

RELAZIONE TECNICA CAMPI ELETTROMAGNETICI

IMPIANTO DI PRODUZIONE DA FONTE SOLARE "TERRE DEL RENO" DA INSTALLARE NEL COMUNE DI TERRE DEL RENO (FE)

00	23/06/2025	Prima emissione	DF	RM	RC
01	12/2025	Seconda emissione	MZ	RM	RC
REV	DATA	DESCRIZIONE	BY	CHK	APP

"Il presente documento è di proprietà di Grid Shape s.r.l. – via Quattro Novembre, 2 – 35123 Padova (Italia). Tutti i diritti su questo documento, sulle immagini, sui disegni e sui testi sono riservati. È severamente vietato cedere, copiare, utilizzare e/o divulgare il presente documento e/o il suo contenuto a terzi. I trasgressori verranno perseguiti"

INDEX

1	DATI GENERALI DI PROGETTO	3
1.1	Documenti di riferimento.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
2.1	Definizioni.....	5
2.2	Obbiettivi di qualità.....	6
3	DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO	7
4	CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI: ELEMENTI DI IMPIANTO.....	8
4.1	Moduli fotovoltaici	8
4.2	Inverter	8
4.3	Cabina di raccolta	8
4.4	Skid di trasformazione	8
5	CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI: CAVI 36 KV	9
5.1	Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 3.3 al Sottocampo 2 e dal Sottocampo 4 al Sottocampo 2	10
5.2	Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 3.1 al Sottocampo 2	11
5.3	Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 2 al Sottocampo 1	12
5.4	Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 1 alla Stazione Elettrica "Bondeno".	13
6	CONCLUSIONI	14

1 DATI GENERALI DI PROGETTO

Ubicazione	
Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Ferrara
Comune	Terre Del Reno
Riferimenti Catastali	Fg.2 Mp. 13-16-17-37-38-39 Fg.5 Mp. 4-6-33-34-39-40-41-42-43-81-82 Fg.6 Mp. 1-4-5-6-67-25-28-131-132-132-44-51-53-54-55-58-59-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-74-77-78-80-125-126-127-128-129-130-118-119-120-121-122-123 Fg.7 Mp. 36-85-90-91-92-93-94-95-96-260
Area disponibile	113 ha
Società proponente	
Ragione Sociale	DELTA GEMINI SRL
C.F. / P.iva	12299790969
Pec	deltagemini@lamiaptec.it
Indirizzo Sede Legale	Via Bernina 7 – 20158 – MILANO (MI)
Grandezze principali di impianto	
Potenza DC	76.375,04 kWp
Potenza AC di connessione	64.200,00 kW
Componenti principali di impianto	
Cabina di Raccolta	n.5 cabine di raccolta a 36 kV
Cabine di trasformazione	n.16 skid di trasformazione 6,6 MW
Inverter di stringa	n. 213 inverter 300kW
Moduli	n. 119336 moduli Bifacial Canadian Solar 640W
Tracker	Monoassiali 1P con azimuth 23°
Opere di connessione alla rete	
Tensione di connessione	36kV – Alta tensione
Gestore di rete	Terna spa
Cod. pratica	202405416

1.1 Documenti di riferimento

A completamento si faccia riferimento ai seguenti elaborati:

- 1018-PAUR-R02-00 Relazione tecnica
- 1018-PAUR-D15-00 Layout di impianto
- 1018-PAUR-D16-00 Planimetria cavidotti di campo
- 1018-PAUR-D17-00 Sezione cavidotti

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa che si occupa di tutelare la popolazione dall'esposizione ai campi elettromagnetici, disciplina separatamente le alte frequenze (impianti radiotelevisivi, stazioni radio base, ponti radio) e le basse frequenze (elettrodotti). Le leggi di riferimento nella presente valutazione sono:

- Legge Quadro n.36 del 22 febbraio 2001 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”.
- DPCM (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) dell'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”.
- DPCM (Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri) dell'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, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz”.
- D.Lgs 9 aprile 2008, n. 81 “Attuazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007, n.123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro” e s.m.i..

