis.it

Ing. Andrea Coradeschi

Ordine degli Ingegneri, Provincia di Arezzo n.1741 sez. A
andrea.coradeschi@solarysis.it

CONSULENZA
TECNICA



AP engineering srls

Scala	Formato	Codice Elaborato	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
-	A4	REL_07	A.D.	A.C.	S.B.

Revisione	Data	Descrizione			
0	18/12/2023	PROGETTO DEFINITIVO			

SOMMARIO

1. Premessa	2
2. Definizioni	2
3. Normativa di riferimento	3
4. Descrizione dell'impianto fotovoltaico	7
5. Descrizione dell'impianto fotovoltaico	8
5.1 Moduli Fotovoltaici	8
5.2 Inverter	8
5.3 Cabine	9
5.4 Collegamenti Elettrici e cavidotti	9
5.5 Connessione alla linea elettrica	10
6. Valutazione preventiva campi elettromagnetici	10
7. Valutazioni campi elettrici	15
8. Conclusioni	16

1. Premessa

La presente relazione riguarda il progetto di un Impianto agro-voltaico, denominato Terre del Sole, per la produzione di energia elettrica e relative opere di Connessione alla Rete Nazionale Elettrica (AT – 36.kV), da realizzarsi nei comuni di Trapani e Paceco in provincia di Trapani, per una potenza complessiva del generatore fotovoltaico pari a **67.017,30 KWp**.

Scopo del presente documento è quello di descrivere le emissioni elettromagnetiche associate alle infrastrutture elettriche presenti nell'impianto agro-voltaico in oggetto e connesse ad esso, ai fini della verifica del rispetto dei limiti della legge n.36/2001 e dei relativi Decreti attuativi.

L'impianto, oggetto del presente documento, si propone di produrre una notevole quantità di **energia da fonte di tipo rinnovabile da immettere nella rete pubblica**. In particolare, si utilizza in questo impianto l'effetto fotovoltaico per convertire la radiazione luminosa proveniente dal sole in energia elettrica in maniera diretta, senza cioè passare per altre forme di energia.

Nel dettaglio, per l'impianto saranno valutate le emissioni di campo elettrico e di induzione magnetica dovute alle varie parti dell'impianto andando a concentrarsi su cabine elettriche e cavidotti.

Si individueranno, in base al DM 29.05.2008, le DPA per le opere sopra dette.

2. Definizioni

Si definiscono campi elettrici e magnetici a frequenza estremamente bassa (ELF) quel tipo di campi di radiazioni non ionizzanti caratterizzati da una frequenza compresa fra 0 e 3 KHz.

Le sorgenti di questo tipo di campi sono le linee elettriche per il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica, gli impianti per la trasformazione di tale energia nonché tutte le applicazioni industriali o domestiche alimentate a corrente elettrica.

Il **campo elettrico (E)** dipende principalmente dalla tensione a cui funziona la sorgente e la sua intensità si misura in Volt per metro (V/m) o con suoi multipli come il kilovolt per metro (kV/m).

Il **campo magnetico (H)** dipende principalmente dalla corrente che circola nella sorgente. La sua intensità si misura in Ampere per metro (A/m) oppure tramite una grandezza correlata: l'**induzione magnetica (B)** misurata in Tesla (T) o con i suoi sottomultipli.

La relazione che lega B ad H è la seguente:

$$B = \mu H$$

dove μ è una grandezza detta permeabilità magnetica (pari a $4 \pi 10^{-7}$ henry/metro nel vuoto e con buona approssimazione in tutte le sostanze non ferromagnetiche e quindi anche nella materia organica). In virtù della relazione suddetta i limiti di legge sono stati fissati riferendosi all'induzione magnetica. I campi ELF sono caratterizzati da una lunghezza d'onda molto grande (6000 Km a 50 Hz) perciò ogni soggetto potenzialmente esposto si trova nella così detta zona di campo vicino. Ne consegue che nel caso in esame il campo elettrico ed il campo magnetico sono grandezze fra loro scorrelate e che pertanto vanno misurate separatamente per valutarne l'intensità.

