



Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare e relative opere connesse della potenza di 24,586 MWp


**Provincia di Piacenza
Comune di Cortemaggiore, Località Morlenzo**

RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI (DPA)

Firmato digitalmente da: BIZZARRI GIACOMO
Data: 29/10/2025 10:57:43





24/10/2025	02	Emissione Finale	L. Ferrari	L. Marabeti G. D'amico	F. Boni Castagnetti
28/10/2024	00	Emissione Finale	S. Pilato S. Bertani F. Bolognesi	L. Marabeti G. D'Amico	F. Boni Castagnetti
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale  Iren Green Generation Tech s.r.l.			ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02_- RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI (DPA)		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale Futuro Solare 1 S.r.L. 			ID Documento Appaltatore Cod055_FV_00010_BER_R01_- RELAZIONE SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI (DPA) 492204A		

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 2 / 37
		Numero Revisione
		00

Sommario

1	Introduzione	4
2	Richiamo alla normativa di settore	8
3	Valutazione dell'impatto elettromagnetico	11
3.1	Locali di trasformazione	12
3.2	Cabine di raccolta d'impianto	18
3.3	Linee MT interne al campo e di connessione dell'impianto fotovoltaico.....	19
3.3.1	Conclusione valutazione DPA linee elettriche MT.....	23
4	SSE.....	24
4.1	Premessa.....	24
4.2	Quadro normativo	26
4.3	Metodologia di calcolo.....	29
4.3.1	Correnti di calcolo.....	32
4.4	Risultati	33
4.5	Analisi dei recettori	36
4.6	Conclusioni	37

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 3 / 37
		Numero Revisione
		00

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 4 / 37
		Numero Revisione
		00

1 Introduzione

Questa relazione fa parte della documentazione del progetto definitivo dell'impianto fotovoltaico e delle opere connesse, siti nel Comune di Cortemaggiore (PC) in località Morlenzo, nella titolarità di IREN GREEN GENERATION TECH s.r.l.

L'impianto viene sottoposto al Provvedimento Autorizzativo Unico Regionale ai sensi dell'art. 27-bis del D. Lgs. 152/06 e s.m.i., nonché ad Autorizzazione Unica ai sensi dell'art. 12 del D. Lgs. 387/2003 e s.m.i.

Si prevede di realizzare il parco fotovoltaico alloggiando i moduli su apposite strutture di sostegno che andranno a loro volta infisse nel terreno, in modo da fornire un adeguato supporto sia a fronte dei carichi propri che accidentali, mantenendo al contempo inalterate le caratteristiche di permeabilità dell'area. L'impianto occuperà una parte della vasta area situata a nord-ovest del centro abitato di Cortemaggiore, in prossimità del sedime della esistente Autostrada A21-Diramazione Fiorenzuola D'Arda.

Si ritiene che l'impianto fotovoltaico di progetto sia ubicato in area idonea per l'installazione di impianti alimentati a fonti rinnovabili ai sensi dell'art. 20, comma 8, lettera c-ter) del D.Lgs. n.199/2021 e s.m.i.. In particolare, l'impianto ricade nella seguente casistica:


C-ter) esclusivamente per gli impianti fotovoltaici, anche con moduli a terra, in assenza di vincoli ai sensi della parte seconda del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42.:

3) le aree adiacenti alla rete autostradale entro una distanza non superiore a 300 metri.

Per completezza di documentazione gli atti sopra richiamati si rimanda alla documentazione di progetto CoD055_FV_00017_BPR_Analisi Della Coerenza Normativa, Pianificatoria E Urbanistica.

Il collegamento alla rete elettrica nazionale avverrà in AT tramite connessione alla vicina Cabina Primaria CORTEMAGGIORE, tramite realizzazione di un nuovo stallo all'interno della stessa.

Al fine di ottemperare alle specifiche richieste dal Distributore, l'impianto fotovoltaico sarà dotato di una Sottostazione di elevazione MT/AT, la quale rimarrà nella disponibilità del Produttore e che sarà localizzata in prossimità della stessa Cabina Primaria.

