

IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO "SCLAFANI"

REGIONE SICILIANA
CITTÀ METROPOLITANA DI PALERMO
COMUNE DI SCLAFANI BAGNI



OGGETTO:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO
DI POTENZA IN DC PARI A 50,646 MWp (49,008 MW IN IMMISSIONE)
E DI TUTTE LE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE



PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO:
RELAZIONE IMPATTO ELETTROMAGNETICO
IMPIANTO DI PRODUZIONE

COMMITTENTE:	SVILUPPATORE:	PROGETTISTA:
<i>SCLAFANI SRL</i>	 TERRA AUREA	 Dottore Magistrale in Ingegneria LUIGI CORSARO Ingegnere Industriale SEZIONE A N° ISCRIZIONE 22986
REVISIONE: Rev 00	CODICE IMPIANTO: SCLA - 01	CODICE ELABORATO: CF.10
Formato: A4	CP TERNA: 202201929	Data: 27/06/2023

TIMBRO DELL'ENTE AUTORIZZANTE:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	PLANIMETRIA E UBICAZIONE	6
4	IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO	7
4.1	Layout d’Impianto	8
5	CAMPI ELETTROMAGNETICI: GENERALITA’	12
5.1	Introduzione e metodologia di calcolo	12
5.2	Valutazioni degli Effetti dei Campi Elettromagnetici	14
5.3	Oggetto di studio	16
6	CAMPI ELETTROMAGNETICI: CALCOLO	18
6.1	Valutazioni degli Effetti dei Campi Elettromagnetici	18
7	DPA SU PLANIMETRIA CATASTALE ED ORTOFOTO	22
8	CONCLUSIONI	22

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1. Inquadramento su IGM.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3. Layout impianto.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4. Schema Elettrico connessioni elettriche impianto.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5. Rappresentazione cavo ARE4H5E.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 6. Particolare datasheet quadri MT – Siemens.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7. Particolare datasheet quadri MT - Siemens.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8. Induzione magnetica in funzione della distanza dall’asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 9. Campo elettrico in funzione della distanza dall’asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 10. Estratto linee guida DPA E-Distribuzione.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 11. DPA dell’impianto su catastale ed ortofoto – Cabina di Raccolta e Misura a 30 kV.....</i>	<i>22</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1. Caratteristiche generali d'impianto</i>	<i>7</i>
<i>Tabella 2. Riepilogo Dimensionamento Elettrico Campo Fotovoltaico</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 3. Dimensionamento Cavi</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 4. Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabella 5. Perdite d'impianto</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 6. Definizioni limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro ..</i>	<i>14</i>
<i>Tabella 7. Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE</i>	<i>15</i>

1 PREMESSA

Il presente studio è riferito al progetto per la costruzione e l’esercizio di un impianto agro-fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, localizzato nel Comune di Sclafani Bagni (PA).

In particolare, l’impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 50,646 MWp e una potenza nominale di 49,008 MW.

La Soluzione Tecnica Minima Generale elaborata dall’ente gestore prevede che l’impianto: *“venga collegato in antenna a 150 kV con la sezione a 150 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodotto RTN a 380 kV della RTN “Chiaromonte Gulfi - Ciminna”, previsto nel Piano di Sviluppo Terna, e da ricollegare alla linea 150 kV compresa tra le stazioni RTN di Ciminna e Cammarata”*.

Il campo agro-fotovoltaico è suddiviso in 7 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici mono-facciali aventi potenza nominale pari a 700 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento solare mono-assiali *“tracker”*; ogni sottocampo prevede una stazione di conversione e trasformazione dell’energia elettrica detta *“Power Station”*. Tutte le Power Station portano la potenza prodotta ad una Cabina di Raccolta e Misura a 30 kV. Infine, tramite delle linee elettriche a 30 kV in cavo interrato si ottiene l’interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Sottostazione elettrica d’utente *“SSne”* che permetterà la connessione alla futura SE di Terna 380/150/36 kV.

Il progetto è sviluppato dalla società Sclafani s.r.l., avente sede legale in Via Quintino Sella 77 - 90139 Palermo (PA), P.IVA 07075810825.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli impianti devono essere realizzati a regola d’arte, come prescritto dalle normative vigenti, ed in particolare dal D.M. 22 gennaio 2008, n. 37. Le caratteristiche degli impianti stessi, nonché dei loro componenti, devono corrispondere alle norme di legge e di regolamento vigenti alla data di esecuzione dei lavori. Tra i principali riferimenti normativi si ha:

- **Legge 22 febbraio 2001, n. 36** “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;

- **DPCM 8 luglio 2003:** “Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti”;
- **DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008:** “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" APAT (Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i servizi Tecnici);
- **CEI 11-17:** “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”;
- **CEI 20-21:** “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287);
- **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 I”;
- **CEI 211-4:** “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche”.

Per gli impianti Fotovoltaici si prendono come riferimento invece:

- **CEI 64-8:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata 1500 V in corrente continua;
- **CEI 11-20 e varianti:** Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti di I e II categoria;
- **CEI 82-25:** Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati;
- **CEI EN 60904-1:** Dispositivi fotovoltaici - Parte 1: Misura delle caratteristiche fotovoltaiche tensione - corrente;
- **CEI EN 60904-2:** Dispositivi fotovoltaici - Parte 2: Prescrizione per le celle fotovoltaiche di riferimento;
- **CEI EN 60904-3:** Dispositivi fotovoltaici - Parte 3: Principi di misura per sistemi solari fotovoltaici per uso terrestre e irraggiamento spettrale di riferimento;
- **CEI EN 61727:** Sistemi fotovoltaici (FV) – Caratteristiche dell'interfaccia di raccordo con la rete;
- **CEI EN 61215:** Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo;
- **CEI EN 61000-3-2:** Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso = 16 A per fase);

- **Decreto 28 luglio 2005:** “Criteri per l’incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare”, modificato e integrato con il Decreto ministeriale 6 febbraio 2006 e dal DM del 19 febbraio 2007.

Circa la sicurezza e la prevenzione degli infortuni, si ricorda:

- **il D. Lgs. 81/08** per la sicurezza e la prevenzione degli infortuni sul lavoro.