3. Normativa di riferimento

Per redigere la presente relazione, si sono tenuti in considerazione i documenti e la normativa italiana relativa alla protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici. In particolare, ci si riferisce alla legge 22/2/01 n°36, 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.

In particolare 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.

Per il progetto in oggetto si mettono in evidenza i seguenti articoli : "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 μ 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 μ 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 μ 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 è quindi di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai 3 μ T come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio, questo in riferimento alla potenza massima erogabile dall'impianto fotovoltaico.

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"**.

Art. 1. Campo di applicazione

- Le disposizioni del presente decreto fissano limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti. Nel medesimo ambito, il presente decreto stabilisce anche un obiettivo di qualità per il campo magnetico, ai fini della progressiva minimizzazione delle esposizioni.

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui al presente decreto non si applicano ai lavoratori esposti per ragioni professionali.
- A tutela delle esposizioni a campi a frequenze comprese tra 0 Hz e 100 kHz, generati da sorgenti non riconducibili agli elettrodotti, si applica l'insieme completo delle restrizioni stabilite nella raccomandazione del Consiglio dell'Unione europea del 12 luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999.

L'art. 3 di tale Decreto riporta i limiti di esposizione e i valori di attenzione:

- 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 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Tabella 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 ²)
0.1-3	60	0.2	-
>3 – 3000	20	0.05	1
>3000 – 300000	40	0.01	4

Tabella 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 ²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

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

- 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 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come

mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Tabella 3: Obiettivi di qualità di cui all'art.4 del DPCM 8 luglio 2003 all'aperto in presenza di aree intensamente frequentate.

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/m²)
0.1 – 300000	6	0.016	0.10 (3 MHz – 300 GHz)

Art. 5. Tecniche di misurazione e di rilevamento dei livelli di esposizione

- Le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 data pubblicazione 2001-01, classificazione 211-6 prima edizione, «Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz, con riferimento all'esposizione umana» e successivi aggiornamenti.

Allegato al DM 29/05/2008 -Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti (Gazzetta Ufficiale n.156 del 05/07/08)

Questo decreto attua quanto previsto dal DPCM del 8 Luglio 2003 che ha abrogato le disposizioni dei decreti del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 aprile 1992 e 28 settembre 1995 e demandato all'APAT ed alle ARPA la definizione delle metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto sulla base degli obiettivi di qualità (**3 μT**) e della portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto (CEI 11-60 oltre i 100 kV oppure, negli altri casi, la portata in regime permanente CEI 11-17).

Con riferimento all'allegato si riportano le seguenti definizioni di interesse ai fini della valutazione dell'impatto elettromagnetico dell'intervento:

- Corrente: valore efficace dell'intensità della corrente elettrica.
- Portata in regime permanente: massimo valore della corrente che, in regime permanente ed in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).
- Fascia di rispetto: Spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra ed al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obbiettivo di qualità.
- Distanza di prima approssimazione (DPA): Distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce ad ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di DPA, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. 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.

In figura si riporta un esempio in cui si può vedere la sezione della fascia di rispetto (delimitata dalla curva isolivello a $3 \mu\text{T}$) e la relativa DPA in relazione ad un elettrodotto aereo.

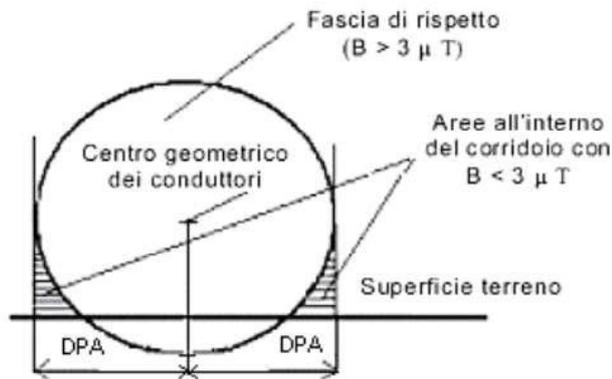


Figura 1 - DPA Cavi

Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra:

