

Regione  
Emilia-Romagna



Provincia di  
Ferrara



Comune di  
Mesola



# PARCO FOTOVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DI POTENZA PARI A 6,29 MW NEL COMUNE DI MESOLA (FE).

r\_emiro.Giunta - Prot. 25/02/2025.0186857.E

Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da CUZZOLIN GUIDO

## PROGETTISTA INCARICATO:

Ing. Giovanni Cis  
Tel. 3490737323  
Pec: giovanni.cis@ingpec.eu



Ing. Francesca Domeneghetti  
Tel. 3343716779  
Pec: planum@legalmail.it



Dott. Pian. Alberto Azzolina  
Tel. 3476498669  
Pec: pianum@legalmail.it



Scala

Titolo elaborato:

Relazione

Formato

A4

di compatibilità elettromagnetica

## CODICE ELABORATO

PROGETTO	CLASSE	TIPO	PROG.
RV-FV-ER-37	SCR	R	10

## TECNICI COINVOLTI

Ing. Giovanni Cis  
Ing. Francesca Domeneghetti  
Ing. Sara Domeneghetti  
Ing. Rossana Basileo  
Dott.ssa Geol. Sara Bedeschi  
Dott. Pian. Alberto Azzolina

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	10/2023	Prima emissione	CMH	RC	G
01	01/2025	Seconda emissione	CMH	RC	G
02					
03					
04					
05					
06					

## GESTORE RETE ELETTRICA

e-distribuzione

## SOCIETA' PROPONENTE:

OPR SUN 31 SRL  
Via Ceresio, 7 - 20154 Milano  
PEC: oprsun31@legalmail.it  
REA: MI - 2702823 P.iva 13086470963

## SOCIETA' di PROGETTAZIONE:

RENVALUE SRL  
Via Ceresio, 7 - 20154 Milano  
P.iva 05418080288  
  
PLANUM SRL  
Via Daniele Manin, 53 - 30174 Venezia  
P.iva 04480300278

## Indice

1	Dati generali di progetto .....	2
2	Premessa.....	3
2.1	Definizioni .....	3
2.2	Obbiettivi di qualità .....	4
3	Calcolo dei campi elettromagnetici.....	4
3.1	Valutazione preventiva dei campi.....	4
3.2	Analisi del caso di studio .....	4
3.2.1	Sezione più gravosa in bassa tensione.....	5
3.2.2	Sezione più gravosa in media tensione.....	7
3.2.3	Moduli fotovoltaici .....	8
3.2.4	Inverter .....	8
3.2.5	Cabina utente e cabina di consegna .....	8
3.2.6	Cabina di trasformazione .....	8
4	Recettori più vicini .....	8
5	Conclusioni.....	9

## 1 Dati generali di progetto

Ubicazione	
Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Ferrara
Comune	Mesola
Riferimenti catastali	Foglio: 4, Mappali: 93,95
Superficie totale di impianto	9,27 ha
Società proponente	
Ragione sociale	OPR SUN 31 SRL
P.iva e c.f.	13086470963
Indirizzo sede legale	Via Ceresio, 7, CAP 20154, Milano (MI)
PEC	oprsun31@legalmail.it
Grandezze principali di impianto	
Potenza DC	6.291,04 kW
Potenza AC di connessione	5.120,00 kW
Componenti principali di impianto	
Cabina di consegna	n.1 cabina DG2061 edizione 9 (consegna)
Cabina utente	n.1 cabina DG2061 edizione 9 (utente)
Cabina di trasformazione	n.2 Skid con trasformatori da 2600 kVA
Inverter di stringa	n.16 Inverter da 320 kW
Moduli	n.9184 moduli da 685 Wp
Tracker	Mono-assiali 1P con azimut 28°
Opere di connessione alla rete	
Tensione di connessione	15 kV – MT – Media Tensione
Gestore di rete	E-Distribuzione S.P.A.
Cod. pratica	359923480
POD	IT001E111626596 (Art. 37, c.1 Delibera 11/06)

## 2 Premessa

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 Obbiettivi di qualità

Gli obiettivi di qualità sono:

- I criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili indicati dalle leggi regionali;
- 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):

- 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;
- 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 Calcolo dei campi elettromagnetici

Una linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza.