2.1 Definizioni

Valgono le seguenti definizioni:

- Esposizione: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;
- Limite di esposizione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- Valore di attenzione: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate;
- Elettrodotto: Insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- Esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici: è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- Esposizione della popolazione: è ogni tipo di esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- Corrente: Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica;
- Portata in corrente in servizio normale: Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni;
- Portata in regime permanente: Massimo valore della corrente che, in regime permanente e 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 e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità;

- Distanza di prima approssimazione (DPA): Distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa, si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. 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.”

2.2 Obiettivi di qualità

Gli obiettivi di qualità sono:

1. I criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili indicati dalle leggi regionali;
2. I valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico definiti dallo Stato ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi medesimi.

La protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, è obiettivo del DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) che fissa, in conformità alla Legge 36/2001 (art. 4, c. 2):

3. i limiti di esposizione del campo elettrico (5 kV/m) e del campo magnetico (100μT) come valori efficaci, per la protezione da possibili effetti a breve termine;
4. il valore di attenzione (10 μT) e l'obiettivo di qualità (3 μT) del campo magnetico da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere (luoghi tutelati).

Il valore di attenzione si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti; l'obiettivo di qualità si riferisce, invece, alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti. Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, in attuazione della Legge 36/01 (art. 4 c. 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti). Detta fascia comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

3 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto in oggetto è di tipo grid-connected e la modalità di connessione è in "Trifase in media tensione", con potenza complessiva pari a 76.375,04 kWp.

Dati caratteristici:

Il generatore fotovoltaico (dal punto di vista elettrico) è costituito:

- Potenza nominale del campo: 76.375,04 kWp;
- N. totale di pannelli FTV: 119336 da 640 Wp;
- N totale stringhe: 4262
 - o 1878 tracker da 56 (=2 stringhe)
 - o 506 tracker da 28 (=1 stringa)
- N.totale inverter di campo: 213 a cui convergono fino ad un massimo di 24 stringhe per ogni inverter;
- N. 16 skid di trasformazione con trasformatore bt/AT da 6600 kVA;
- N.5 cabine di raccolta a 36 kV

La soluzione tecnica di connessione proposta dal gestore della rete prevede che l'impianto agrivoltaico sarà allacciato alla rete elettrica nazionale mediante realizzazione di un nuovo elettrodotto a 36 kV che si andrà a connettere in antenna alla nuova Stazione Elettrica 132/36 kV denominata "Bondeno".

4 CALCOLO DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI: ELEMENTI DI IMPIANTO

Per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico in oggetto, sono da analizzarsi i campi elettromagnetici prodotti dalle seguenti sorgenti:

- La cabina di raccolta cavi a 36kV
- Le cabine di trasformazione (skid)

4.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente e tensione continue e non in corrente alternata, per cui la generazione di campi variabili è limitata ai soli transistori di corrente (durante la ricerca del MPP da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) 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 assolutamente irrilevanti.

4.2 Inverter

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. 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).

4.3 Cabina di raccolta

Le cabine di raccolta saranno costituite da box prefabbricati, per la determinazione della Distanza di Prima Approssimazione si può fare riferimento alla linea guida Enel "Linea 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" da cui all'All. B si desume che per una cabina di questo tipo **la DPA è di 2m**.

4.4 Skid di trasformazione

I 16 skid di trasformazione sono costituiti da elementi prefabbricati con alimentazione da cavo sotterraneo che conterranno i trasformatori da 6600 KVA.

In questo caso, in base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di bassa tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica la formula di cui al citato cap.5.2.1 e cioè:

$$DPA = 0,40942 \cdot x^{0,5242} \cdot I^{0,5}$$

Dove:

- x : è il diametro totale dei conduttori [m],
- I : la corrente nominale BT [A]

Si ottiene così un valore di **DPA** pari a 5,18 m, arrotondabile in favore di sicurezza a **6 m**.