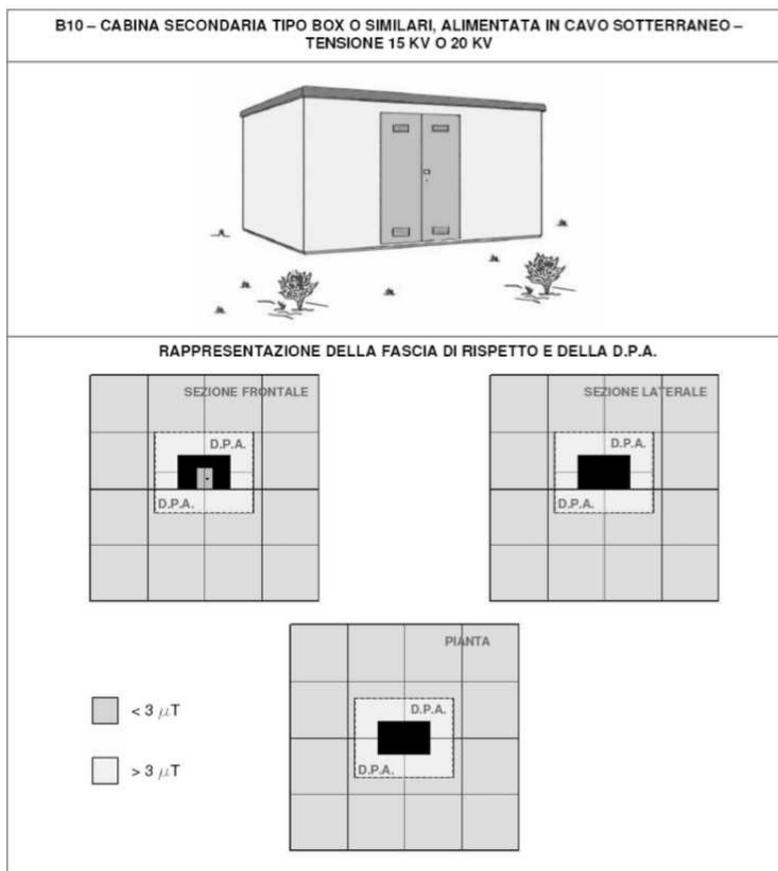


Figura 2 - DPA Cabine

4. Descrizione dell'impianto fotovoltaico

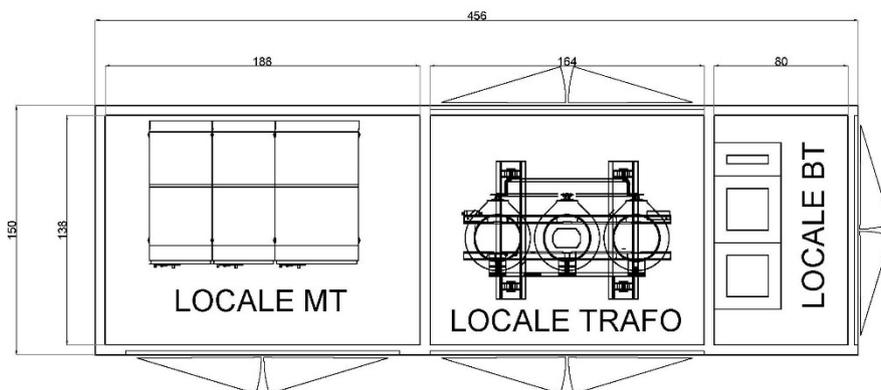
L'allegato tecnico "Schema elettrico unifilare generale" riporta lo schema elettrico unifilare generale a partire dal quale è possibile evidenziare le principali funzioni svolte dai sottosistemi ed apparecchiature costituenti l'impianto stesso.

Il generatore fotovoltaico, posto al suolo, è composto da moduli in silicio monocristallino e inverter centralizzati, come evidenziato nello schema unifilare e con le caratteristiche dettagliate nei relativi datasheet allegati.

Le stringhe fotovoltaiche di ciascun sottocampo saranno connesse in parallelo attraverso un quadro di sottocampo come messo in evidenza nello schema unifilare allegato.