### 3.1 Valutazione preventiva dei campi

Considerando che la grossa parte dell'impianto è a bassa tensione, che la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 30.000V e che i campi elettrici sono schermati dal suolo, dalle recinzioni, dalle murature del fabbricato, dagli alberi, dalle strutture metalliche porta moduli, dalle guaine metalliche dei cavi a media tensione, ecc., **si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici** che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica. In particolare, è stato più volte dimostrato da misure sperimentali condotte in tutta Italia dal sistema agenziale ARPA sulle cabine MT/BT della Distribuzione, che i campi elettrici all'esterno delle cabine a media tensione risultano essere abbondantemente inferiori ai limiti di legge.

**Per quanto concerne invece i campi magnetici** è necessario identificare nella centrale fotovoltaica le possibili sorgenti emissive e le loro caratteristiche. Una prima sorgente emissiva è rappresentata dal generatore fotovoltaico e dai relativi cavidotti di collegamento con la cabina elettrica dove avviene la conversione e trasformazione.

Le simulazioni relative al calcolo dell'intensità del campo magnetico sono state elaborate con il software **"FEMM" (Finite Element Method Magnetism) v4.2** sviluppato da David Meeker, utilizzando modelli di calcolo basati sul metodo standardizzato dal Comitato Elettrotecnico Italiano Norma CEI 211-4/1996.

La corrente transitante in ogni tratta è stata calcolata con la seguente formula:

$$I = \frac{P \cdot 1,1}{V \cdot \sqrt{3}}$$

### 3.2 Analisi del caso di studio

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

- I cavi BT AC di collegamento tra gli inverter e il trasformatore;
- I cavi MT AC di collegamento tra il trasformatore e la cabina di consegna
- La cabina di consegna, la cabina utente e il trasformatore.
- I cavi MT AC relativi alle opere di connessione alla rete

È importante sottolineare che le emissioni elettromagnetiche generate dai singoli elementi vanno considerate nel loro comportamento cumulativo e simultaneo: per questo nella figura successiva è riportata la planimetria dei cavidotti, cosicché sia possibile determinare le sezioni più gravose e concentrare su di esse l'analisi tramite simulazione.

Dalla planimetria si evince che **le due sezioni più gravose sono quelle in prossimità dei due trasformatori da 2600 kVA dove convergono 8 cavi BT in parallelo (CAVI VERDI). Si considera come sezione graviosa anche quella dei due cavi MT in parallelo che collegano la cabina utente ai trafi (CAVI VIOLA)**