Per quanto riguarda il collegamento alla rete e l’esercizio dell’impianto, si ricorda che le installazioni devono essere conformi alle seguenti normative e leggi:

- **norma CEI 0-16** per il collegamento alla rete pubblica;
- delibere dell’AEEG applicabili;
- guide tecniche specifiche emanate da e-distribuzione S.p.a. e TERNA per la connessione alla rete di distribuzione MT.

I riferimenti di cui sopra possono non essere esaustivi; ulteriori disposizioni di legge, norme e deliberazioni in materia, anche se non espressamente richiamati, si considerano applicabili.

3 PLANIMETRIA E UBICAZIONE

Il sito in oggetto è situato nel Comune di Sclafani Bagni (PA). Mentre il cavidotto MT interrato per la connessione dell’impianto alla rete attraverserà i Comuni di Sclafani Bagni (PA), Alia (PA) e Castronuovo di Sicilia (PA). L’ubicazione complessiva delle opere e della SE 380/150/36 kV, si rileva dall’allegato *“Inquadramento generale su IGM e Coordinate impianto”*:

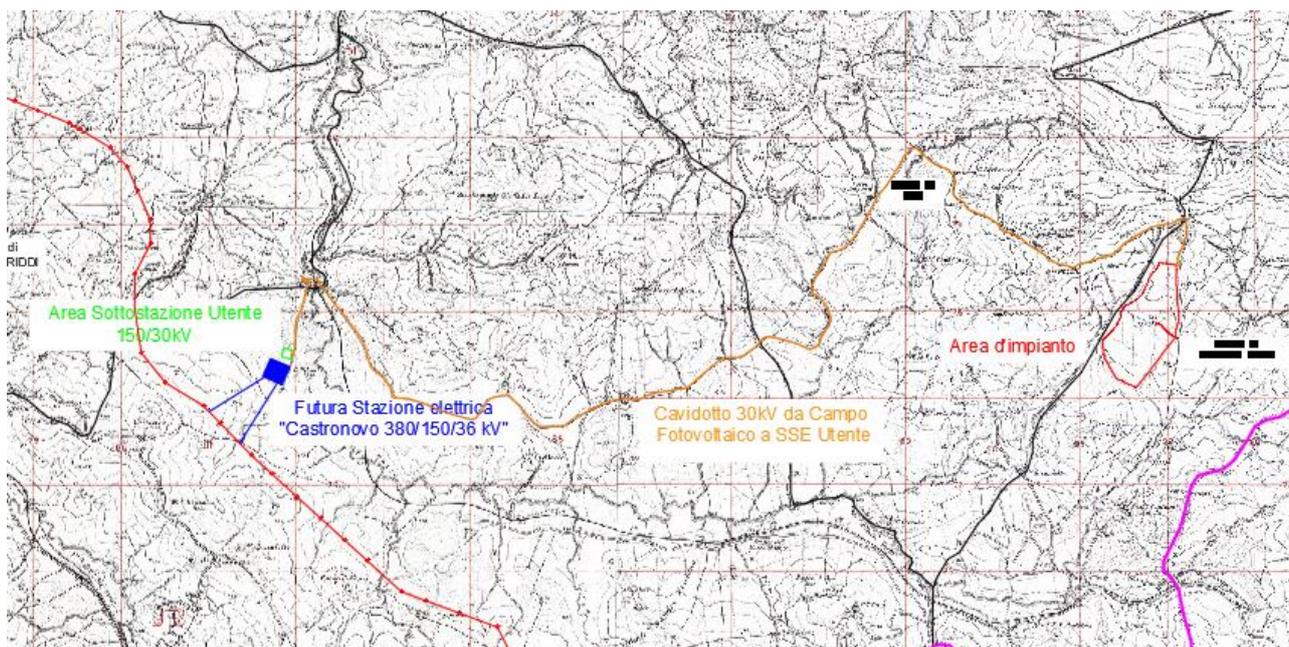


Figura 1. Inquadramento su IGM

4 IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO

L'impianto prevede l'utilizzo di moduli fotovoltaici mono-facciali montati su strutture atte a garantire la massima captazione di irraggiamento seguendo il percorso solare e consentendo, di conseguenza, ai moduli di essere sempre nella posizione ottimale di lavoro. Tali strutture sono dette "tracker" o "inseguitori solari", proprio per questa loro caratteristica funzionale.

L'impianto è dimensionato considerando il Backtracking, il quale consente di ridurre le perdite per auto-ombreggiamento, cioè le perdite da ombreggiamento indotto dai tracker stessi alle file retrostanti. Ciò avviene per mezzo di un sistema logico-adattivo che gestisce contemporaneamente piccoli gruppi di tracker, al fine di ottimizzare dunque le prestazioni del campo FV.

Nella seguente tabella si riportano le principali caratteristiche generali d'impianto:

<i>Temperatura Verifica minima (°C)</i>	0
<i>Temperatura Verifica max (°C)</i>	60
<i>Soluzione Progettuale</i>	Tracker in configurazione 2P (Portrait)
<i>Margine altezza tracker dal suolo alla massima inclinazione [m]</i>	0,50
<i>Max Inclinazione Tracker [°]</i>	±60
<i>Tipologia</i>	Agro-Fotovoltaico
<i>Pitch [m]</i>	9,3

Tabella 1. Caratteristiche generali d'impianto

4.1 Layout d'Impianto

Di seguito è riportato un estratto del layout d'impianto:

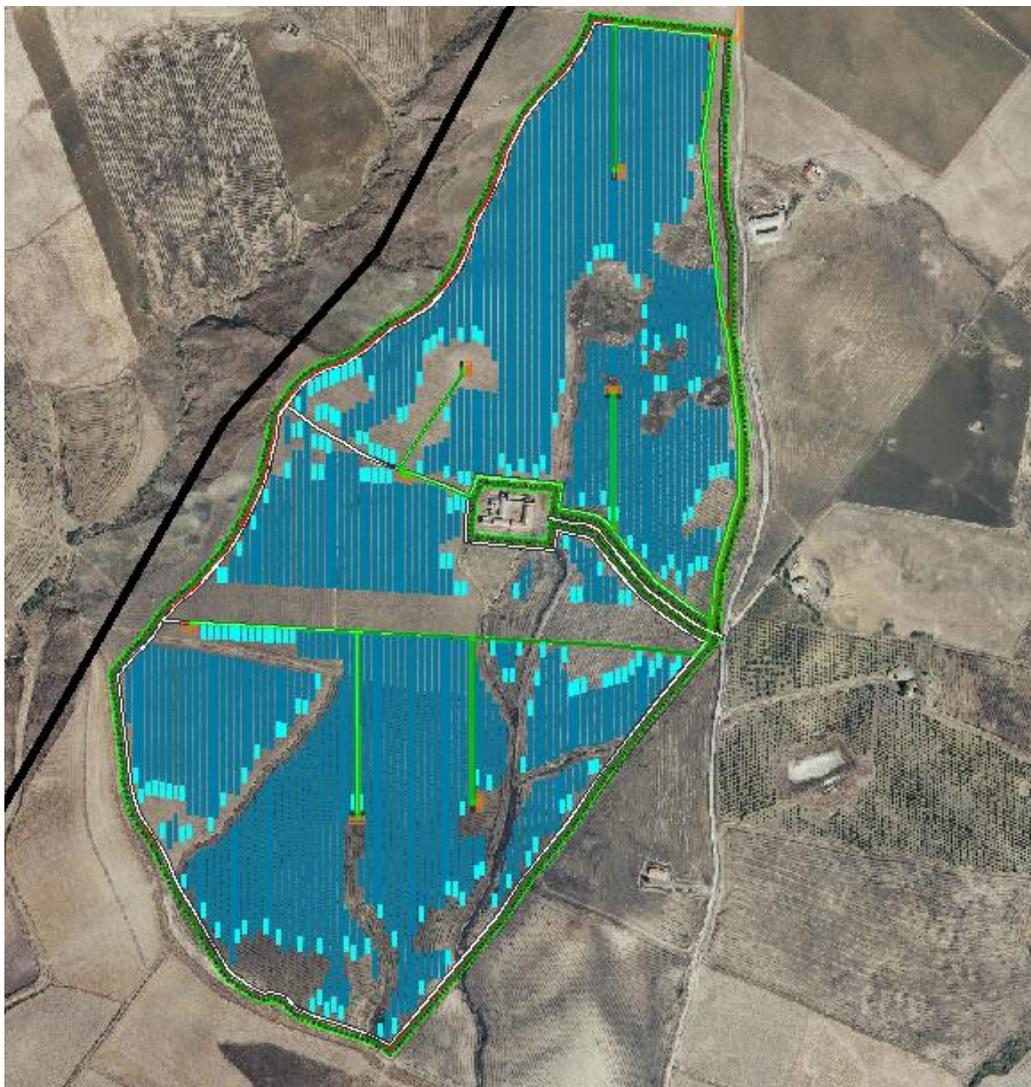


Figura 2. Layout impianto

In particolare, il campo produce energia in CC ed ogni Power Station effettua una trasformazione dalla corrente continua in corrente alternata in BT e successivamente, con l'ausilio di trasformatori elevatori BT/MT si avrà un innalzamento di tensione per permettere la distribuzione dell'energia alla Cabina di Raccolta ed immissione in rete.

Le Power Station presentano una configurazione "entra - esce" in modo tale da poter collegare diversi sottocampi dislocati geograficamente nel sito.

La connessione delle Power Station è stabilita in funzione della posizione geografica per ottimizzare il cablaggio e la distribuzione d'impianto. Lo schema di connessione d'impianto scelto è il seguente:

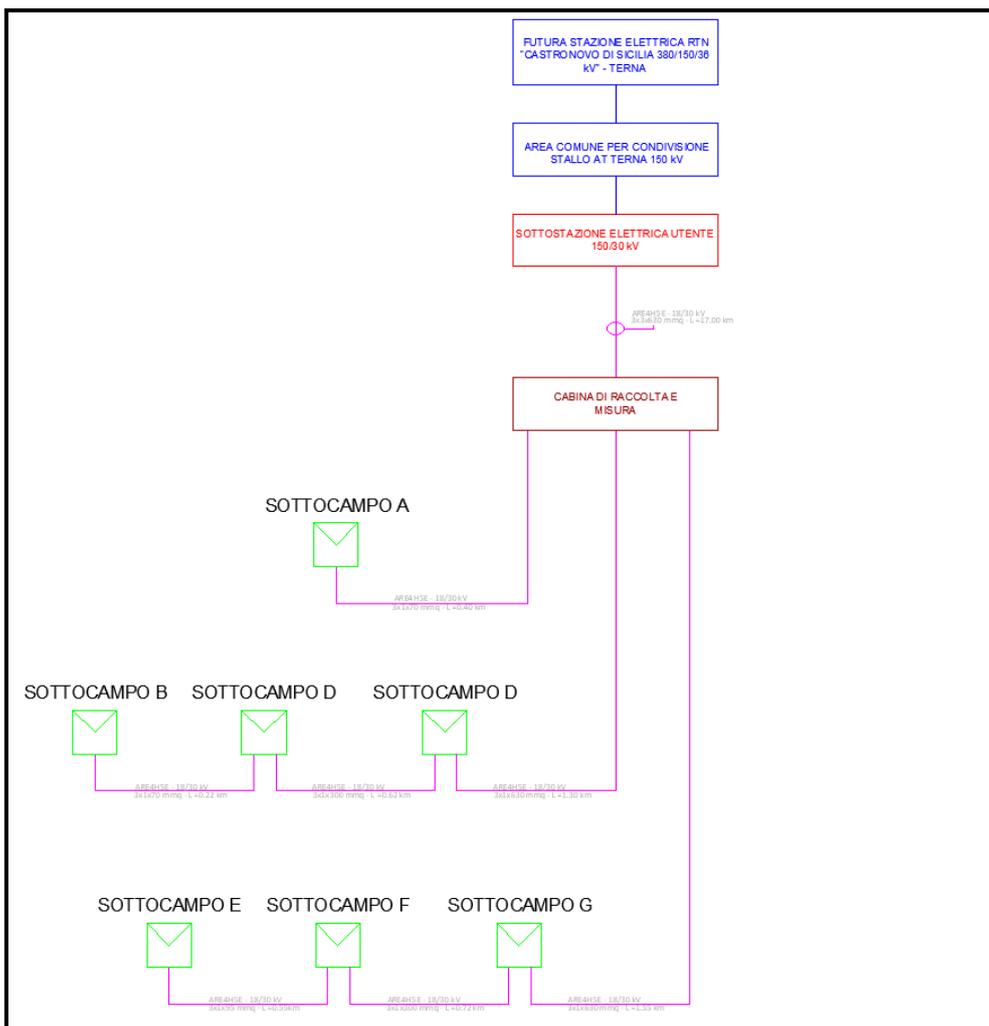


Figura 3. Schema Elettrico connessioni elettriche impianto

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa di tutti i dati ed i risultati di calcolo elettrico ottenuti:

	SottocampoA	SottocampoB	SottocampoC	SottocampoD	SottocampoE	SottocampoF	SottocampoG
Tipologia di Pannelli	YANGTZE 700						
N° Pannelli x Stringa	28						
Tipologia impianto	Agro FV						
Totale Tracker da 28	1187						
Totale Tracker da 14	210						
Totale Stringhe	2584						
Pannelli per sottocampo	10248	10248	9688	9464	10920	10920	10864
Totale Pannelli	72352						
Totale Quadri di	219						
Potenza [kWp]	7173,6	7173,6	6781,6	6624,8	7644	7644	7604,8
Potenza Totale [MWp]	50,6464						
Numero Inverter	4	4	4	4	4	4	4
Potenza Nominale [kVAac]	7172	7172	6756	6392	7172	7172	7172
Sovraccaricabilità inverter [%]	100%	100%	100%	104%	107%	107%	106%
Potenza Nominale Totale [MVAac]	49,0080						
N° Power Station (PS)	7						

Tabella 2. Riepilogo Dimensionamento Elettrico Campo Fotovoltaico

La Cabina di Raccolta permette il collegamento fisico tra i cavi in MT interrati, in uscita dalle Power Station e la Sottostazione Elettrica d’Utente, nella quale si ha la trasformazione MT/AT 30/150 kV. Le connessioni elettriche in MT tra le Power Station alla Cabina e successivamente per la connessione alla Sottostazione Elettrica d’Utente, verranno effettuate con cavi del tipo **ARE4H5E - 18/30kV** o equivalenti, caratterizzati da conduttori a corda rotonda compatta di alluminio, semiconduttivi interni ed esterni in mescola estrusa, isolante in Polietilene reticolato e schermatura a nastro di alluminio avvolto a cilindro longitudinale. Il tutto è ricoperto da una guaina di Polietilene di colore rosso, in conformità alla Norma CEI 20-13.

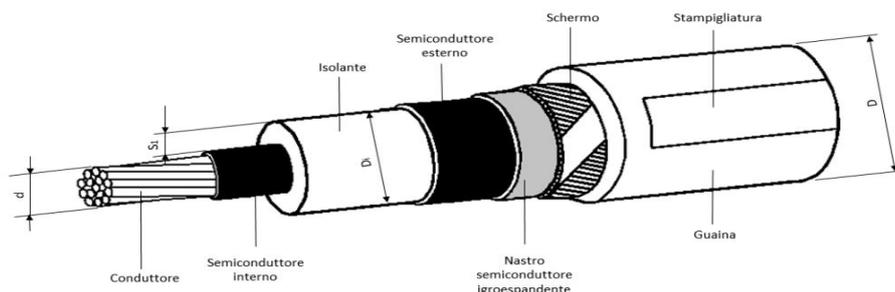


Figura 4. Rappresentazione cavo ARE4H5E

Si riportano di seguito le scelte progettuali delle sezioni dei cavi ARE4H5E – 18/30 kV:

Tratta	A-CR	B-D	D-C	C-CR	E-F	F-G	G-CR	Cavidotto
Sezione Cavo [mm ²]	70,00	70,00	300,00	630,00	95,00	300,00	630,00	630,00
Cavi in Parallelo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00
Portata cavo I0[A]	213,00	213,00	480,00	709,00	255,00	480,00	709,00	709,00
Portata effettiva I2[A]	177,43	177,43	343,86	507,91	182,68	343,86	507,91	1285,26

Tabella 3. Dimensionamento Cavi

Nella tabella successiva, invece, si riportano le caratteristiche meccaniche ed elettriche del cavidotto in funzione delle sezioni scelte:

Sezione [mm ²]	Diametro Conduttore d [mm]	Diametro sull’isolante Di [mm]	Diametro esterno nominale D [mm]	Massa indicativa del cavo [kg/km]	Resistenza a trifoglio @ 90 °C [Ω/km]	Reattanza a trifoglio @ 50 Hz [Ω/km]
70	9,70	25,6	34,0	870	0,580	0,140
95	11,4	26,5	35,0	950	0,416	0,130
300	20,8	34,7	44,0	1740	0,136	0,110
630	30,5	45,6	56,0	3130	0,074	0,099

Tabella 4. Caratteristiche meccaniche ed elettriche del Cavo in funzione della Sezione scelta

Di seguito una tabella riepilogativa con le perdite ricavate a partire dalle caratteristiche del cavo e dalla configurazione d'impianto:

<i>Tratta</i>	A- CR	B-D	D-C	C-CR	E-F	F-G	G-CR	Cavidotto
<i>Caduta di Tensione [V]</i>	48,88	26,88	40,71	80,83	49,48	49,99	102,05	161,36
<i>c.d.t [%]</i>	0,16	0,09	0,14	0,27	0,16	0,17	0,34	0,54
<i>Potenza dissipata [kW]</i>	11,78	6,48	15,32	39,16	11,62	19,89	52,35	110,33
<i>Potenza dissipata [%]</i>	0,16	0,09	0,11	0,19	0,16	0,14	0,24	0,23

Tabella 5. Perdite d'impianto

Per ulteriori dettagli sulla progettazione e sul dimensionamento d'impianto si rimanda a: “*Relazione di Calcolo preliminare d'impianto*”.

5 CAMPI ELETTROMAGNETICI: GENERALITA'

5.1 Introduzione e metodologia di calcolo

La linea elettrica genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi inversamente proporzionali alla distanza dalla linea stessa. In particolare, il campo elettrico E generato dalle linee elettriche in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea, oltre che dalla disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca; invece, il campo magnetico B è associato alla corrente circolante sulla linea.

Nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico praticamente nullo ovunque. Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto.

Il modello normalizzato utilizzato per la seguente valutazione per il calcolo dell'induzione magnetica prodotta in una sezione trasversale di una linea elettrica aerea è quello descritto dalla Norma CEI 211-4, che viene considerato applicabile anche alle linee in cavo interrato.