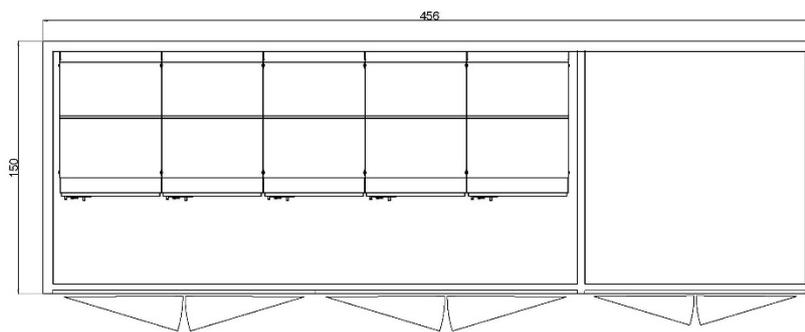
L'involucro esterno dell'inverter è in grado di resistere alla penetrazione di solidi e liquidi con grado di protezione IP65. L'inverter è predisposto per un sistema di monitoraggio locale ed un'interfaccia per essere collegato al sistema di monitoraggio e acquisizione dati dell'impianto.

L'impianto fotovoltaico, di potenza pari a **67.017,30 KWp** di picco, prevede l'installazione di 95.060 moduli da 705 Wp su una superficie lorda pari a circa 124 Ha (intesa come area complessiva). Il campo fotovoltaico è suddiviso in sottocampi, gestiti da trentacinque cabine di trasformazione (Utente) collegate in anello tra loro e n.2 cabine MT per la gestione dell'impianto.



Altezza cabina = 3,20 m

Figura 3 - Tipologico Cabina elettrica Utente



Altezza cabina = 3,20 m

Figura 4 - Tipologico Cabina MT

Il sistema di generazione elettrica è costituito da 188 convertitori totali statici cc/ca (inverter fotovoltaico) trifase, facenti capo a 3395 stringhe. Ad ogni stringa fanno capo sistemi di moduli in multipli e sottomultipli di 28 moduli ciascuno.

Ciascun inverter ha tensione massima lato DC pari a 1500V, tensione nominale lato AC pari a 800V e potenza elettrica nominale di 320 kW;

Gli inverter faranno capo quindi a n. 35 cabine di trasformazione / elevazione da 800 V a 36 kV mediante cavi interrati del tipo ARE4X (elicordati) di sezione $3 \times 240 \text{ mm}^2 + 1 \times 150 \text{ mm}^2$ (PE).

5. Descrizione dell'impianto fotovoltaico

5.1 Moduli Fotovoltaici

I moduli fotovoltaici bifacciali a tecnologia monocristallina sono della marca CanadianSolar modello TOPBiHiKu7 tipo CS7N-705TB-AG ed hanno potenza di picco pari a 705 Wp.

Ogni Modulo è dotato di una scatola di Giunzione con caratteristiche IP68 con relativi Diodi di By-Pass. I moduli hanno dimensioni pari $1303 \times 2384 \times 33 \text{ mm}$ e risultano dotati di una cornice in alluminio anodizzato; sono dotati di certificazione di rispondenza alle normative IEC 61215, IEC 61730, UL1703, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, TS62941, OHSAS 18001:2007.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

Nei moduli fotovoltaico i campi elettromagnetici si limitano ad una brevissima durata e riguardano solo alcuni circuiti integrati, in quanto lavorano a corrente e tensione continua. I campi elettromagnetici sono quindi irrilevanti.

5.2 Inverter

Per la conversione dell'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici (corrente continua) in corrente alternata è previsto l'uso di inverter di stringa marca **SUNGROW** modello **SG350HX**. Questi inverter hanno il

vantaggio di avere una tensione massima in ingresso (lato DC) pari a 1.500 Vdc ed una tensione in uscita (corrente alternata) a 800 Vca; l'alta tensione lato AC permette di ottenere correnti in uscita inferiori rispetto ad inverter tradizionali (con tensione lato AC pari a 400 V) e quindi ciò consente di poter utilizzare cavi di connessione di sezioni inferiori. Un'altra caratteristica di questi inverter è di possedere ben 12 MPPT indipendenti e un sistema di comunicazione con protocollo Mod Bus per una perfetta integrazione con i sistemi esistenti in commercio. L'efficienza massima dell'inverte raggiunge il 99 % mentre l'efficienza europea è del 98,8%, per le caratteristiche tecniche si rimanda ai datasheet allegati.

