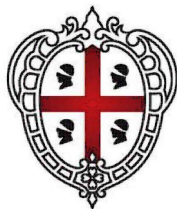


Regione
Sardegna



Provincia di
Sassari



Comune di
Alghero



IMPIANTO FOTOVOLTAICO "SAN-MARCO" DI 16MW SITO NEL COMUNE DI ALGHERO (SS) E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

PROGETTISTI INCARICATI:

Ing. Luca Monsorno

Scala

-

Titolo elaborato:

Relazione tecnica campi
elettromagnetici

Formato

A4

Ing. Alberto Voltolina

CODICE ELABORATO

PROGETTO	CLASSE	TIPO	PROG.
SPFVSA04	PAUR3	R	01

ALTRI TECNICI COINVOLTI

Dott.ssa Archeol. Ilaria
Frontori Arch. Maurizio Cossar
Dott. Geol. Alberto Velicogna

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	01/24	Prima emissione	DP	DP	AV
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA



SOCIETA' PROPONENTE:

OPR SUN 30

OPR SUN 30 SRL
Via Ceresio, 7 - 20154 Milano
PEC: oprsun30@legalmail.it
P.iva 13086440966

Indice

1	Premessa.....	2
1.1	Documenti di riferimento	2
2	Normativa di riferimento	3
2.1	Definizioni	3
2.2	Obiettivi di qualità.....	4
3	Descrizione dell'impianto.....	5
4	Calcolo dei campi elettromagnetici.....	6
4.1	Valutazione preventiva dei campi elettrici.....	6
4.2	Valutazione preventiva dei campi magnetici	6
4.3	Analisi del caso di studio	6
4.3.1	Sezione A.....	8
4.3.2	Sezione B.....	9
4.3.3	Sezione C.....	10
4.3.4	Sezione D	12
4.3.5	Moduli fotovoltaici	13
4.3.6	Inverter	14
4.3.7	Cabina con quadri di raccolta a 36 kV	14
4.3.8	Cabina di trasformazione (skid).....	14
5	Ricettori più vicini	16
6	Conclusioni.....	17

1 Premessa

Nella presente relazione, si analizza la compatibilità elettromagnetica di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia da fonte solare, di potenza di picco complessiva pari a 16.226,28 kWp e delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto.

L'impianto fotovoltaico è sito nei comuni di Alghero (SS), a circa 5 km a nord-ovest del centro abitato di Olmedo, in prossimità della località "Zona Industriale San Marco", su una superficie di circa 23ha.

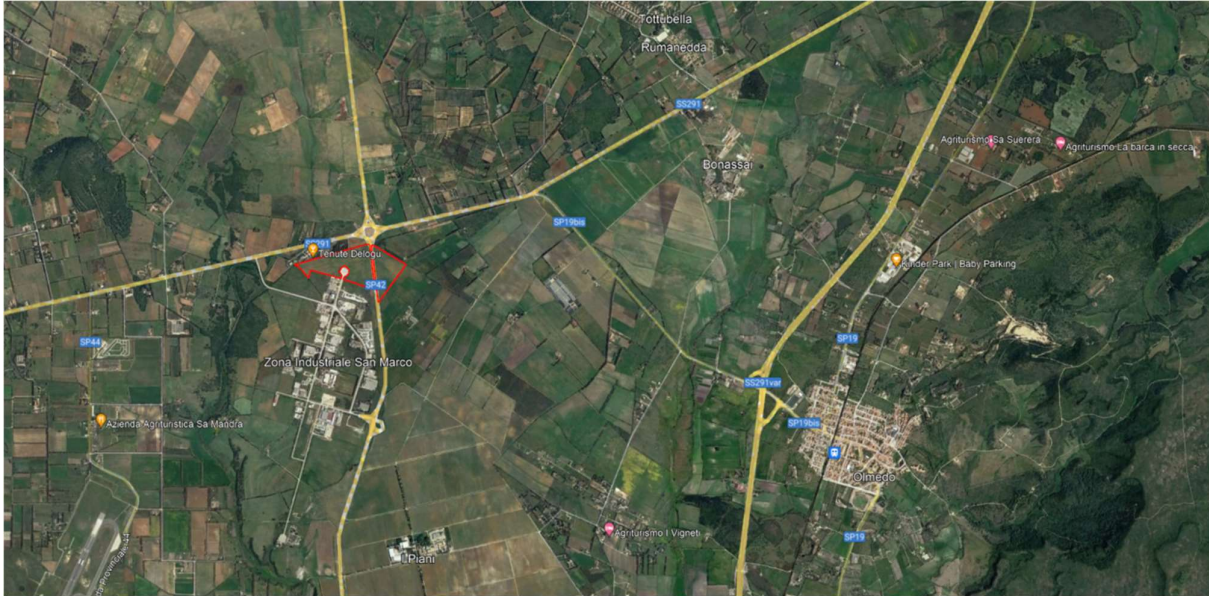


Figura 1 Inquadramento del terreno su ortofoto, in verde l'area dell'impianto fotovoltaico

1.1 Documenti di riferimento

A completamento della presente relazione si faccia riferimento ai seguenti elaborati:

- SPFVSA04-PAUR2-04D-00 PARTICOLARI COSTRUTTIVI: PLANIMETRIA E SEZIONI CAVIDOTTI
- SPFVSA04-PAUR2-09D-00 SCHEMA ELETTRICO UNIFILARE
- SPFVSA04-PAUR2-16D-00 TRACCIATO DI RETE - SEZIONI CAVIDOTTO 36kV

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):

- 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 Descrizione dell'impianto

L'impianto in progetto è di tipo grid - connected e la modalità di connessione è in "Trifase in alta tensione", con potenza complessiva pari a 16.226,28 kWp.