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 5 / 37
		Numero Revisione
		00

L'impianto fotovoltaico sarà dotato di n.2 cabine di raccolta, localizzate all'interno dell'area di impianto, dalle quali sono previsti cavidotti MT interamente interrati per il collegamento alla sottostazione di elevazione SSE in progetto; qui l'energia prodotta sarà elevata da MT ad AT e confluirà all'interno della Cabina Primaria CORTEMAGGIORE tramite un cavo AT interrato.

Si prevede di installare 36.696 moduli bifacciali con potenza nominale pari 670 W, per una potenza complessiva installata pari a 24.586,32 kW.

I moduli verranno posti in opera in modo da potersi muovere rispetto un unico asse di rotazione che li espone da est a ovest alla radiazione solare lungo l'arco dell'intera giornata, massimizzando la captazione energetica.

Tale configurazione consente di ottenere un'elevata produzione di energia elettrica dagli impianti fotovoltaici.

Per l'alloggiamento dei moduli fotovoltaici si prevede l'utilizzo di strutture ad inseguimento, c.d. "tracker" ai fine di ottimizzare l'irraggiamento presente in sito; una ulteriore ottimizzazione dell'area disponibile si ha tramite l'utilizzo di strutture di differenti taglie: da 12 o 24 moduli.

L'area interessata dal sedime del parco fotovoltaico sarà pari a circa 33,75 ettari.

La presente relazione, dopo aver richiamato la normativa di settore, sviluppa la relativa analisi di riferimento, verificando quindi il rispetto dei valori limite di normativa vigente (vedasi l'allegato al *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"*) in tutte le diverse parti degli impianti fotovoltaici, mettendo altresì in evidenza tutti gli accorgimenti progettuali, le caratteristiche costruttive delle varie opere e le mitigazioni adottate per ottenere il rispetto dei suddetti limiti.

Dall'analisi del sito è emerso che i recettori sensibili più prossimi all'area di sedime degli impianti, caratterizzati cioè da permanenza umana prolungata superiore alle quattro ore, si trovano ad una distanza di circa ventisei metri dalla cabina di trasformazione più vicina, per cui è dimostrato il pieno rispetto sia dei valori di attenzione, sia dell'obiettivo di qualità, determinati secondo la normativa vigente.