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. D'altro canto, 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).

5.3 Cabine

Le cabine elettriche contengono la strumentazione necessaria alla trasformazione ed al trasporto dell'energia prodotta dall'impianto verso la sottostazione elettrica. Per le dimensioni e le posizioni si rimanda agli elaborati grafici ed alle specifiche tecniche. Le cabine sono di tipo shelter accoppiato a vasche di fondazione prefabbricate poggiate su un magrone di fondazione o sabbia compattata a seconda della consistenza del terreno; quest'ultimo verrà livellato per offrire un piano di appoggio ottimale per l'installazione.

Le cabine elettriche saranno in totale n.35 e ciascuna di esse avrà le dimensioni idonee per il contenimento di tutte le apparecchiature elettriche previste, si rimanda alle specifiche tecniche del distributore di riferimento.

5.4 Collegamenti Elettrici e cavidotti

La connessione in serie dei moduli fotovoltaici dovrà essere effettuata utilizzando i connettori multicontact preinstallati dal produttore nelle scatole di giunzione poste sul retro di ogni modulo. I cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali previsti nei profili delle strutture di fissaggio.

Per la distribuzione dei cavi all'esterno si devono praticare degli scavi (profondità non inferiore a 0,8 m per i cavi di media tensione su proprietà privata e pari ad almeno 1 metro su terreno pubblico) seguendo un percorso il più possibile parallelo a strade o passaggi.

I cavi MT dovranno essere separati da quelli BT e i cavi BT separati da quelli di segnalazione e monitoraggio. Ad intervalli di circa 15 / 20 m per tratti rettilinei e ad ogni derivazione si interporranno dei pozzetti rompitratta (del tipo prefabbricato con chiusino in cemento) per agevolare la posa delle condutture e consentire l'ispezione ed il controllo dell'impianto. I cavi, anche se del tipo per posa direttamente interrata, devono essere protetti meccanicamente mediante tubi. Il percorso interrato deve essere segnalato, ad esempio colorando opportunamente i tubi (si deve evitare il colore giallo, arancio, rosso) oppure mediante nastri segnalatori posti a 20 cm sopra le tubazioni. Le tubazioni dei cavidotti in PVC devono essere di tipo pesante (resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N). Il tubo è posato in modo che esso si appoggi sul fondo dello scavo per

tutta la lunghezza; è completo di ogni minuteria ed accessorio per renderlo in opera conformemente alle norme CEI 23-29.

5.5 Connessione alla linea elettrica

Per quanto alla presente istanza e in base al preventivo del distributore, è previsto l'allacciamento alla rete elettrica nazionale di Alta Tensione (AT) con un livello di 36 kV previa realizzazione di elettrodotto interrato verso una nuova stazione elettrica esclusa dal seguente appalto.

6. Valutazione preventiva campi elettromagnetici

Sulla base di quanto sopra descritto, prima di effettuare la valutazione è necessario identificare le possibili sorgenti emissive e le loro caratteristiche.

Qui di seguito viene riportato lo schema a blocchi delle sorgenti emissive presenti all'interno del campo.