5 CALCOLO DEI CAMPI ELETTRICI: CAVI 36 KV

Le opere di connessione dell'impianto FTV sono costituite dai seguenti componenti:

1. Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 3.3 al Sottocampo 2 e dal Sottocampo 4 al Sottocampo 2
2. Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 3.1 al Sottocampo 2
3. Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 2 al Sottocampo 1
4. Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 1 alla Stazione Elettrica "Bondeno"

Per una visione d'insieme più chiara, si riporta uno schema semplificato dei collegamenti tra cabine di raccolta a 36 kV e Stazione Elettrica:

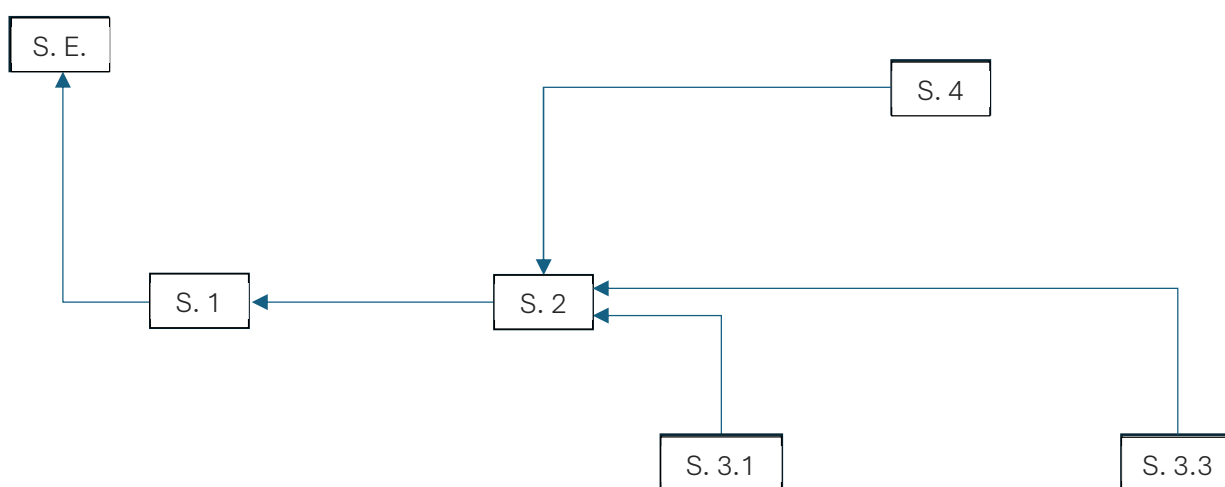


Figura 1. Schema a blocchi rappresentativo dei collegamenti tra cabine di raccolta

5.1 Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 3.3 al Sottocampo 2 e dal Sottocampo 4 al Sottocampo 2

La connessione tra le cabine di raccolta dei sottocampi 3.3 e 4 con il sottocampo 2 avverrà mediante un cavidotto interrato a 36 kV con profondità di posa pari a 1,2 m e sezione di 400 mmq.

- Tipologia cavi: 20.8/36 kV (N)A2XS(F)2Y da 400 mmq di sezione
- Profondità di posa: 120 cm
- Corrente massima: 423,4 A

La simulazione effettuata con il software FEMM 4.2 porta i seguenti risultati, riportati in figura.