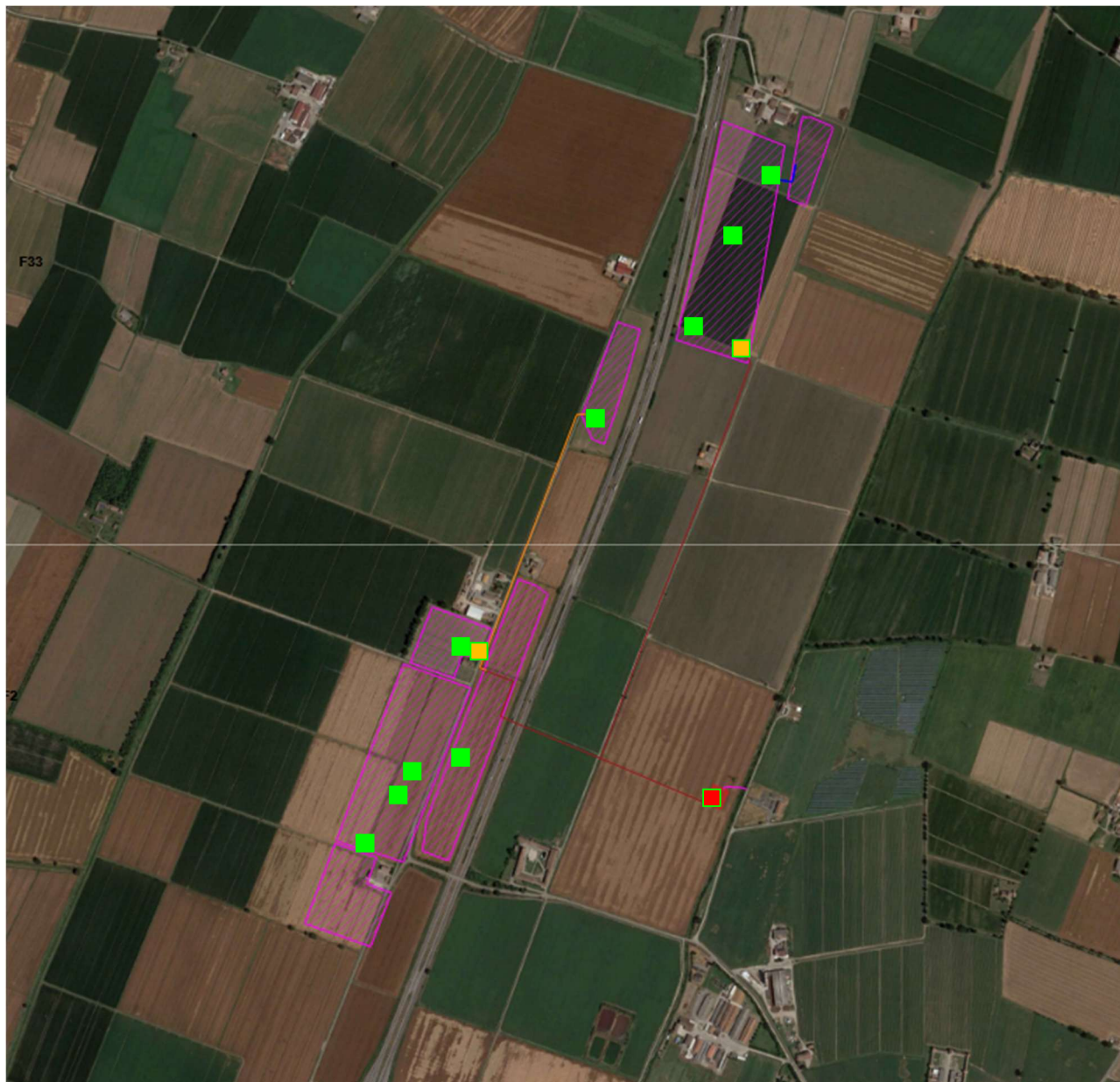


Figura 1: foto aerea dell'area di intervento – individuazione cabine di trasformazione (in verde), cabine di raccolta (in arancione) e SSE (in rosso)