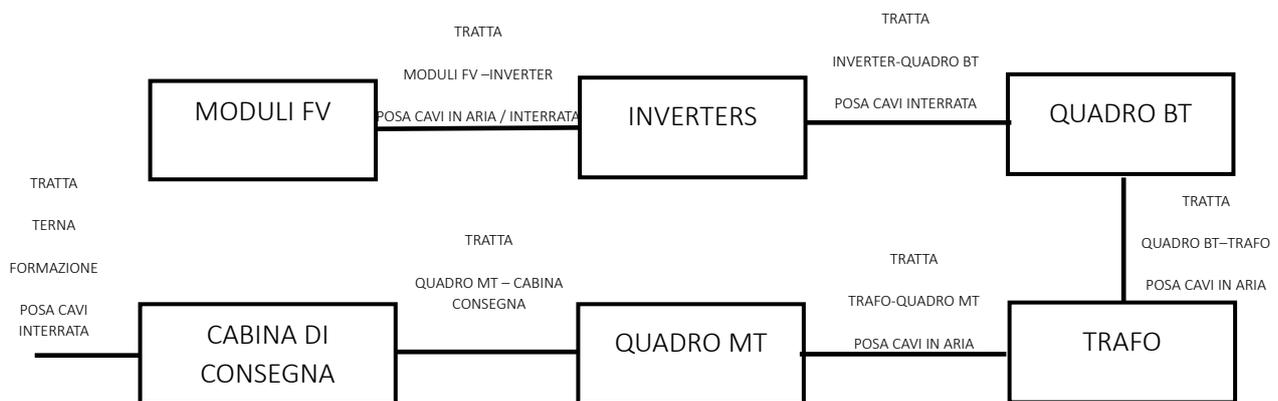


Fig. 5 – Schema a blocchi sorgenti campi elettrici e magnetici oggetto di indagine

Tratta moduli fotovoltaici – inverter (corrente continua)

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue (0 Hz), per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transistori di corrente e sono comunque di brevissima durata. Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché irrilevanti. Viste le basse tensioni (nel nostro caso dell'ordine dei 1500 V) il campo elettrico statico è trascurabile.

Riguardo al campo magnetico statico considerando che:

- buona esecuzione vuole che i cavi di diversa polarizzazione (+ e -) viaggino sempre a contatto, annullando reciprocamente quasi del tutto i campi magnetici statici prodotti in un punto esterno (tale precauzione viene in genere presa soprattutto al fine della protezione dalle sovratensioni limitando al massimo l'area della spira che si viene a creare tra il cavo positivo e il cavo negativo);
- per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per induzione magnetica che non deve essere superato è di 40 mT;

- la massima corrente continua circolante sui cavi in ingresso agli inverter è dell'ordine delle decine di Ampere.

Pertanto, in considerazione delle osservazioni precedenti, si può certamente escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo magnetico statico dovuti alla sezione in corrente continua.

Tratta inverter – quadro BT

In primo luogo, 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. D'altro canto, 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). **A questo scopo gli inverter prescelti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC).**

Le linee in bassa tensione di interconnessione tra gli inverter e le cabine di trasformazione BT/MT di pertinenza (sedi dei quadri BT) e le linee di bassa tensione ad alimentazione dei vari ausiliari di sistema sono definite di classe prima (DM 21/03/1988 n. 449, Classe I: linee di trasporto o distribuzione di energia elettrica la cui tensione nominale è inferiore a 1000 V) pertanto, in base al punto 3.2 del Decreto 29 maggio 2008 – Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare – “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione della fasce di rispetto per gli elettrodotti”, **tali elettrodotti non risultano rientranti nella tipologia di linee elettriche per le quali si devono avere delle fasce di rispetto.**

Si aggiunga che tali aree non prevedono la presenza di lavoratori se non per il tempo strettamente necessario alle operazioni di manutenzione e inoltre le diverse fasi delle linee elettriche di collegamento saranno in posa interrata o all'interno delle cabine o comunque all'interno dell'impianto.

Si ricorda a tal proposito che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi: se i tre conduttori coincidessero nello spazio il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori.

Per questo motivo il problema dei campi magnetici è poco sentito nelle reti di bassa e media tensione in cavo dove gli spessori degli isolanti sono molto contenuti permettendo alle tre fasi di essere estremamente ravvicinate tra loro se non addirittura inserite nello stesso cavo multipolare (bassa tensione), in questo caso considerando:

- la tipologia di cavo ARE4EX sezione 3*240 mmq con un interasse delle fasi di circa 18,4 mm
- Interramento del cavo pari a 0,80 m,

La fascia di rispetto risulta completamente interrata.

Tratta quadro BT - Trafo

Dalle considerazioni sopra esposte (§5.1, §5.2) risulta che le sorgenti emmissive da prendere in considerazione per la DPA sono le sbarre di bassa tensione dei quadri generali BT, i cavi di collegamento BT ed i trasformatori elevatori.