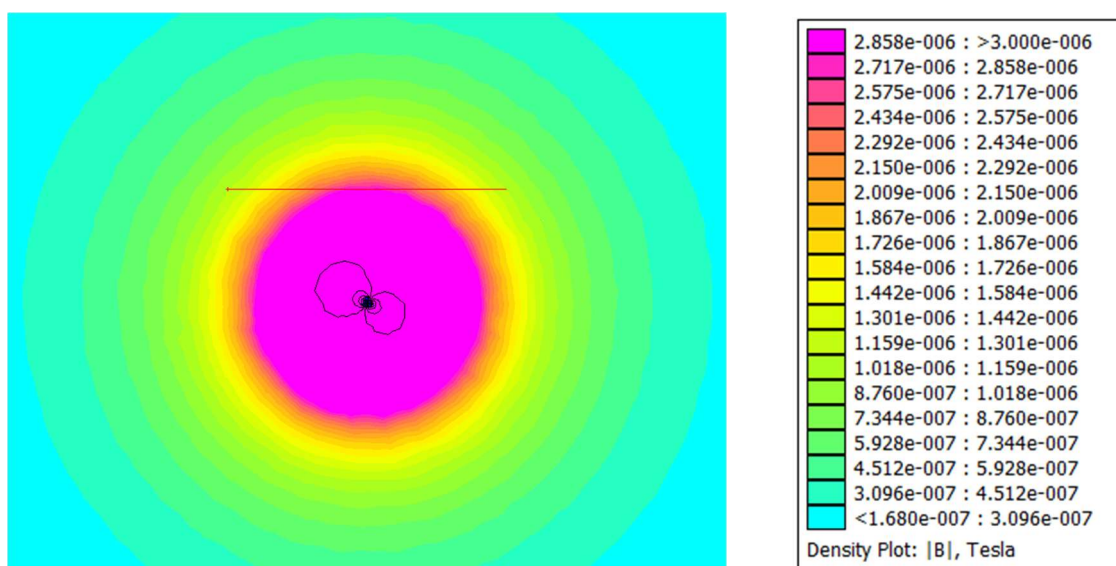


Figura 2. Simulazione intensità campi magnetici. La linea rossa rappresenta la linea del suolo

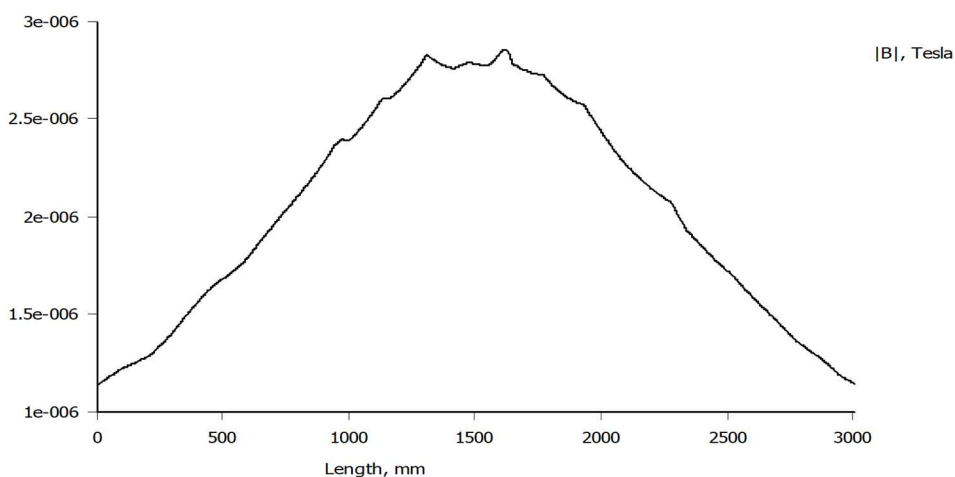


Figura 3. Andamento induzione magnetica al suolo

Si noti come il limite di 3e-6 di induzione magnetica non venga mai raggiunto, per cui si assume una DPA cautelativa pari a 1m.

5.2 Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 3.1 al Sottocampo 2

La connessione tra le cabine di raccolta di sottocampo 3.1 e sottocampo 2 avverrà mediante un cavidotto interrato a 36 kV con profondità di posa pari a 1,2 m e sezione di 300 mmq.