Il generatore fotovoltaico, in particolare, sarà costituito da:

- Potenza nominale: 16.226,28 kWp;
- N. totale di pannelli FTV: 23688 da 685 Wp;
- N. totale di stringhe: 846
 - o 108 tracker da 28 pannelli (=1 stringa)
 - o 369 tracker da 56 pannelli (=2 stringhe)
- N. totale di inverter di campo: 40

La configurazione finale di impianto è rappresentata dalla seguente figura.

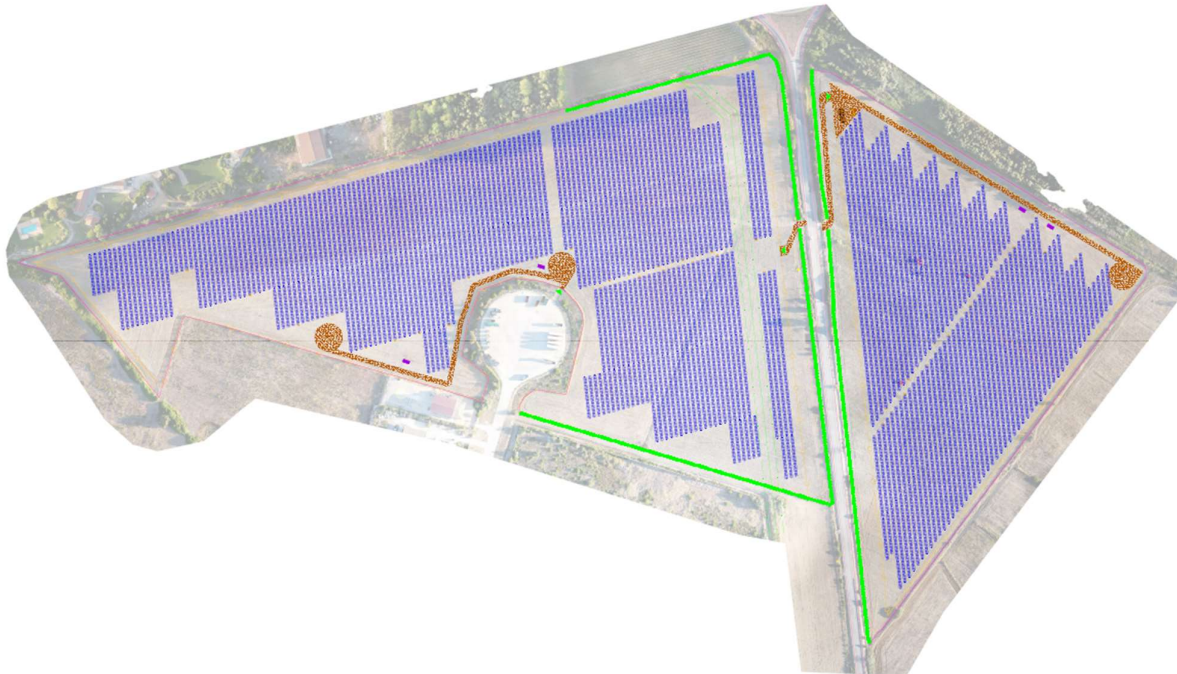


Figura 2 - Configurazione dell'impianto fotovoltaico

4 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.

4.1 Valutazione preventiva dei campi elettrici

La grossa parte dell'impianto è ad alta tensione, e la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 36 kV 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 di alta tensione, ecc., **si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici** che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica.

4.2 Valutazione preventiva dei campi magnetici

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 le cabine elettriche 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 Magnetics) 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:

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

4.3 Analisi del caso di studio

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

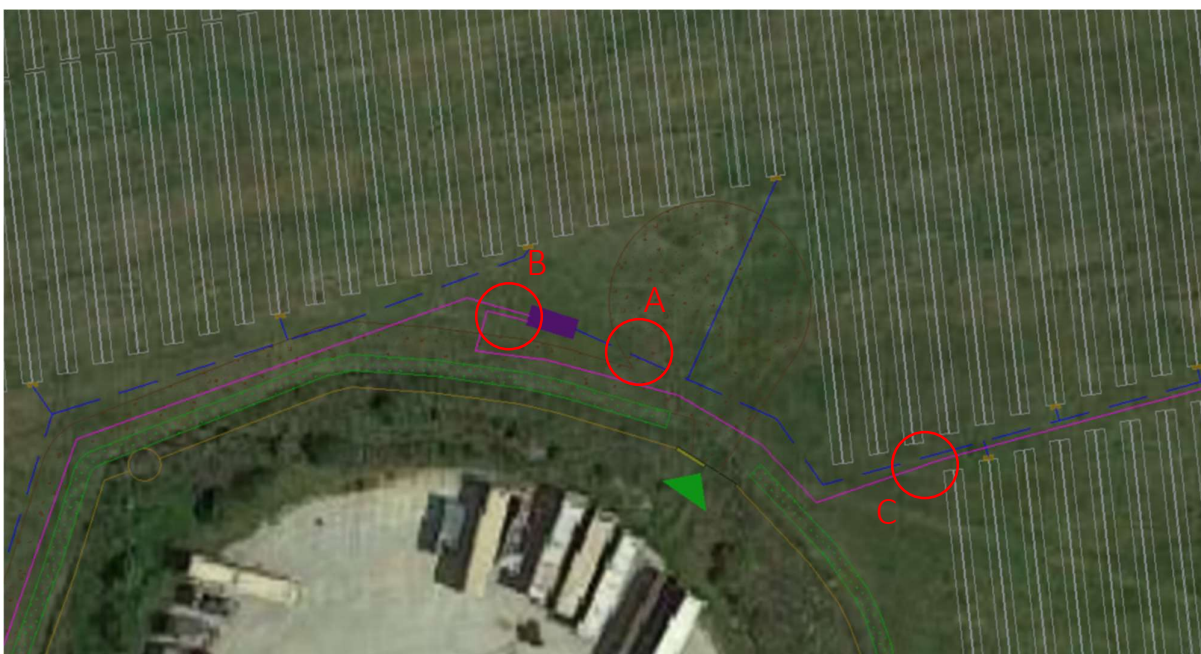
- I cavi BT AC di collegamento tra gli inverter di stringa e i trasformatori
- I cavi AT AC di collegamento tra i trasformatori e la cabina con quadri di raccolta a 36 kV
- I cavi AT AC delle opere di connessione alla RTN
- Le cabine di trasformazione (skid)