Nel caso delle sbarre in rame dei quadri elettrici BT, dove la disposizione delle tre fasi in piano e le elevate correnti determinano campi magnetici elevati soprattutto nelle immediate vicinanze e, soprattutto, dei trasformatori elevatori (lato bassa tensione), la norma prevede che si possa valutare la Distanza di Prima Approssimazione dalle cabine di trasformazione valutando il solo contributo dei trasformatori BT/MT.

Per le cabine elettriche, In base al DM 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina in base alla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro reale dei cavi in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

Nel caso in oggetto si valutano separatamente le emissioni dovute ai trasformatori di potenza presenti nelle cabine:

Sottostazione elettrica

SOTTOCAMPO	CABINA	TAGLIA TRASFORMATORE kVA	Tipologia cavi BT [mm ²]	Distanza tra le fasi [m]	DPA [m]
1	1.1	2000	FG16R16 3x(4x240)	0,075	4,00
2	2.1	1250	FG16R16 3x(4x240)	0,075	3,17
	2.2	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
	2.3	2000	FG16R16 3x(4x240)	0,075	4,00
	2.4	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
	2.5	1600	FG16R16 3x(4x240)	0,075	3,58
3	3.1	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
	3.2	2000	FG16R16 3x(4x240)	0,075	4,00
4	4.1	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
	4.2	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
5	5.1	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
	5.2	1600	FG16R16 3x(4x240)	0,075	3,58
	5.3	3150	FG16R16 3x(6x240)	0,075	5,03
	5.4	3150	FG16R16 3x(6x240)	0,107	6,05
	5.5	3150	FG16R16 3x(6x240)	0,107	6,05
	5.6	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
	5.7	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
6	6.1	2000	FG16R16 3x(4x240)	0,075	4,00

	6.2	1600	FG16R16 3x(4x240)	0,075	3,58
7	7.1	3150	FG16R16 3x(6x240)	0,107	6,05
8	8.1	1250	FG16R16 3x(5x240)	0,107	3,81
	8.2	1600	FG16R16 3x(4x240)	0,075	3,58
	8.3	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
9	9.1	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
	9.2	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
	9.3	3150	FG16R16 3x(6x240)	0,107	6,05
10	10.1	3150	FG16R16 3x(6x240)	0,107	6,05
	10.2	3150	FG16R16 3x(5x240)	0,107	6,05
	10.3	2500	FG16R16 3x(5x240)	0,107	5,39
11	11.1	3150	FG16R16 3x(6x240)	0,107	6,05
	11.2	2000	FG16R16 3x(4x240)	0,075	4,00
	11.3	2000	FG16R16 3x(4x240)	0,075	4,00
	11.4	1250	FG16R16 3x(4x240)	0,075	3,17
12	12.1	2000	FG16R16 3x(4x240)	0,075	4,00

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (m)

Elettrodotti in Media Tensione

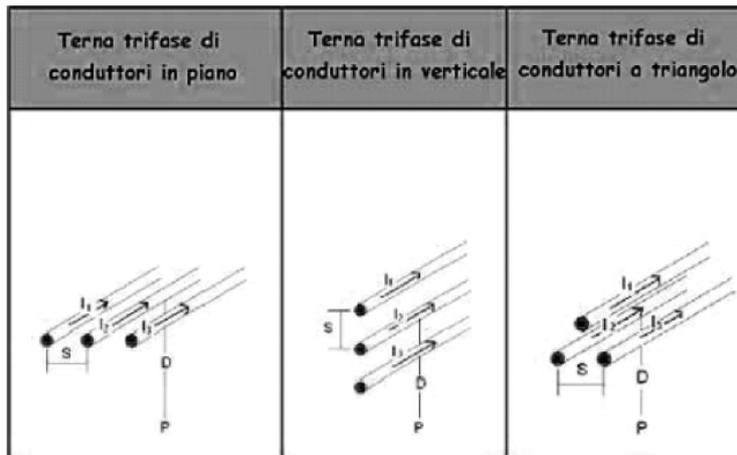
I cavi di media tensione tra il Trafo BT/MT e gli interruttori MT e Tra gli interruttori MT e il punto di consegna non si considerano in base al punto 3.2 del Decreto 29 maggio 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, solo se realizzati con cavo cordato a elica (interrati o aerei).