- Tipologia cavi: 20.8/36 kV (N)A2XS(F)2Y da 300 mmq di sezione
- Profondità di posa: 120 cm
- Corrente massima: 318 A

La simulazione effettuata con il software FEMM 4.2 porta i seguenti risultati, riportati in figura.

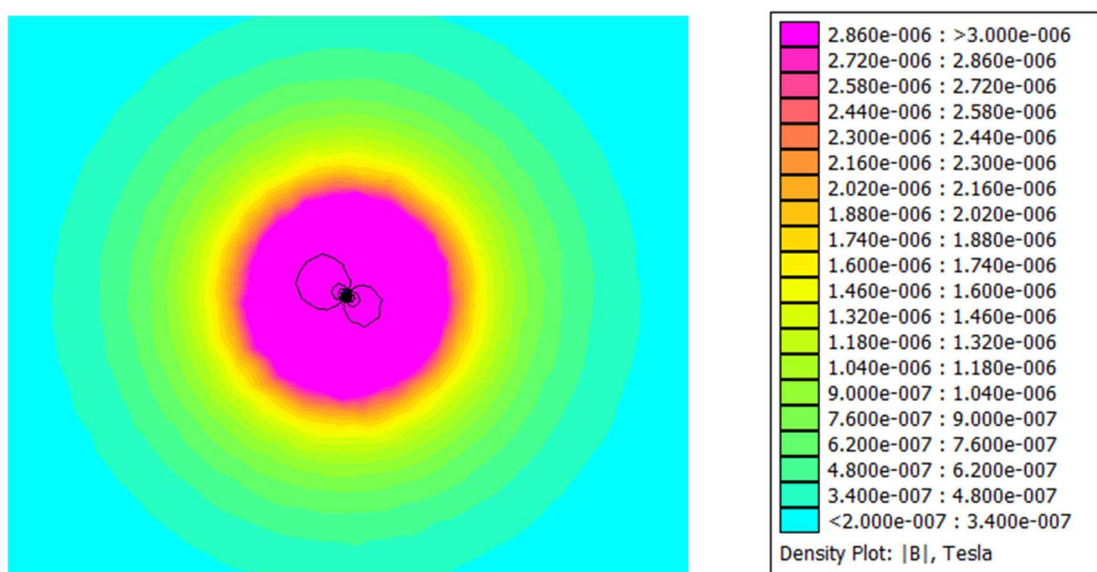


Figura 4. Simulazione intensità campi magnetici. La linea rossa rappresenta la linea del suolo

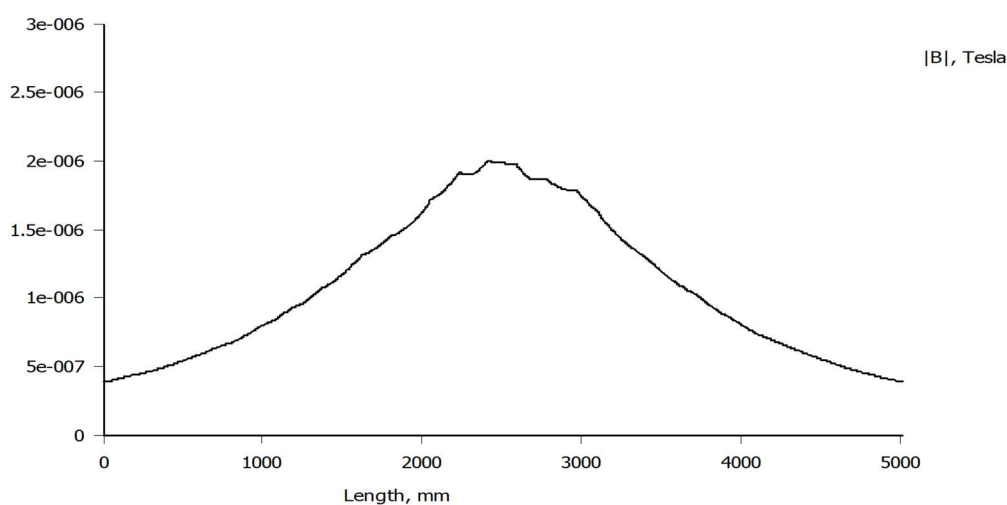


Figura 5. Andamento induzione magnetica al suolo

Si noti come il limite di 3e-6 di induzione magnetica non venga mai raggiunto, per cui si assume una DPA cautelativa pari a 1m.