Si tratta di un modello bidimensionale che applica la legge di Biot-Savart per determinare l'induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi la legge di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, considerate simmetriche ed equilibrate.

Vengono assunte le seguenti schematizzazioni della linea:

- tutti i conduttori sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro;
- le correnti sono considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori aerei o dei cavi e, nel caso dei conduttori aerei a fascio, negli assi centrali dei fasci, cioè negli assi dei cilindri aventi come generatrici gli assi dei sub-conduttori dei fasci;
- il suolo è considerato perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e quindi si trascurano le immagini dei conduttori rispetto al suolo, che alla frequenza industriale risultano a profondità molto elevate;

In dettaglio, l'induzione magnetica \mathbf{B} generata da N_r conduttori filiformi, numerati da 0 a $(N_r - 1)$, può essere calcolata mediante la seguente espressione:

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{N_r-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

Dove:

- μ_0 è la permeabilità magnetica del vuoto;
- N_r è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3);
- i la corrente;
- C_k il conduttore generico;
- $d\vec{l}$ un suo tratto elementare;
- r la distanza tra questo tratto elementare ed il punto dove si vuole calcolare il campo.

Indicando con Q la posizione dell'osservatore, definiamo *sezione normale* il piano verticale passante per Q e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con P_k il punto dove il generico conduttore C_k interseca la *sezione normale*, e con i_k la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse z nella direzione dei conduttori).

Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in Q si ottiene l'espressione:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{N_r-1} \int_{C_k} \frac{i_z \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

Per quanto riguarda invece il campo elettrico, non è in generale possibile, tranne che per configurazioni molto semplici, sviluppare procedure analitiche per il caso generale di strutture tridimensionali. Queste procedure sono basate sul principio delle cariche equivalenti semplificato: non si considera l'esatta distribuzione delle cariche sulle superficie dei conduttori e si suppone che esse siano concentrate al centro degli stessi, con una densità lineare di carica costante.

Per la determinazione delle cariche presenti sui diversi conduttori della linea ci si avvale del principio delle immagini, in base al quale un piano equipotenziale a potenziale nullo (quale si suppone essere il terreno) può essere simulato con una configurazione di cariche immagini, cioè di cariche di segno opposto a quelle che generano il campo e disposte specularmente rispetto al piano stesso. In particolare, il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \hat{u}_r$$

Dove:

- λ = densità lineare di carica sul conduttore;
- ϵ_0 = permittività elettrica del vuoto;

- d = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo;
- \widehat{u}_r = versore unitario con direzione radiale al conduttore.

Il modello bidimensionale considerato, con le schematizzazioni sopra elencate, fornisce risultati del tutto accettabili ai fini della presente analisi.

5.2 Valutazioni degli Effetti dei Campi Elettromagnetici

I possibili effetti sulla salute dei campi elettromagnetici si possono distinguere tra effetti sanitari acuti, ed effetti cronici:

- *Effetti acuti (o di breve periodo)*, basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono, con margini cautelativi, la non insorgenza di tali effetti;
- *Effetti cronici (o di lungo periodo)*, privi di soglia e di natura probabilistica (all’aumentare dell’esposizione aumenta non l’entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

In Particolare, la Legge n.36/01 distingue:

<i>Limiti di esposizione</i>	Valori di CEM (Campi Elettromagnetici) che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
<i>Valori di attenzione</i>	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
<i>Obiettivi di qualità</i>	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature, da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

Tabella 6. Definizioni limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 che, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull’inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- *I limiti di esposizione*, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non

contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);

- *I limiti di esposizione*, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- *Le fasce di rispetto* per gli elettrodotti in AT.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in Tabella, confrontati con la normativa europea:

Normativa	Limiti previsti	Intensità del campo di Induzione magnetica B (μT)	Intensità del campo Elettrico E (V/m)
DPCM	<i>Limite d'esposizione</i>	100	5000
	<i>Limite d'attenzione</i>	10	
	<i>Obiettivo di qualità</i>	3	
<i>Racc. 1999/512/CE</i>	<i>Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)</i>	100	5000

Tabella 7. Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE

Il valore di attenzione di 10 μT si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3 μT si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100 μ T per lunghe esposizioni e di 1000 μ T per brevi esposizioni. Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA (*Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente*), ha approvato, con Decreto 29 maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti". Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: *"Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio"* (Art. 4).

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

5.3 Oggetto di studio

La seguente relazione è stata redatta con l'obiettivo di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici che compongono l'impianto di produzione da fonte fotovoltaica. In particolare, le parti d'impianto che rappresentano delle potenziali sorgenti di emissione elettromagnetica sono:

- 1) Cabina di Raccolta a 30 kV nel campo fotovoltaico;
- 2) Cabinati a 30 kV della Sottostazione elettrica;
- 3) Stallo Utente AT in SE Terna per la connessione alla RTN della Sottostazione elettrica.

Si precisa che lo scopo della presente relazione è soltanto relativo al punto 1 del precedente elenco; mentre per i punti 2 e 3 si rimanda alla relazione *"Relazione CEM Impianto di Utenza per la connessione"*

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e interrate si traduce, come anticipato, nella determinazione di una fascia di rispetto.

Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere

eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

In prima approssimazione è possibile quindi:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione geometrica e di fase dei conduttori con la portata in corrente in servizio normale di modo da ottenere il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (D.P.A.).

Nel caso specifico del Campo Fotovoltaico, esso sarà costituito dall'insieme delle stringhe di moduli Fotovoltaici, dai quadri di stiva e dai rispettivi cavi elettrici in DC. Considerato che tale sezione d'impianto ha un funzionamento in corrente continua e nel caso di una buona esecuzione delle opere, i cavi con diversa polarizzazione sono posti a contatto, con l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno, non vi sono campi prodotti da stringhe e connessioni elettriche di campo. Inoltre, i cavi relativi alle dorsali principali per la connessione "entra – esce" delle Power Station in MT, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo, sono molto distanti dai confini dell'impianto, di conseguenza trascurabili.

Analogamente, gli *inverter* effettuano la trasformazione della corrente continua in corrente alternata. Essi sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. Il fornitore prima di immetterli sul mercato, verifica che 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.