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. In rosa sono riportati i cavi a 36kV di collegamento dei trasformatori, in blu quelli in BT di collegamento degli inverter.



Figura 3: Planimetria cavidotti interni al campo

Nell'analisi si considereranno solo i casi più gravosi (Sez. A per i cavi di BT, Sez. B per i cavi 36 kV interni al campo, Sez. C per la combinazione di cavi BT e 36 kV interni al campo, Sez. D per il cavo 36 kV delle opere di connessione).



Di seguito si procederà ad analizzare le sezioni evidenziate.

4.3.1 Sezione A

La sezione A è costituita dalla posa di 13 terne di conduttori BT, così descrivibile:

- Tipologia cavi: 0.6/1 kV ARG16R16 da 240 mmq
- Corrente massima: 254 A
- Profondità di posa: 100 cm – terne distanti 20cm l'una dall'altra

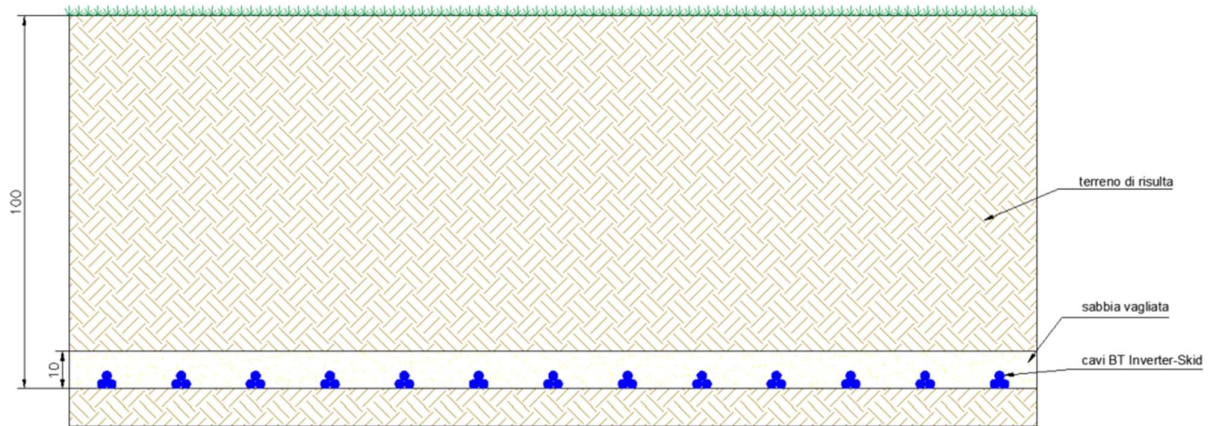
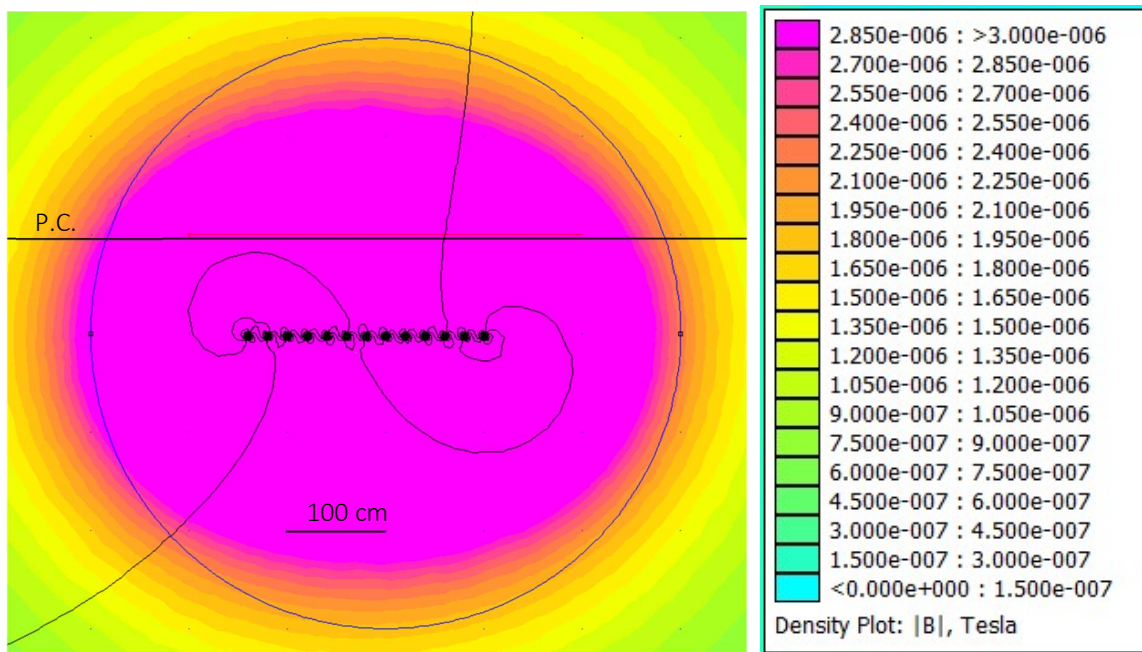
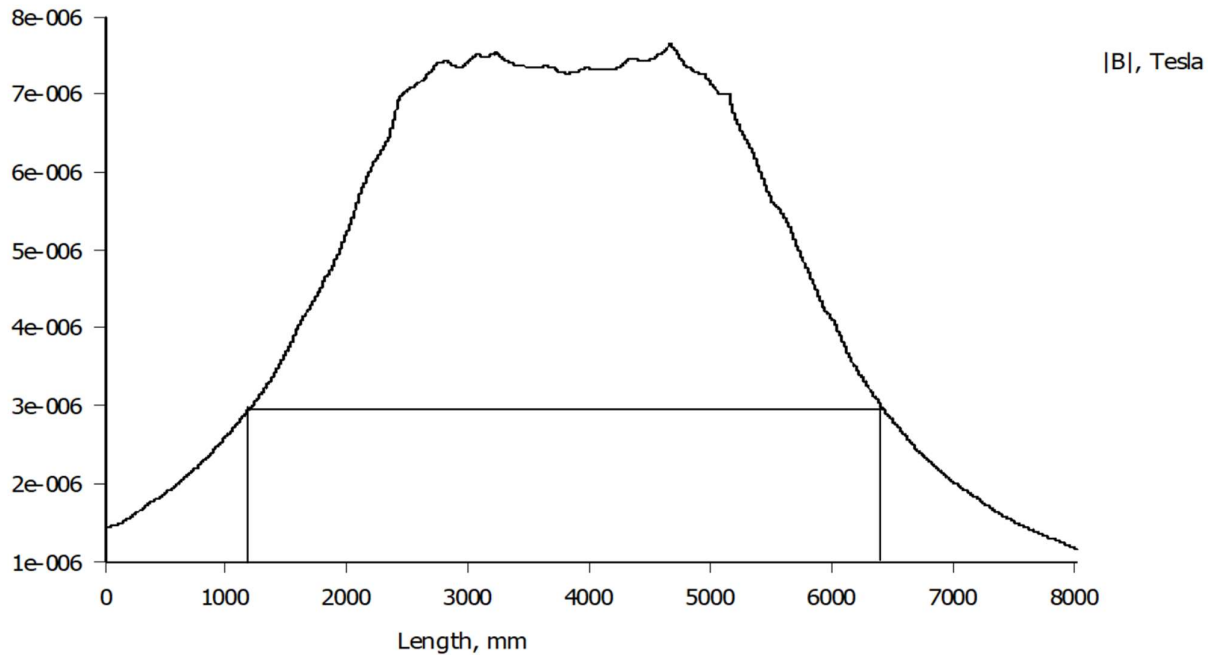