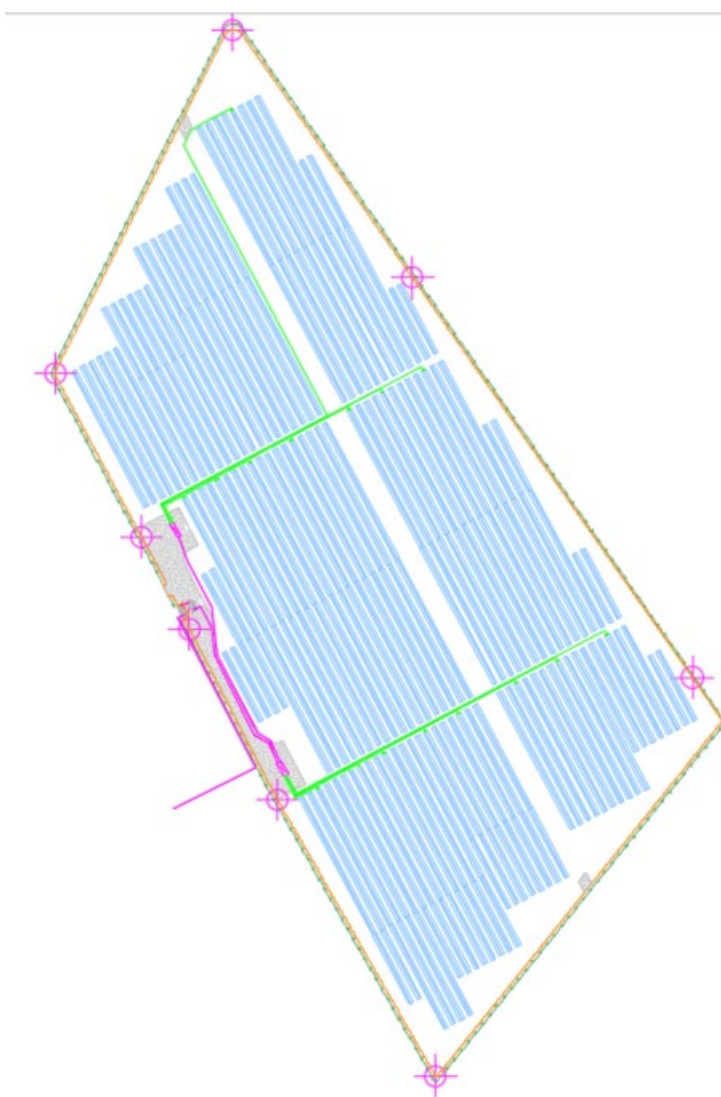


Figura 1 – Layout impianto – Rif – RV-FV-ER-37-D11-00-Layout impianto e successive modifiche

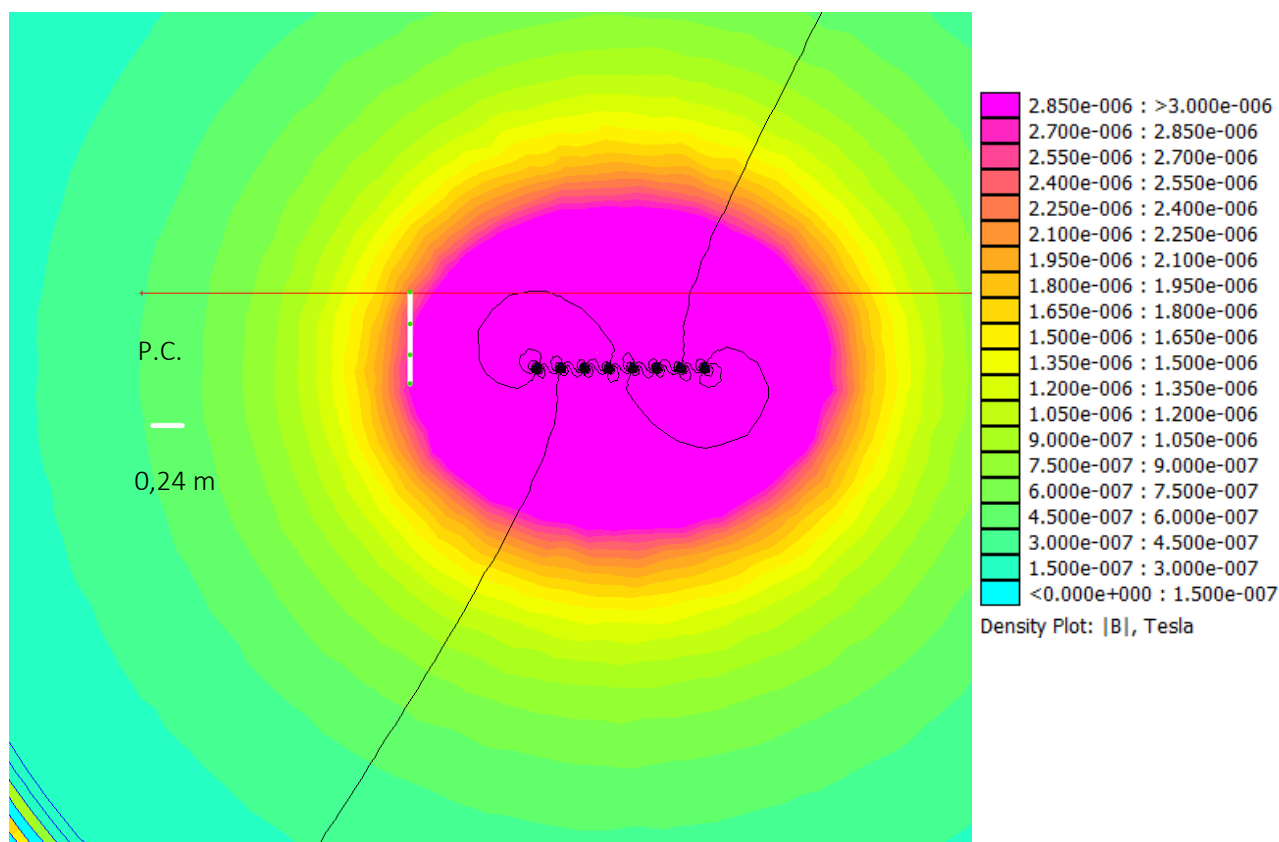
### 3.2.1 Sezione più gravosa in bassa tensione