Alla luce delle considerazioni si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo Elettromagnetico per l'impianto Fotovoltaico e per gli inverter delle Power Station, che quindi non saranno oggetto del presente studio.

6 CAMPI ELETTROMAGNETICI: CALCOLO

6.1 Valutazioni degli Effetti dei Campi Elettromagnetici

Il calcolo dei campi elettrici e magnetici per le sbarre a 30 kV della Cabina di Raccolta è stato effettuato considerando i seguenti parametri geometrici:

- altezza delle sbarre: 2,1 m;
- diametro sbarre: 0,05 m;
- distanza tra le sbarre: 0,35 m;
- valore efficace della corrente delle sbarre: 1000 A;
- valore efficace della tensione nominale: 30000 V;
- valore efficace della tensione fase-terra: 17320 V;

La geometria è stata ricavata dai datasheets dei quadri Siemens che sono stati ipotizzati nel dimensionamento d’impianto, il cui dettaglio è visibile nell’elaborato “*Schema Elettrico Unifilare d’Impianto di Produzione*”:

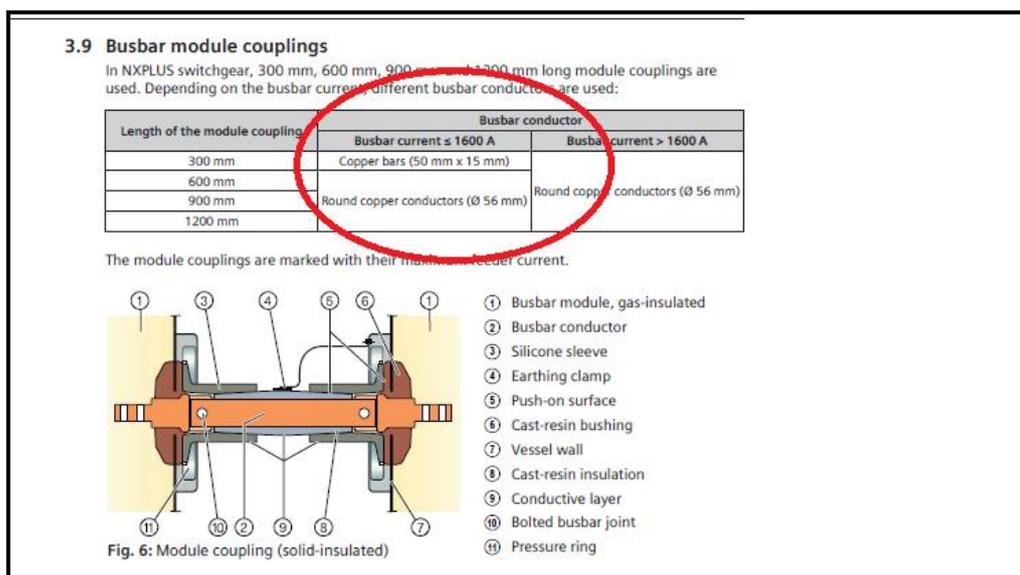


Figura 5. Particolare datasheet quadri MT – Siemens

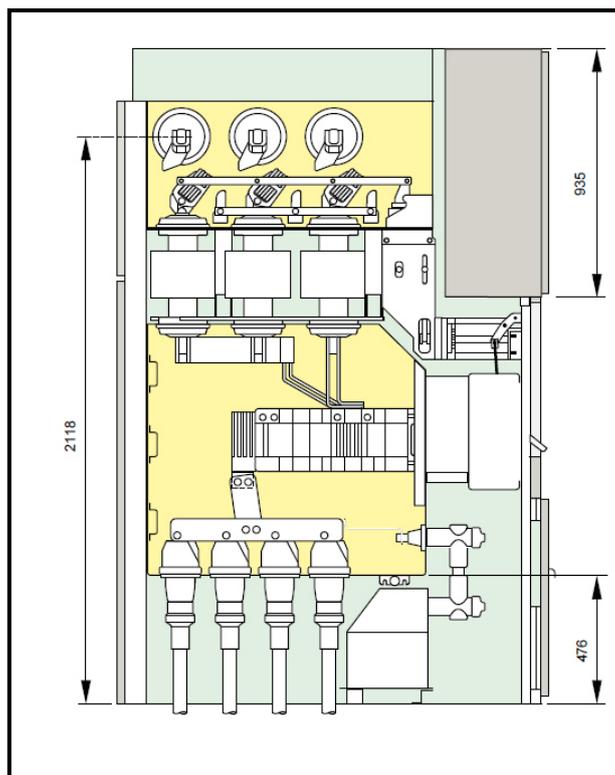


Figura 6. Particolare datasheet quadri MT - Siemens

Al fine di ottenere una stima conservativa dell'esposizione ai campi elettromagnetici originati dall'impianto, si è considerato il valore di corrente al limite termico, ossia la portata dei conduttori invece della corrente nominale di esercizio. Inoltre, si è considerato la corrente massima prodotta da tutto il campo per considerare il caso più gravoso.

Di seguito si mostrano dei diagrammi in cui è riportato il valore del campo di induzione magnetica ed il campo elettrico in funzione della geometria; i risultati sono stati ottenuti, tenendo conto delle fasce di rispetto di $3\mu\text{T}$ e di 5 kV/m , che rappresentano dei limiti sotto i quali si rispettano le normative di riferimento e sopra i quali si possono tracciare le fasce di rispetto DPA.

Il tutto è stato implementato con l'ausilio di un programma che elabora le equazioni su citate delle leggi di Biot-Savart del campo d'induzione magnetica e di Gauss del campo elettrico.

In particolare, il diagramma evidenzia l'andamento dei campi nello spazio, fissata pari ad 1 m l'altezza dal suolo in cui si percepisce la misura. È evidente come in prossimità dello 0, ossia in corrispondenza delle sbarre, i campi siano più intensi in relazione all'inversa proporzionalità con la distanza.