Figura 4 Sez. A caso gravoso cavi BT

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



La DPA relativa a questa sezione vale **3+3 m** rispetto all'asse geometrico delle 13 terne.



Nel grafico si riporta invece l'andamento del campo magnetico al piano di calpestio, da cui si evince che la fascia di rispetto ha un'ampiezza pari a 492 cm, centrata sull'asse geometrico delle 13 terne.

4.3.2 Sezione B

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

- Tipologia cavi: RG7H1M1 12/20 kV da 95 mmq di sezione
- Corrente massima: 70 A e 141 A
- Profondità di posa: 120 cm

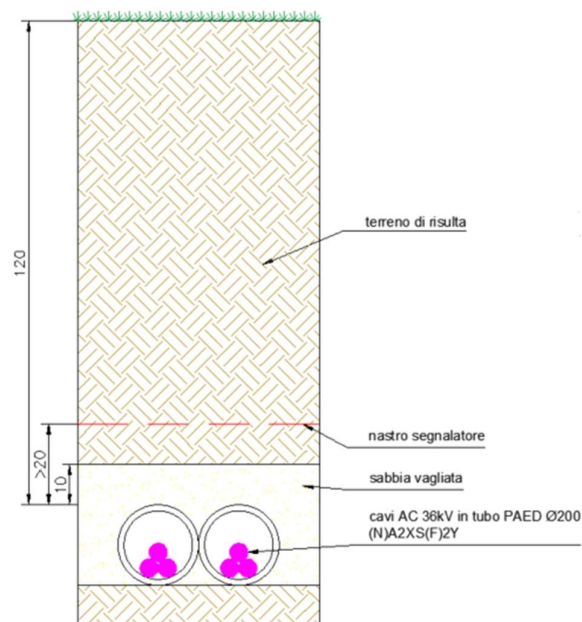
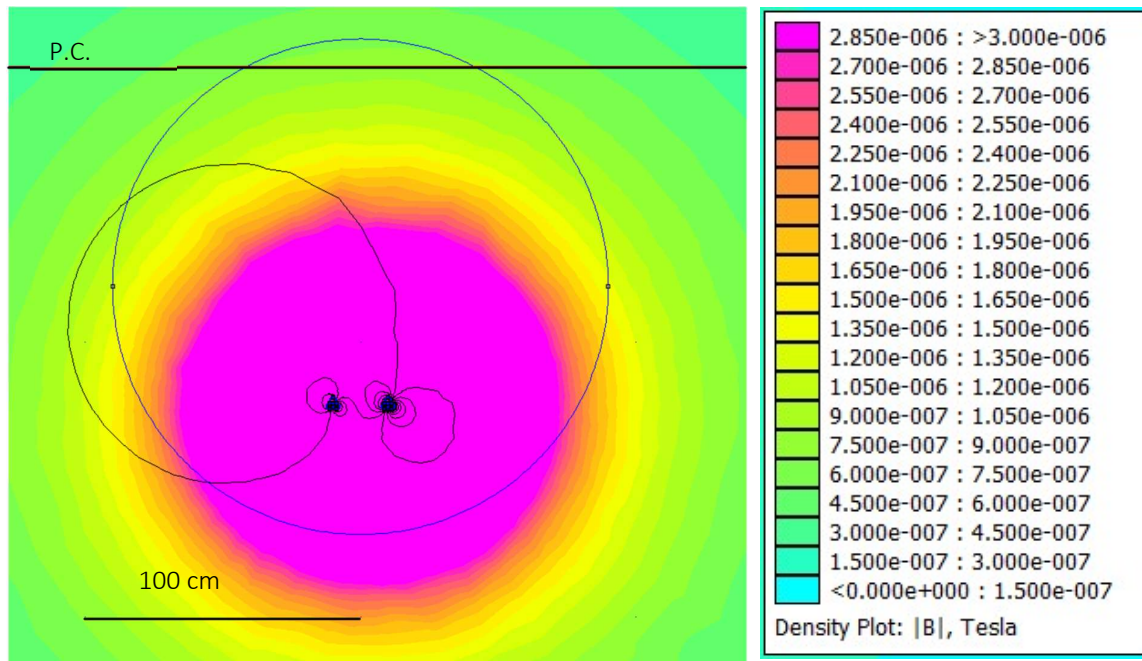
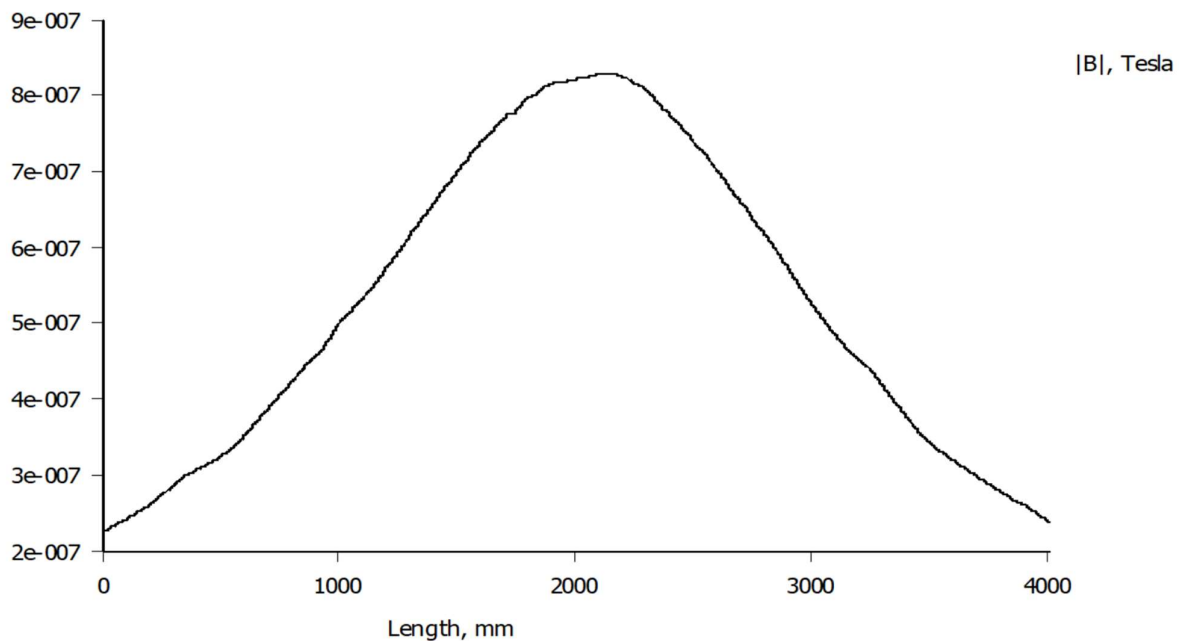


Figura 5 Sez. B caso gravoso cavi AT

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



La DPA relativa a questa sezione vale **0.65 + 0.71 m** rispetto all'asse geometrico delle 2 terne.