La sezione più gravosa è costituita dalla posa di 8 terne di conduttori, così descrivibile:

- Tipologia cavi 0.6/1kV ARG16R16 da 185 mmq di sezione.
- Profondità di posa: >60cm
- Corrente Massima pari alla corrente massima dell'inverter: 254 A con coef. Di posa di 0,80

Dalla simulazione effettuata con il software FEMM 4.2 emerge che la **DPA** relativa a questa sezione risulta di **1.79+1.78m**. Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati ottenuti in formato grafico.

La prima rappresentazione raffigura la densità del campo magnetico prodotto dai cavi in parallelo.



Dall'analisi grafica si vede che la fascia di rispetto ha un'ampiezza di 1,43 metri, centrata dall'asse dei conduttori.

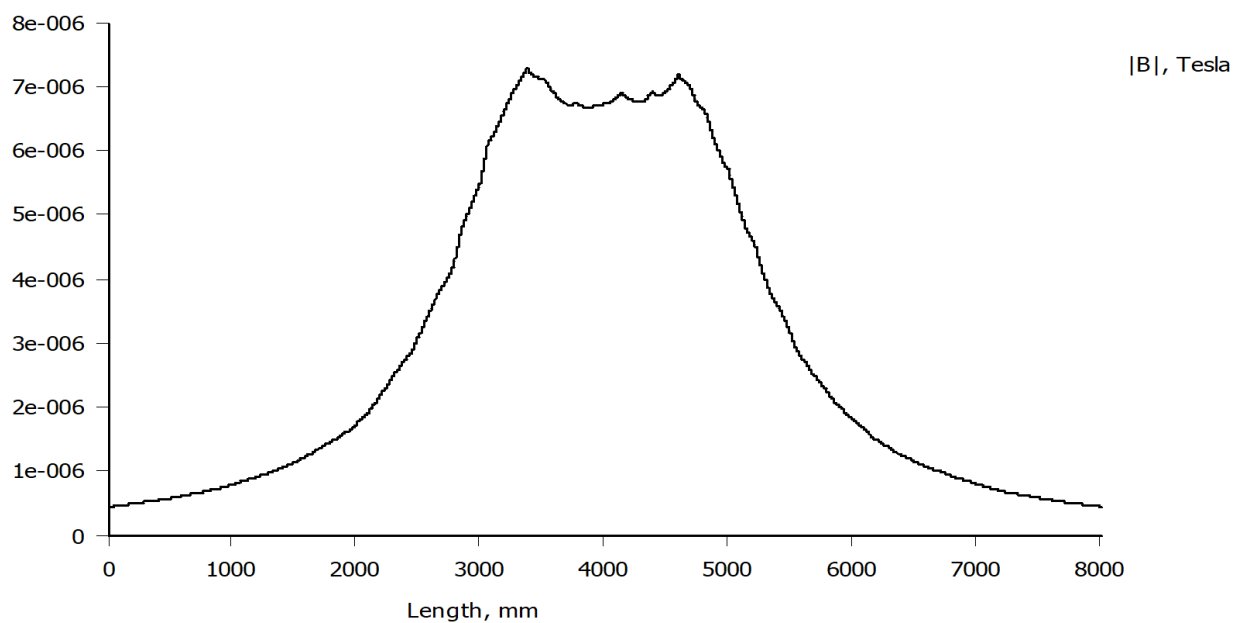


Figura 2 - Risultati ottenuti da FEMM 8 cavi di BT interni al campo

### 3.2.2 Sezione più gravosa in media tensione

La sezione è costituita dalla posa di 2 terne di conduttori di MT, così descrivibile:

- n.2 terne di cavi RG7H1M1 12/20 kV da 95 mmq.
- Profondità di posa: >80cm.
- Corrente Massima: pari a 260 A. con coeff. Di posa di 0,90

Come per la sezione A, anche per la sezione B si è provveduto a simulare il campo magnetico prodotto dai due cavi in MT interni al campo fotovoltaico.