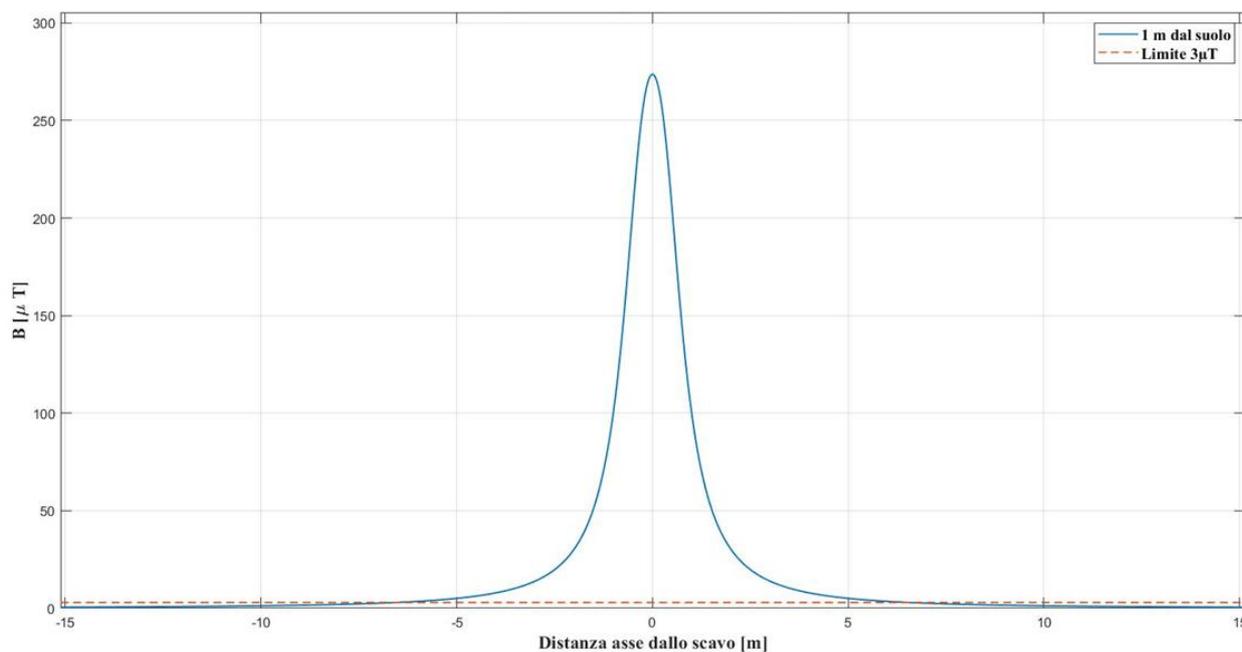


Figura 7. Induzione magnetica in funzione della distanza dall’asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura

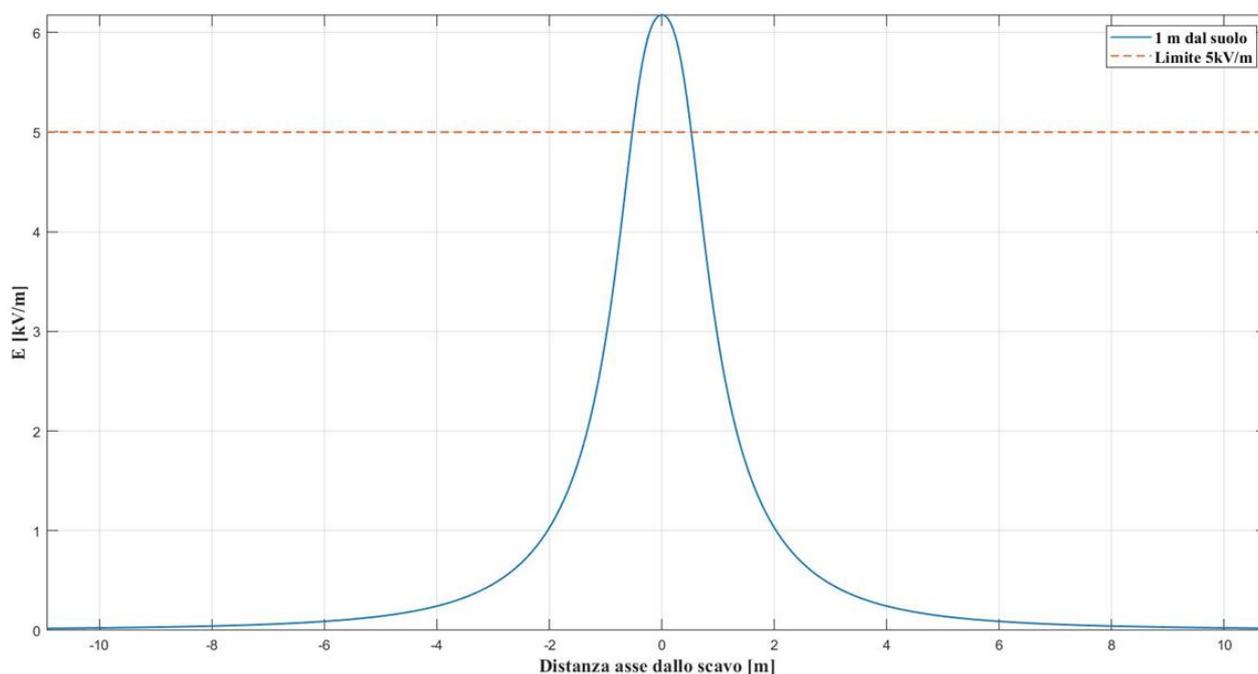


Figura 8. Campo elettrico in funzione della distanza dall’asse sbarre MT - Cabina di Raccolta e Misura

Come si evince dai diagrammi si è trovato una DPA di 8,5 m per il campo d’induzione magnetica nella condizione più gravosa. Ciò implica che dai QMT di Cabina si sviluppa una fascia DPA di 8.5 m con centro sulle sbarre, all’interno della quale non sono rispettati i limiti normativi.