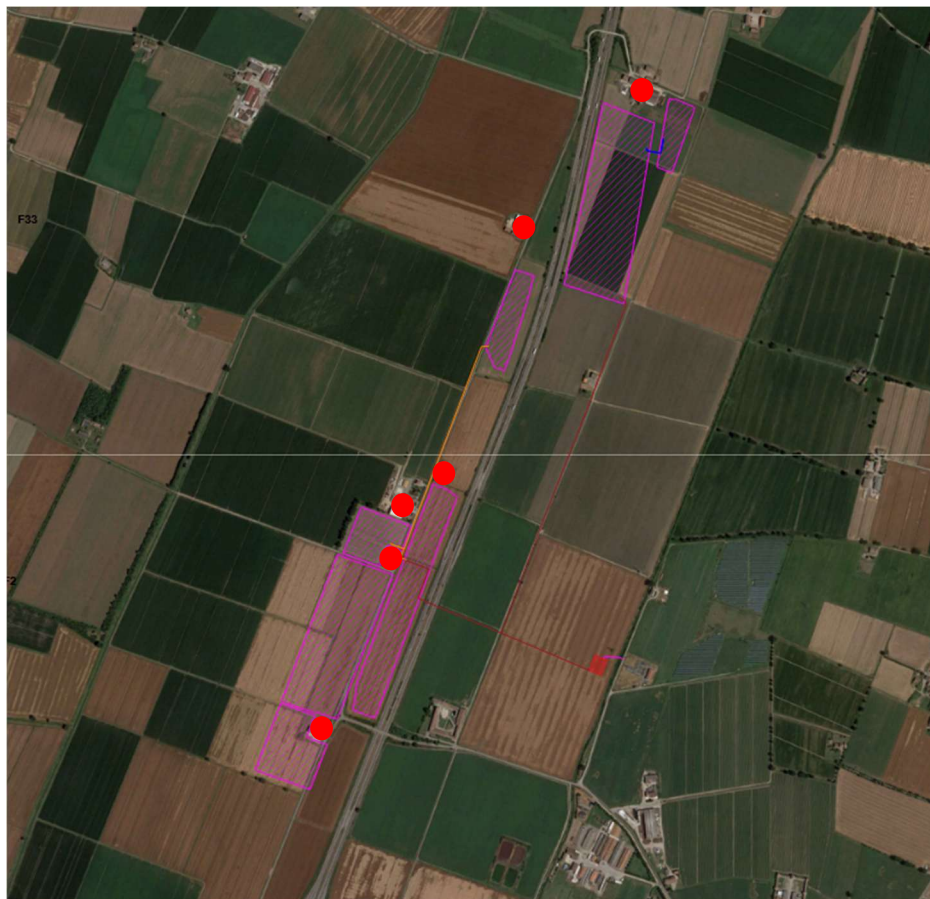



Figura 2: foto aerea dell'area di intervento – individuazione ricettori prossimi all'impianto

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 8 / 37
		Numero Revisione
		00

2 Richiamo alla normativa di settore

A livello nazionale, il quadro normativo di riferimento principale, nel caso oggetto della presente analisi, fa riferimento alla Legge n° 55 del 22 Febbraio 2001: "*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici e elettromagnetici*" e al Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003, attuativo della precedente Legge Quadro.

Infine, il DM 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" (SO n. 160 alla GU n. 156 del 5 luglio 2008) stabilisce metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per elettrodotti (*i.e.* le linee elettriche sia aeree che interrate, cabine elettriche e le stazioni primarie, *etc.*).

Il primo riferimento normativo in materia di esposizione a campi elettromagnetici generati da linee elettriche è, come detto, la "*Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici e elettromagnetici*" n° 36 del 22 Febbraio 2001, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n° 55 del 07/03/2001.

In questo riferimento si stabilisce che la definizione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione, degli obiettivi di qualità da perseguire per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici debba spettare espressamente allo Stato che, come tale, stabilisce nella stessa Legge Quadro di determinare i "parametri per la previsione di fasce di rispetto per gli elettrodotti;". All'interno di queste fasce (*ref:* vedasi art. 4, comma 1, lettera h) "non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore".

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 Luglio 2003 rende successivamente attuativa la precedente Legge Quadro. In questo riferimento di legge viene anche specificato che i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità fissati dallo stesso DPCM non vengono applicati ai lavoratori esposti per ragioni professionali ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

Sono quindi stabiliti i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per i valori di induzione magnetica B e per il campo elettrico E, da applicarsi alla popolazione in coerenza con la seguente tabella:

Frequenza Industriale 50 Hz	Induzione magnetica B [μ T]	Campo elettrico E [kV/m]
Limite di esposizione (da non superarsi in nessun caso)	100	5
Valore di attenzione	10	-
Obiettivo di qualità	3	-

Tab. 1: valori di attenzione e obiettivi di qualità per valori di induzione magnetica B e campo elettrico E per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.


Nella determinazione dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità si deve far riferimento al valor mediano dei suddetti, calcolato nelle normali condizioni di esercizio sulle ventiquattro ore del giorno tipo.

Il valore di attenzione è il valore di campo elettrico e di induzione magnetica che non deve essere superato in tutti gli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze umane non inferiori a quattro ore, come misura di cautela per la popolazione ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine.