5.3 Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 2 al Sottocampo 1

La connessione tra le cabine di raccolta di sottocampo 2 e sottocampo 1 avverrà mediante 3 cavidotti interrati a 36 kV con profondità di posa pari a 1,2 m e sezione di 400 mmq.

- Tipologia cavi: 20.8/36 kV (N)A2XS(F)2Y da 400 mmq di sezione
- Profondità di posa: 120 cm
- Corrente massima: 493,95 A

La simulazione effettuata con il software FEMM 4.2 porta i seguenti risultati, riportati in figura.

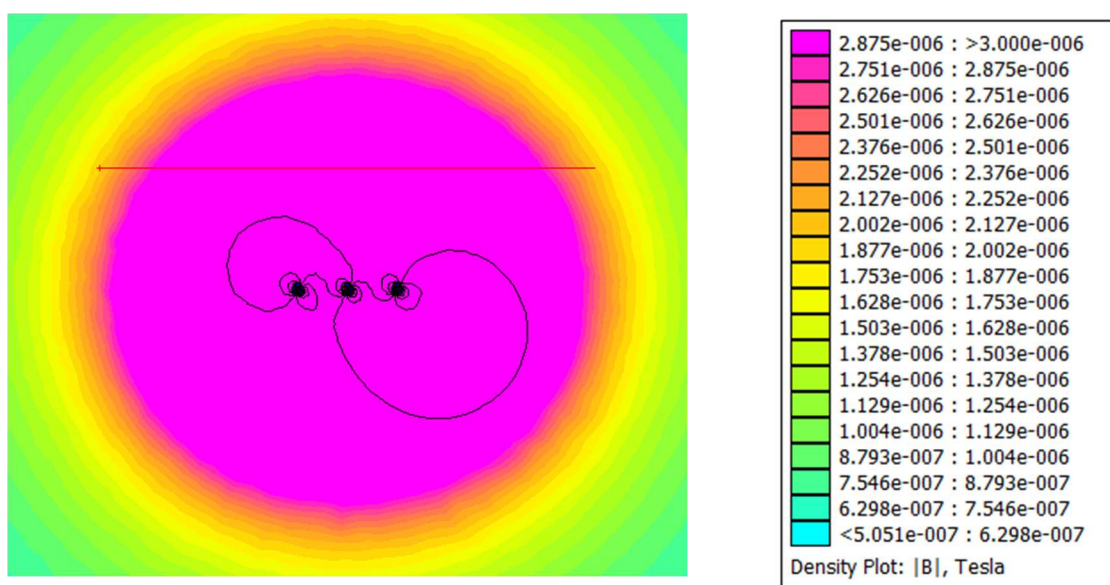


Figura 6. Simulazione intensità campi magnetici. La linea rossa rappresenta la linea del suolo