A vantaggio della bontà dei risultati si riporta un estratto delle Linee Guida per l’applicazione del 5.1.3 dell’Allegato al DM 29.05.08 “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche” di e-Distribuzione:

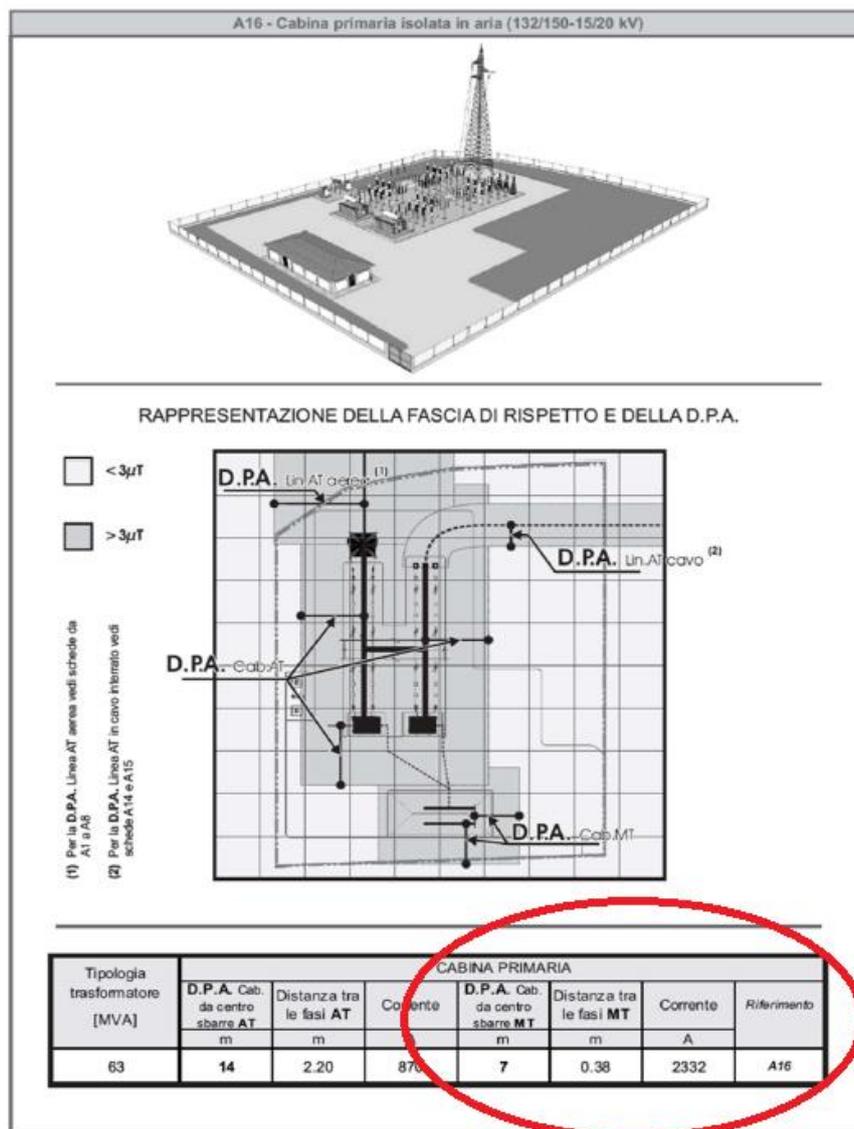


Figura 9. Estratto linee guida DPA E-Distribuzione

Dal quale si evince che per una potenza di 63 MVA e con una corrente di circa 2,3 kA si abbia una DPA di 7 m. Ciò è giustificato dal fatto che ci siamo messi nelle condizioni peggiorative a vantaggio della sicurezza.

7 DPA SU PLANIMETRIA CATASTALE ED ORTOFOTO

Nella seguente figura si riportano le DPA relativa alla Cabina di Raccolta e Misura:

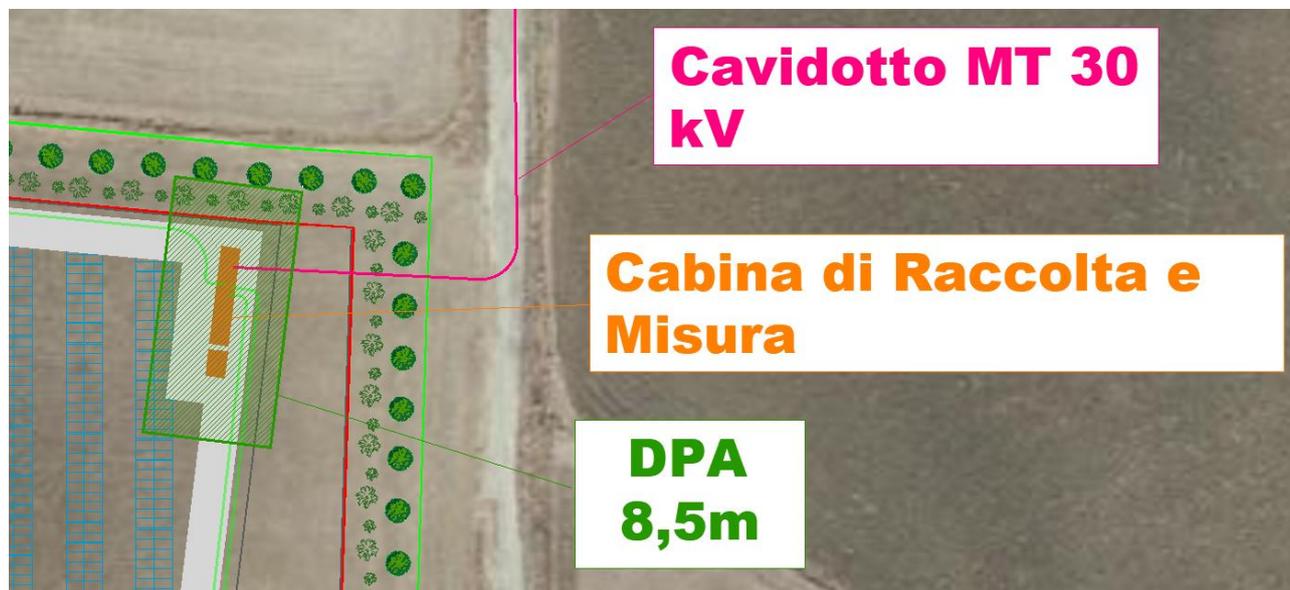


Figura 10. DPA dell’impianto su catastale ed ortofoto – Cabina di Raccolta e Misura a 30 kV

8 CONCLUSIONI

Dai risultati ottenuti tramite calcolo è possibile verificare che tutte le aree d’interesse caratterizzate da un campo elettromagnetico di intensità maggiore o uguale all’obiettivo di quantità sono asservite all’impianto agro-fotovoltaico o ricadono in aree utilizzate per l’esercizio dall’impianto medesimo. Essendo tali zone remote, non si riscontra la presenza di aree gioco per l’infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche previste dal presente progetto non costituiscono fattore di rischio per la salute pubblica rispetto alla situazione vigente.