L'obiettivo di qualità rappresenta invece il massimo valore di campo elettrico e di induzione magnetica da perseguire nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz.

Nella sezione di cui all'articolo 6 "Parametri per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti", del DPCM 08/07/2003, viene inoltre precisato che nella modalità di determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità fissato all'art. 4 (*i.e.* 3 μ T definiti in Tab. 1) ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, definita dalla norma CEI 11-60.

Al comma 2 dello stesso articolo 6, si precisa inoltre che la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è competenza del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare sentite APAT e le Arpa.

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 10 / 37
		Numero Revisione
		00


Il Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 29 maggio 2008, stabilisce la procedura da utilizzare nel calcolo delle fasce di rispetto per linee elettriche aeree e interrate, esistenti e di progetto.

La fascia di rispetto è definita come lo spazio circostante un elettrodotto (al di sopra e al di sotto) del livello del suolo, costituito da tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di valore superiore all'obiettivo di qualità per l'induzione magnetica di 3 μ T, stabilito dal già citato DPCM 08/07/2003.

La corrente massima di esercizio in servizio normale dell'elettrodotto (ai sensi della norma CEI11-60) è il parametro da utilizzare nella determinazione della suddetta fascia.

Altro parametro fondamentale, direttamente legato alla fascia di rispetto di una linea elettrica è la distanza di prima approssimazione (Dpa): definita come *"la 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 della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto"*.

Per le linee la DPA è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea. Per le cabine elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti (tetto e pavimento compresi).

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 11 / 37
		Numero Revisione
		00

3 Valutazione dell'impatto elettromagnetico


In un impianto fotovoltaico i locali di trasformazione contengono i principali componenti (quadri, trasformatori, ecc.) e sono ubicati all'interno della recinzione dell'impianto.

La norma CEI EN 50499 "Procedure per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori ai campi elettromagnetici", riporta due tabelle: nella prima sono riportate le attrezzature e le attività le cui emissioni elettromagnetiche rispettano i limiti di esposizione e la seconda dove sono riportati gli impianti e le attività che richiedono approfondimenti in relazione ai rischi dovuti ai campi elettromagnetici. Le correnti monofase in bassa tensione caratterizzanti l'impiantistica elettrica dislocata nell'area dell'impianto (e.g. quadristica elettrica di campo, relativi cablaggi alle stringhe, etc), sono tali da non risultare significative in termini di emissioni elettromagnetiche. La normativa attuale, infatti, risulta non applicabile alle sezioni a corrente continua tra moduli ed inverter, alle linee in cavo MT costituite da cavi interrati con disposizione di tipo elicoidale, alle apparecchiature di servizio degli impianti FV in quanto tutte marchiate CE e quindi rispondenti alla Direttiva Europea "EMC Directive 2004/108/EC".

L'area di sedime dei moduli non rappresenta pertanto un elemento di attenzione ai fini della valutazione dell'impatto elettromagnetico. Questo è altrettanto confermato alla luce del fatto che per la natura delle funzioni che sono svolte all'interno di essa, la stessa area non è caratterizzata da presenze di persone se non assolutamente sporadiche. Le stesse attività di manutenzione e sorveglianza sull'impianto e sulle sue componenti, peraltro usualmente programmate secondo un preciso calendario, prevedono la permanenza di addetti soltanto per intervalli temporali assai limitati. La letteratura è ricca di riferimenti che mostrano come dagli esiti di misure effettuate in prossimità di impianti caratterizzati da potenza tra 3,0 e 50,0 kWp, i valori di campo elettrico risultano inferiori a 0,05 kV/m, così come quelli di campo magnetico inferiori a 0.30-0,50 μ T, già ad una distanza di circa 2 m dai componenti dei sottocampi fotovoltaici.