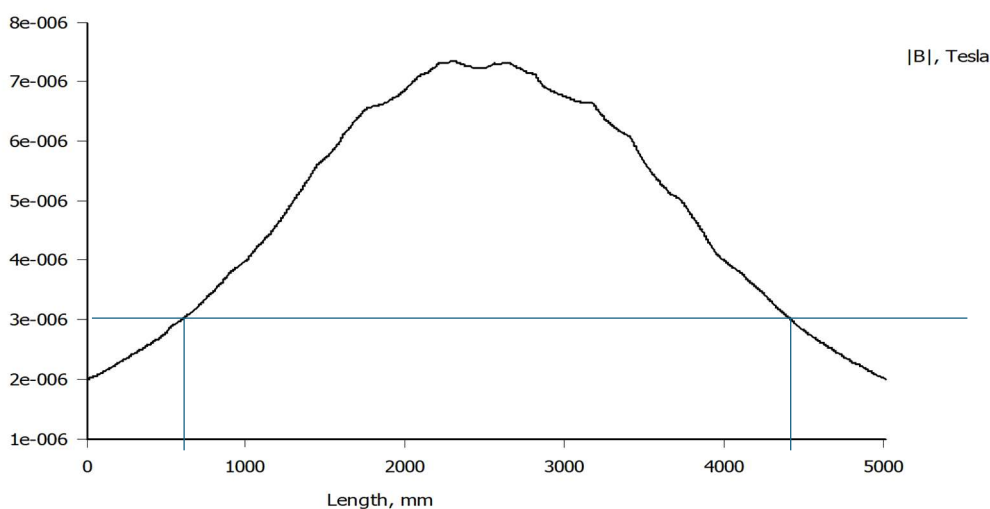


Figura 7. Andamento induzione magnetica al suolo

Si noti come il limite di $3e-6$ di induzione magnetica viene mantenuto al suolo per una larghezza di 3,8 m, per cui si assume una DPA pari a 2 m.

5.4 Cavidotto interrato a 36 kV di connessione del Sottocampo 1 alla Stazione Elettrica “Bondeno”

La connessione tra la cabina di raccolta del sottocampo 1 e la stazione elettrica “Bondeno” avverrà mediante 3 cavidotti interrati a 36 kV con profondità di posa pari a 1,2 m e sezione di 630 mmq.

- Tipologia cavi: 20.8/36 kV (N)A2XS(F)2Y da 630 mmq di sezione
- Profondità di posa: 120 cm
- Corrente massima: 564,52 A

La simulazione effettuata con il software FEMM 4.2 porta i seguenti risultati, riportati in figura.

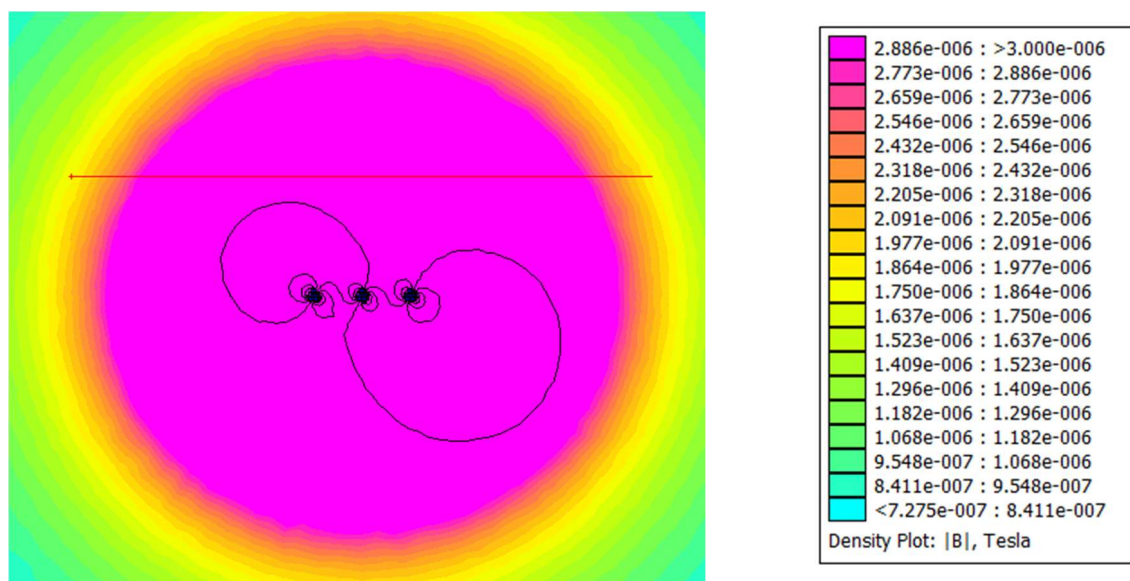


Figura 8. Simulazione intensità campi magnetici. La linea rossa rappresenta la linea del suolo