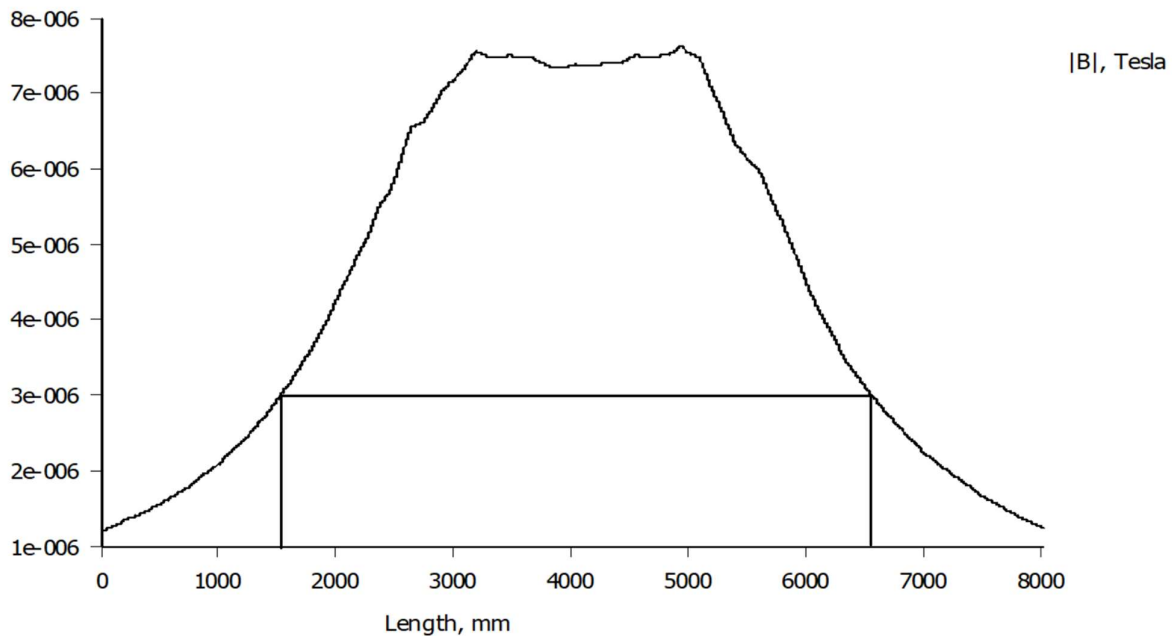


Come si vede dal grafico sopra riportato la fascia di rispetto è nulla, ossia la profondità di posa scelta per i cavi è sufficientemente ampia per garantire che al piano di calpestio sia garantito l'obiettivo di qualità.

4.3.3 Sezione C

La sezione C è costituita dalla posa di 12 terne di conduttori BT e una terna di conduttori AT, così descrivibile:

- Tipologia cavi:



Nel grafico si riporta invece l'andamento del campo magnetico al piano di calpestio, da cui si evince che la fascia di rispetto ha un'ampiezza pari a 512 cm, centrata sull'asse geometrico delle terne.

4.3.4 Sezione D

La sezione è costituita dalla posa di 1 terna di conduttori AT, così descrivibile:

- Tipologia cavi: 20.8/36 kV (N)A2XS(F)2Y
- Corrente massima: 306 A partendo dalla portata del cavo
- Profondità di posa: 120 cm

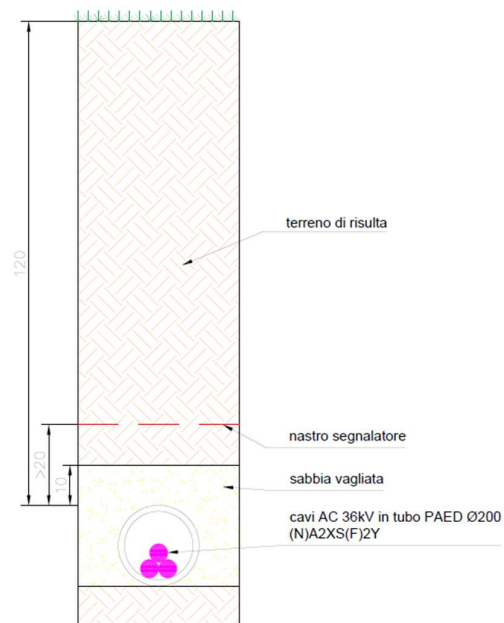
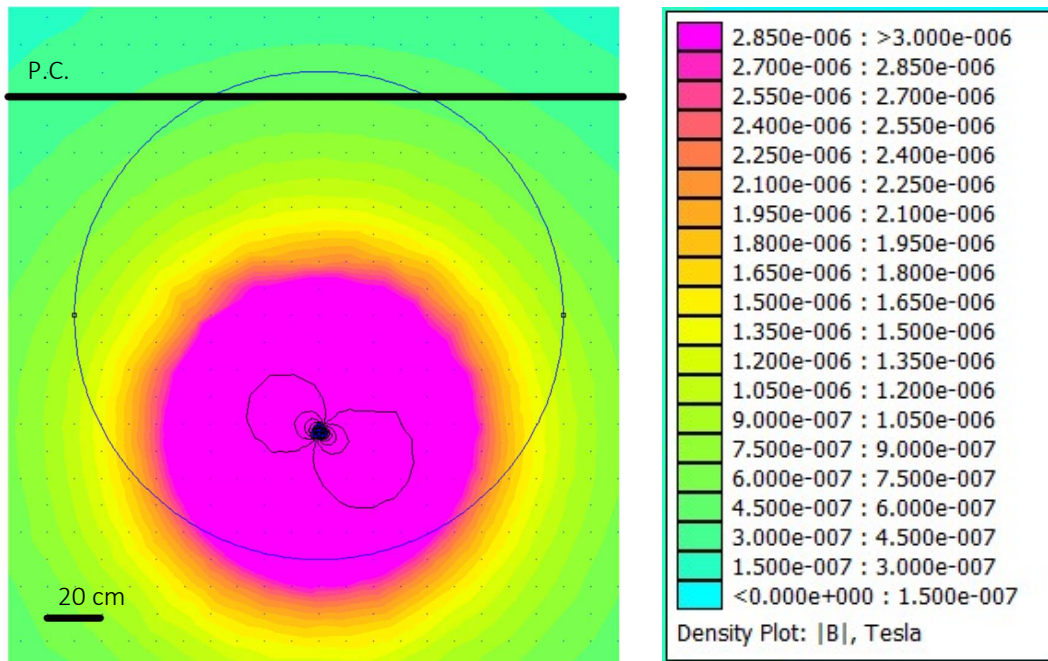
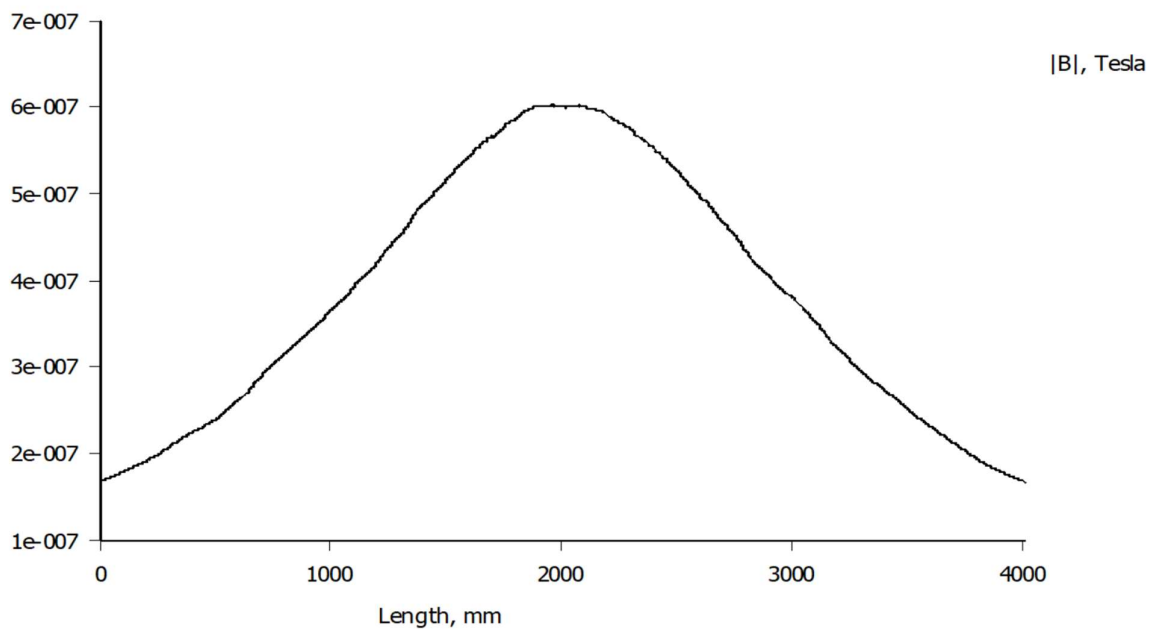