Nel caso in esame saranno usati cavi in formazione elicoidale (cavo ARE4EX).

Si sottolinea comunque che date le basse correnti che interessano i conduttori in MT per impianti di tale potenza i campi magnetici generati sarebbero comunque modesti anche con terne di cavi in formazione a trifoglio.

Elettrodotti in Alta Tensione

I cavi di alta tensione di collegamento tra le cabine saranno interrati ad una profondità minima di 1,50 m, considerando il loro posizionamento a trifoglio all'interno del corrugato



per determinare La DPA si applica per le terne trifase di conduttori a triangolo (Norma CEI 211-4, Milano, 1996 – “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”):

$$B(\mu T) = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{I * S}{D^2}$$

Dove:

B = campo magnetico in μT

I = Corrente in Ampere

S = Distanza tra le fasi

D = Distanza del punto P in cui si vuole conoscere il valore di induzione magnetica espressa in m

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento in AT di progetto si esplicita nell'individuazione di una distanza che origina dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e termina nel punto, individuato sul suolo, il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore ai 3 μT , pertanto nel caso peggiore dell'impianto si trova nella linea principale dell'anello in cui è presente una terna di cavi di sezione 3*630 mmq applicando la formula inversa descritta al punto precedente si determina la Distanza di prima Approssimazione (in formula indicata con D), dove :

I= 1000 A

B= 3 μT

S= 0,044 m

si ha :

$$D = \sqrt{\frac{(0,1 * \sqrt{6} * I * S)}{B}} = 1,90 \text{ m}$$

Considerando lo scavo di profondità pari a 1,8 m l'obiettivo di Qualità fuoriesce dal piano di campagna di circa 0,09 m.

Altri Cavi

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, in base al punto 3.2 del Decreto 29 maggio 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

7. Valutazioni campi elettrici

Considerando che la tensione massima del sistema in campo è pari a 36.000 V e che le sorgenti che provocano i campi elettrici sono in gran parte schermate, la loro valutazione è completamente trascurabile.

8. Conclusioni

Dalle valutazioni effettuate è emerso che l'impianto fotovoltaico in esame è stato studiato in modo da rispettare i limiti previsti dalla Legge 36/2001 in particolare dal successivo decreto attuativo 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 di 50 Hz degli elettrodotti" in corrispondenza dei punti sensibili (aree esistenti o in progetto in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata).

All'esterno delle DPA individuate infatti:

- il valore del campo elettrico è sempre inferiore al limite fissato in 5kV/m.

Il campo elettrico generato è trascurabile a causa dello schermo dei cavi o di valore molto inferiore ai limiti negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione).

- il valore del campo di induzione magnetica è sempre inferiore a 3 μ T.

Per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana, poiché **è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce di rispetto**; tali fasce risultano infatti sempre ricomprese all'interno dei confini di proprietà dell'impianto.

Si prescrive che tutte le persone che entreranno all'interno dell'impianto agrivoltaico dovranno prima sostenere un corso di formazione per ottenere la qualifica di "Professionalmente esposto" in modo tale da essere a conoscenza dei sintomi e delle eventuali precauzioni da prendere per limitare i possibili effetti dovuti ai campi magnetici.

A maggior tutela del personale, saranno installati in prossimità delle cabine elettriche apposita cartellonistica in modo tale da avvertire l'operatore di non sostare nelle vicinanze di quest'ultime per un tempo **superiore a 4 ore giornaliere**.

Relativamente al campo di induzione magnetica prodotto dai cavidotti MT, sebbene sia previsto l'uso di cavi in formazione elicoidale, anche qualora si scegliesse l'uso di cavi unipolari posati a trifoglio, si è verificato che **la DPA è pari a zero** in quanto la fascia di rispetto risulta interrata o non raggiunge l'altezza minima sensibile prevista dalla norma CEI 211-6 pari a 1,00 m dal piano di calpestio.