Dalle simulazioni si evince che la **DPA** in questo caso risulta di **0.6+0.6 m.<**

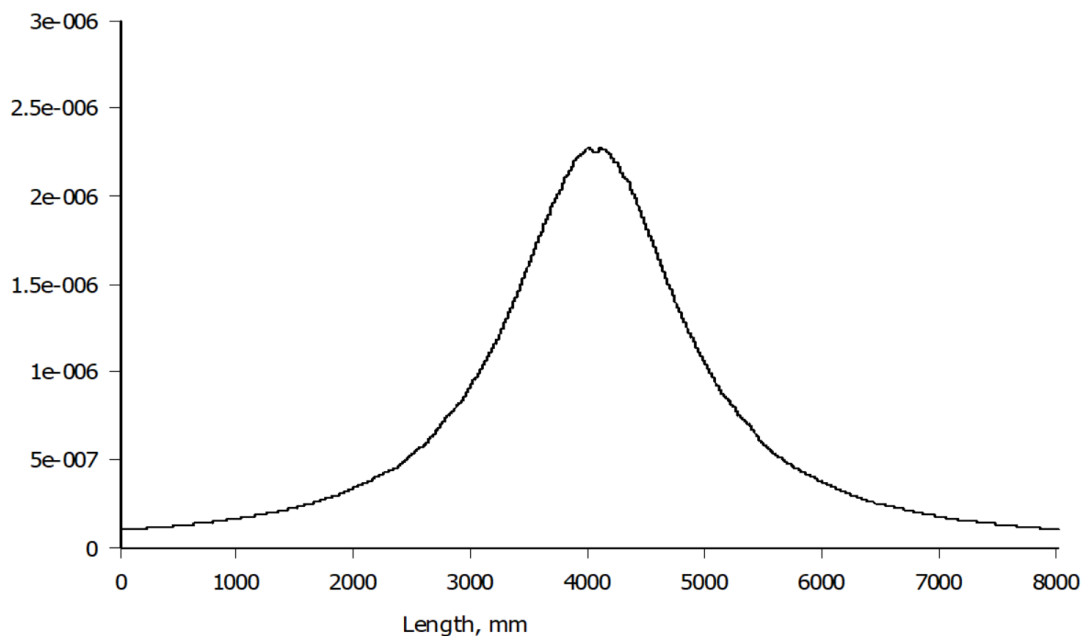
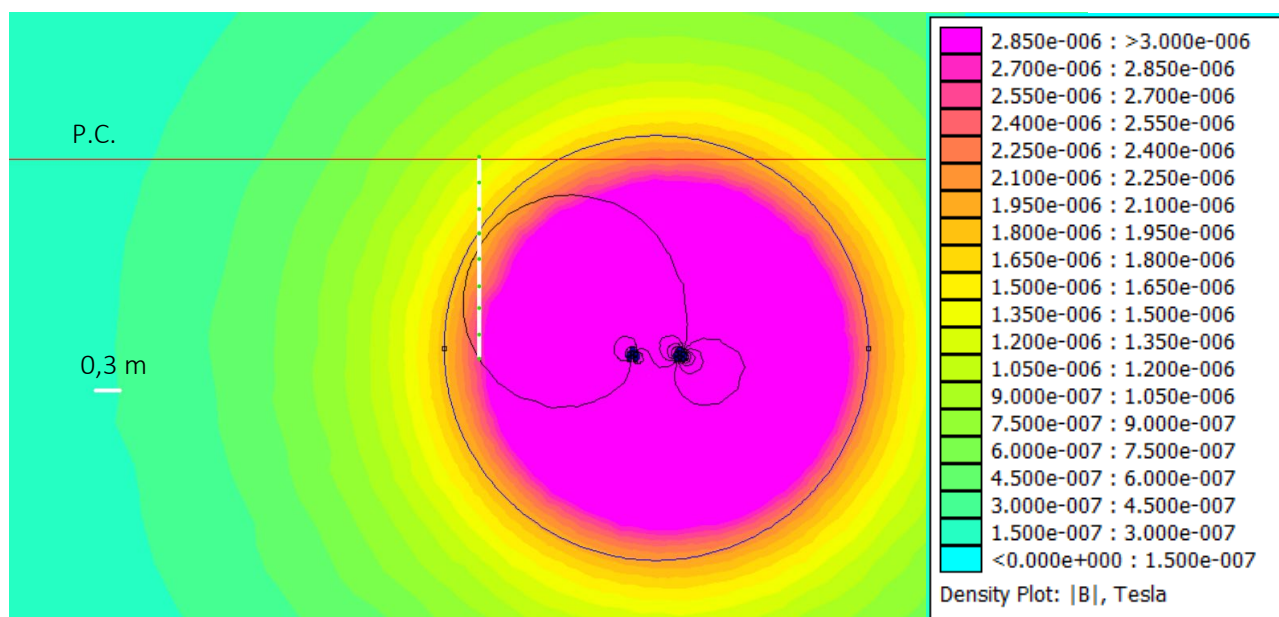