Figura 7 Sez. D opere di connessione

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



La DPA relativa a questa sezione vale **0.6 + 0.6 m** rispetto all'asse geometrico delle terne.



Nel grafico si riporta invece l'andamento del campo magnetico al piano di calpestio, da cui si evince che la fascia di rispetto è sempre rispettata.

4.3.5 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 transitori 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.

4.3.6 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).

4.3.7 Cabina con quadri di raccolta a 36 kV

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**.

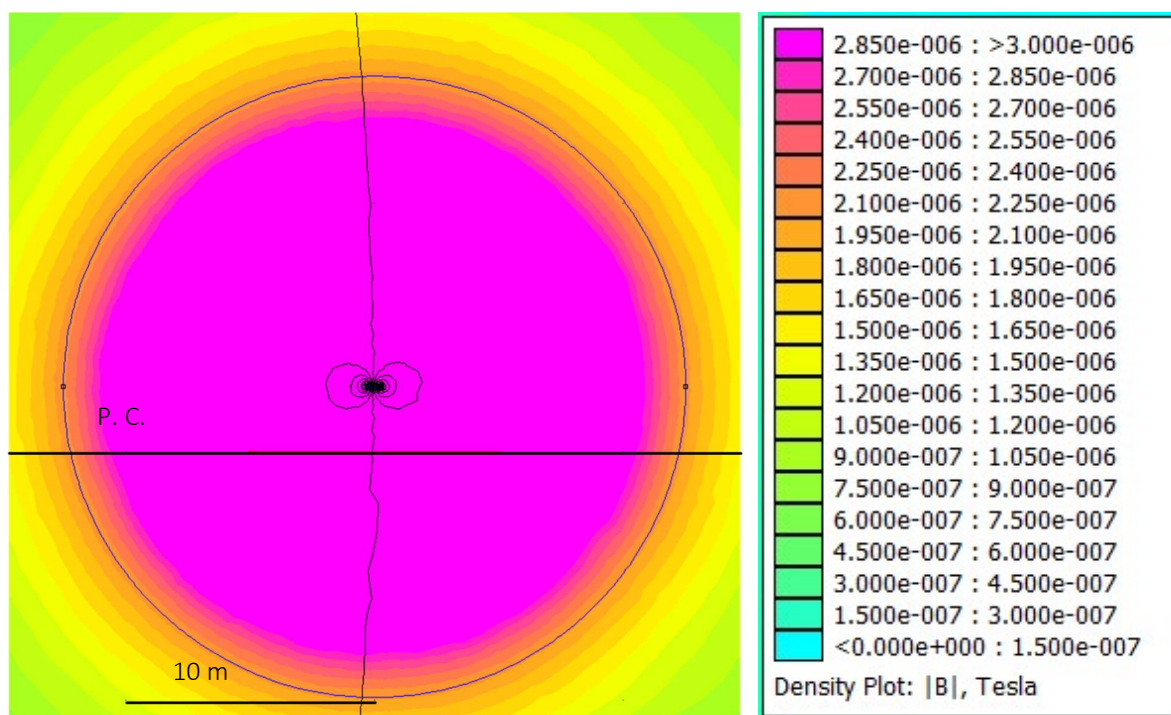
4.3.8 Cabina di trasformazione (skid)