Con riferimento all'impianto oggetto della presente analisi, si può affermare che le potenziali criticità rispetto l'impatto elettromagnetico possono essere individuate nei seguenti componenti:

1. Cabine trasformazione, sedi di trasformatori e quadristica;
2. Linee MT esterne al campo per la connessione delle cabine di trasformazione con la cabina di raccolta;

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 12 / 37
		Numero Revisione
		00

3. Linee MT di connessione dell'impianto fotovoltaico alla SSE.
4. SSE

3.1 Locali di trasformazione

Al fine di determinare gli impatti in termini di campo elettromagnetico generati dalla componentistica di trasformazione sono qui richiamati tre riferimenti di letteratura, particolarmente esaustivi in materia:

- [1] 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;
- [2] Daniele Sepulcri, ARPAV – Dipartimento Provinciale di Venezia, Attività e ruolo delle Arpa - autorizzazioni e controllo. [Ref <http://www.aviel.it/public/4%20-%20Sepulcri.pdf>];
- [3] Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. Decreto 29 maggio 2008 (Supplemento ordinario n.160 alla Gazzetta ufficiale 5 luglio 2008 n. 156).


Per la valutazione dell'incidenza di tale componentistica elettrica in termini di impatto elettromagnetico, vengono qui richiamate le procedure di calcolo utilizzate dal gestore E-Distribuzione SpA, illustrate nella "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", di cui al D.M. 29 maggio 2008, volte alla determinazione della fascia di rispetto.

La metodologia di calcolo delle fasce di rispetto seguita da E-Distribuzione è valida per cabine di tipo box (con dimensioni tipiche di 4 m x 2.4 m, altezze di 2.4 m e 2.7 m ed unico trasformatore) o similari, realizzate secondo gli standard di riferimento nazionali.

Con il suddetto procedimento è determinata la cosiddetta distanza di prima approssimazione (DPA) da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina.

Il calcolo di tale distanza procede mediante una simulazione di una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I), con distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo (x) (§ 5.2.1), in coerenza con la seguente relazione:

$$\frac{Dpa}{\sqrt{I}} = 0,40942 x^{0,5241}$$

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 13 / 37
		Numero Revisione
		00

dove:

Dpa = Distanza di prima approssimazione [m];

I = corrente nominale BT in ingresso/uscita dal trasformatore [A];

x = distanza tra le fasi pari al diametro reale (conduttore + isolante) del cavo [m]

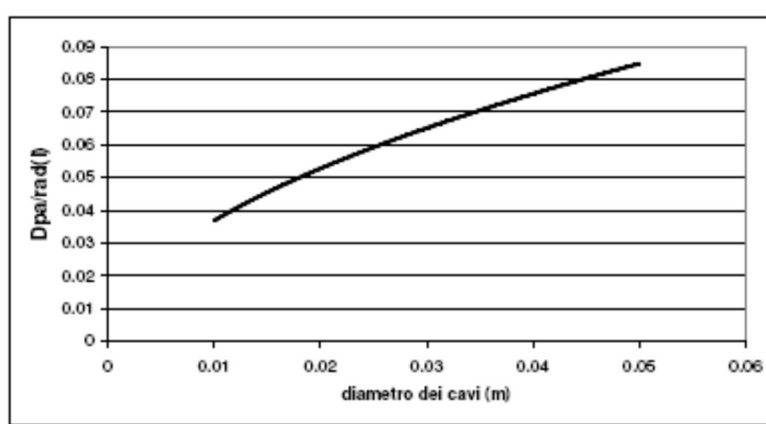


Fig. 3: rappresentazione dell'andamento del rapporto tra Dpa e radice della corrente nominale al variare del diametro dei cavi (ref: 5.2.1 del D.M. 29 maggio 2008)