Figura 3 – Risultati ottenuti da FEMM per 2 cavi MT interni al campo

### 3.2.3 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.

### 3.2.4 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).

### 3.2.5 Cabina utente e cabina di consegna

La cabina di consegna e quella utente saranno costituite da box prefabbricati con alimentazione da cavo sotterraneo. I locali utenti delle cabine di consegna sono predisposti per ospitare in futuro un trasformatore di potenza massima di 630kVA.

Per la determinazione della Distanza di Prima Approssimazione si è fatto 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 secondaria la DPA è di 2 m.

$$DPA = 2 \text{ m}$$

### 3.2.6 Cabina di trasformazione

Le tre cabine di trasformazione costituite da box prefabbricato con alimentazione da cavo sotterraneo conterranno una un trasformatore BT/MT da 2000 kVA e altre due da un trasformatore BT/MT da 3200 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 dei conduttori [m], pari a 0,0162m

I: la corrente nominale lato BT pari a  $254 \cdot 8 = 2032$  A, considerando i 8 cavi BT entranti nella cabina di trasformazione con trasformatore da 2600 kVA;

Si ottiene così un valore di DPA pari a 2,12 m arrotondabile a 3 m per la cabina di trasformazione in cui entrano 8 cavi BT.

## 4 Recettori più vicini

Dal punto di vista della compatibilità elettromagnetica è opportuno verificare anche la presenza di possibili recettori attorno all'area di impianto e la relativa natura.

Come indicato dalla planimetria su ortofoto sotto-riportata, non ci sono recettori nelle vicinanze.

In tutti i casi alcun recettore viene interessato da eventuali campi elettromagnetici generati dalle componenti di impianto (intesi come campi elettromagnetici sopra la soglia di qualità di  $3\mu\text{T}$ ), trovandosi al di fuori della DPA rappresentata, per maggiori dettagli si può fare riferimento alla tavola della Planimetria DPA.



Figura 4 – Assenza recettori

## 5 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 presente nell'area, si identifica:

Come Distanza di Prima Approssimazione dai cavi BT AC tra inverter e trasformatore, dai cavi MT AC tra trasformatore e cabina di consegna:

- Sezione BT **DPA= 1.79 + 1.78 m;**
- Sezione MT **DPA= 0,6 + 0,6 m**

Come Distanza di Prima Approssimazione dai muri delle cabine di consegna e delle cabine utente:

- Cabina utente e cabina di consegna **DPA= 2 m.**

Come Distanza di Prima Approssimazione dai muri delle cabine di trasformazione:

- Skid 2600 **DPA = 3 m** per le cabine ospitanti trasformatore da 2600kVA

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 comprese 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.