Le cabine di trasformazione sono costituite anch'esse da box prefabbricati con alimentazione da cavo sotterraneo che conterranno i trasformatori BT/AT da 4000 e da 2500 kVA. Si considererà solo il caso più gravoso (trasformatore da 4000 kVA).

La DPA delle cabine di trasformazione è stata calcolata tramite il software FEMM 4.2; in particolare, essa dipende dalla corrente di bassa tensione del trasformatore. Per tanto, è necessario studiare la connessione presente tra gli inverter e il trasformatore; questa connessione nel tratto finale può essere effettuata in sbarra di rame.

- Per il trasformatore si può considerare di avere 3 sbarre di rame per fase, per un totale di 9 sbarre, in cui le fasi sono distanziate tra di loro di 20 cm.
- Corrente massima in ingresso totale: 3175 A

I risultati ottenuti tramite il software FEMM, considerando la configurazione precedentemente esposta, sono:



Dall'analisi si ottiene una DPA di 11 m + 11 m. Tale DPA risulta contenuta all'interno dell'area dell'impianto per tutti i trasformatori presenti.

5 Ricettori 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.

Per quanto riguarda il cavidotto di interconnessione questo passaggio non è necessario in quanto l'elettrodotto è posato quasi interamente sulle pertinenze della viabilità pubblica o comunque su zone agricole in cui non è prevista la permanenza di persone.

Per quanto riguarda le opere elettriche interne all'impianto, invece, è opportuno verificare la compatibilità con i recettori vicini. Come indicato dalla planimetria sotto riportata, si individuano alcuni recettori di natura abitativa. Tutti questi distano a più di 15m dai vari cavidotti e non sono quindi interessati dai CEM prodotti.

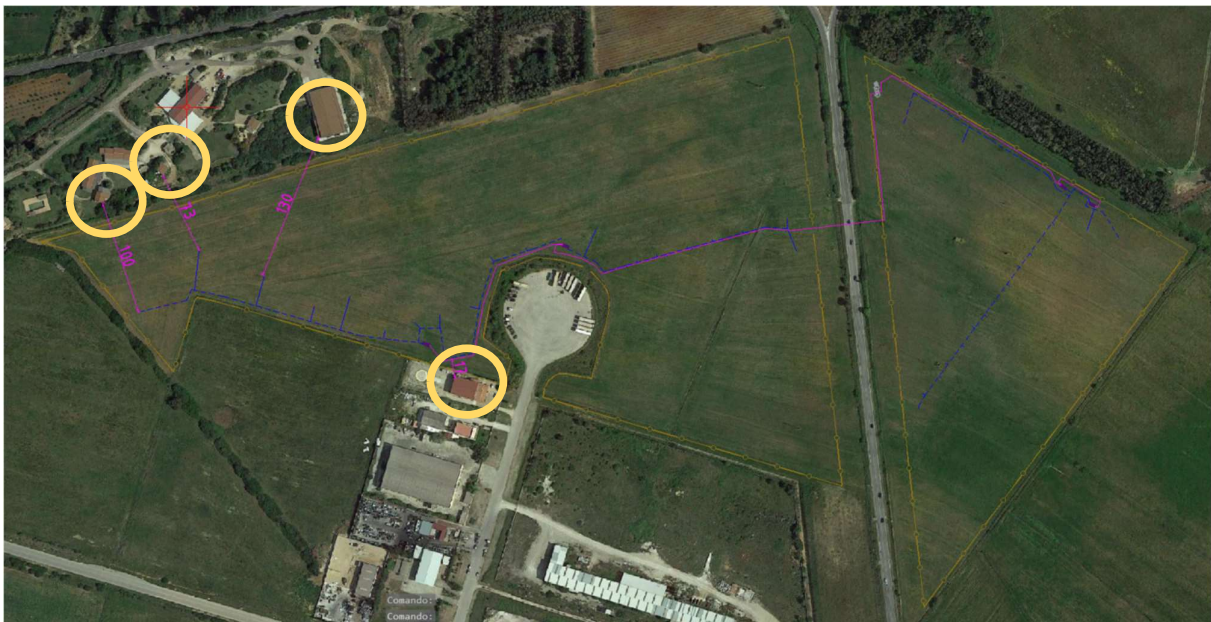


Figura 8 - Recettori più vicini all'impianto, delineati e numerati in giallo

In tutti i casi, e di conseguenza per ogni altro recettore più distante di quelli rappresentati, i recettori non vengono interessati da eventuali campi elettromagnetici generati dalle componenti di impianto (intesi come campi elettromagnetici sopra la soglia di qualità di $3 \mu T$), trovandosi al di fuori della DPA.

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.

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.

Anche per quanto riguarda il cavidotto a 36kV di collegamento dell'impianto FTV alla SE 380/132/36, vista l'ubicazione del suo tracciato, interamente su strada pubblica e al massimo su aree agricole su cui non è prevista la presenza di persone umane, si garantisce la compatibilità elettromagnetica.

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.