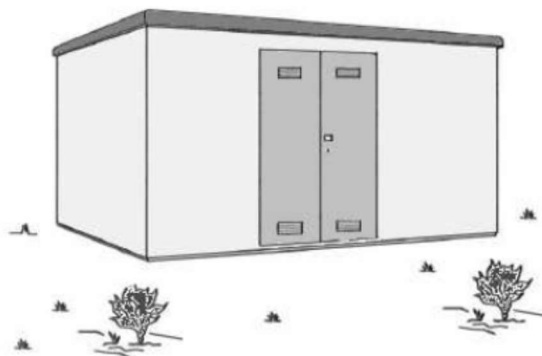
Nella tabella riportata di seguito sono indicati alcuni valori delle distanze di prima approssimazione per fasce a 3 μ T calcolate in alcuni casi reali (*cfr. Disposizioni integrative / interpretative dei Decreti 29 Maggio 2008, che sostituisce la tabella al § 5.2.1 del D.M. 29 maggio 2008*).

Per quanto riguarda i valori del campo elettrico, si segnala che gli schermi metallici dei cavi e gli involucri metallici delle apparecchiature sono collegati francamente a terra, assumendo potenziale uguale a zero. Pertanto, il valore che assume il campo elettrico non necessita di alcuna valutazione, confermando che il campo elettrico si attesta a valori congrui a quelli fissati nell'art. 3 del D.P.C.M. 08/07/03.

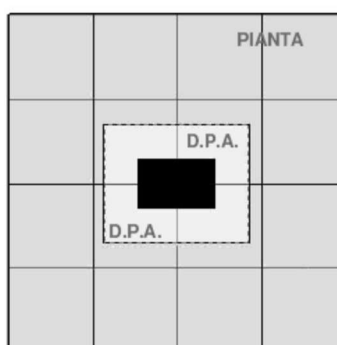
Diametro dei cavi (m)	Tipologia trasformatore (kVA)	CORRENTE (A)	Dpa (m)
0,010	250 kVA	361	1
	400 kVA	578	1
	630 kVA	909	1,5
0,012	250 kVA	361	1
	400 kVA	578	1
	630 kVA	909	1,5
0,014	250 kVA	361	1
	400 kVA	578	1,5
	630 kVA	909	1,5
0,018	250 kVA	361	1
	400 kVA	578	1,5
	630 kVA	909	2
0,022	250 kVA	361	1,5
	400 kVA	578	1,5
	630 kVA	909	2
0,027	250 kVA	361	1,5
	400 kVA	578	1,5
	630 kVA	909	2
0,035	250 kVA	361	1,5
	400 kVA	578	2
	630 kVA	909	2,5

Tabella 2: DPA per fasce a 3 μ T calcolate in alcuni casi reali

**B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO –
TENSIONE 15 KV O 20 KV**



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.




$< 3 \mu T$

$> 3 \mu T$

DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c

Fig. 4: rappresentazione della fascia di rispetto e della Dpa per cabine BT-MT [ENEL Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08]

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 16 / 37
		Numero Revisione
		00

Le n.9 cabine di trasformazione impiegano ciascuno n.1 trasformatore di taglia variabile in base al numero di inverter sottesi. Questi sono pari a 3.300 kVA, nel caso di 7 cabine, n.1 trasformatore di taglia 4.000 kVA, nel caso della cabina di trasformazione numero 4 e n.1 trasformatore di taglia 1.600 kVA, nel caso della cabina di trasformazione numero 9.

La connessione delle cabine di trasformazione con le cabine di raccolta avviene in modalità entra-esci oppure diretta. Nel particolare, queste saranno raggruppate secondo il seguente schema: i trasformatori 6,7,8 saranno collegati tra di loro in modalità entra-esci e poi alla cabina di raccolta a sud. Gli altri trasformatori avranno invece un collegamento diretto alla cabina di raccolta. I cavi di collegamento in MT (30 kV) trasformatori - cabina di raccolta comporta una scelta dei cavi differenziata:

3x(1x50) mm² per i collegamenti: trafo1-cabina di raccolta 1 (a nord), trafo2-cabina di raccolta 1, trafo3-cabina di raccolta 1; trafo4-cabina di raccolta 2 (a sud), trafo5-cabina di raccolta 2, trafo9-cabina di raccolta 2

3x(1x50) mm² per i collegamenti: trafo8 - trafo7

3x(1x70) mm² per i collegamenti: (trafo8+trafo7) - trafo6

3x(1x185) mm² per il collegamento: (trafo8+ trafo7+ trafo6)-cabina di raccolta 2 (a sud).