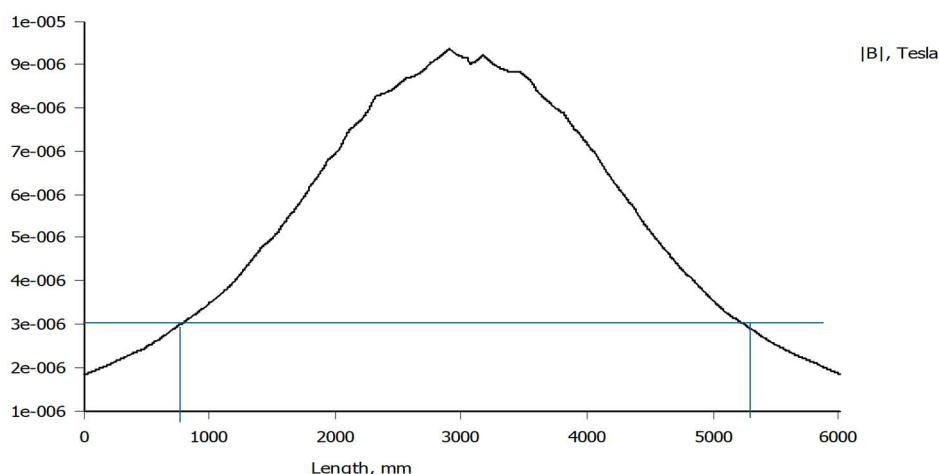


Figura 9. Andamento induzione magnetica al suolo

Si noti come il limite di $3e-6$ di induzione magnetica viene mantenuto al suolo per una larghezza di 4,4 m, per cui si assume una DPA pari a 3 m.

6 CONCLUSIONI

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dei vari componenti di impianto, nonché dalla corrente che li percorre.

In un'ottica di cautela, tenendo conto di eventuali effetti di sovrapposizione di induzione magnetica generati dalle singole sorgenti presenti nell'area, si identifica:

- Come distanza di Prima Approssimazione dei cavi AT AC tra il sottocampo 3.3 e il sottocampo 2:
 - Sezione A: DPA = 1 m
- Come distanza di Prima Approssimazione dei cavi AT AC tra il sottocampo 4 e il sottocampo 2:
 - Sezione A: DPA = 1 m
- Come distanza di Prima Approssimazione dei cavi AT AC tra il sottocampo 3.1 e il sottocampo 2:
 - Sezione A: DPA = 1 m
- Come distanza di Prima Approssimazione dei cavi AT AC tra il sottocampo 2 e il sottocampo 1:
 - Sezione A: DPA = 2 m
- Come distanza di Prima Approssimazione dei cavi AT AC tra il sottocampo 1 e la Stazione Elettrica "Bondeno"
 - DPA = 3m
- Come distanza di prima approssimazione dai muri delle cabine contenenti i quadri di raccolta a 36 kV:
 - DPA = 2m
- Come distanza di prima approssimazione dai muri delle cabine di trasformazione da 6600 kVA:
 - DPA = 6 m

Dal calcolo delle DPA dei vari componenti elettrici in progetto e considerata la loro ubicazione presentata nelle varie planimetrie allegate si conclude che le fasce di rispetto valutate e le rispettive DPA sono sempre ricomprese nell'area dell'impianto fotovoltaico.

Per quanto detto sopra si rileva l'assenza di fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili e di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno entro le DPA sopra indicate.

Per quanto riguarda il campo elettrico, esso è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi, già per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

IL PROGETTISTA

Ing. Riccardo Clementi