I cavi in bassa tensione (800 V) che collegano gli inverter ai trasformatori hanno una sezione pari a 240 mm² oppure 400 mm², in base alla lunghezza specifica del cavo di collegamento.

Per il calcolo delle DPA si è preso in considerazione il valore conservativo del diametro esterno dei cavi di sezione 400 mm², di circa 35 mm (0,035 m).


Per il valore delle correnti, parametro da utilizzare nella formula di calcolo delle DPA, è stata presa in considerazione la corrente nominale dei trasformatori di potenza 4.000 kVA, 3.300 kVA e 1.600 kVA. Il valore utilizzato è cautelativo, anziché prendere a riferimento la somma delle correnti generate dagli inverter connessi al trasformatore.

In particolare, per il trasformatore da 4.000 kVA, il calcolo della corrente tende a:

$$I_n = 4.000 \times 10^3 / (\sqrt{3} \times 800) = 2.887 \text{ A}$$

Per i trasformatori da 3.300 kVA, il calcolo della corrente tende a:

$$I_n = 3.300 \times 10^3 / (\sqrt{3} \times 800) = 2.382 \text{ A}$$

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 17 / 37
		Numero Revisione
		00

Per il trasformatore da 4.000 kVA, il calcolo della corrente tende a:

$$I_n = 1.600 \times 10^3 / (\sqrt{3} \times 800) = 1.155 \text{ A}$$


Applicando la formula di calcolo della DPA sopra richiamata, nella situazione più sfavorevole, ovvero quella riguardante la cabina di trasformazione 4 (potenza trafo 4.000 kVA), avremo una DPA di 4 metri.

La DPA risultante dal calcolo delle cabine di trasformazione 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8 (potenza trafo 3.300 kVA) è di circa 3,5 metri.

La DPA risultante dal calcolo della cabina di raccolta 9 (potenza trafo 1.600 kVA) invece è di circa 2,5 metri.

Il primo edificio a permanenza umana prolungata si trova ad una distanza di oltre ventisei metri dal locale di trasformazione più vicino, che non andrà pertanto a generare impatti sensibili sui ricettori vicini caratterizzati da permanenze superiori a quattro ore.

L'indicazione tecnica dei cavi e delle potenze qui riportate non esclude la possibilità di utilizzare altre tipologie di cavo o dispositivi elettrici di trasformazione dell'energia, qualora quelle indicate non fossero disponibili su mercato, per la fase esecutiva e/o costruttiva. In tal caso, sono da prevedere eventuali aggiornamenti al calcolo delle DPA, che potrebbe subire delle variazioni.

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 18 / 37
		Numero Revisione
		00

3.2 Cabine di raccolta d'impianto


All'interno del campo fotovoltaico sono previste due cabine di raccolta generale, collettrici dei cavi provenienti dai diversi trasformatori distribuiti all'interno del campo. All'interno di ciascuna cabina è allocato un trasformatore per servizi ausiliari di potenza di circa 100 kVA.

Il valore di corrente utilizzato per il calcolo della DPA prende in considerazione il valore nominale:

$$I_n = 100 \times 10^3 / (\sqrt{3} \times 400) = 144 \text{ A}$$

Il calcolo della DPA da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali) della cabina, in questo caso, ha portato ad un risultato di circa 1 metro.

Il primo edificio a permanenza umana prolungata si trova ad una distanza di oltre ventitré metri dalla cabina di raccolta più vicina, che non andrà pertanto a generare impatti sensibili sui ricettori vicini caratterizzati da permanenze superiori a quattro ore.

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 19 / 37
		Numero Revisione
		00

3.3 Linee MT interne al campo e di connessione dell'impianto fotovoltaico

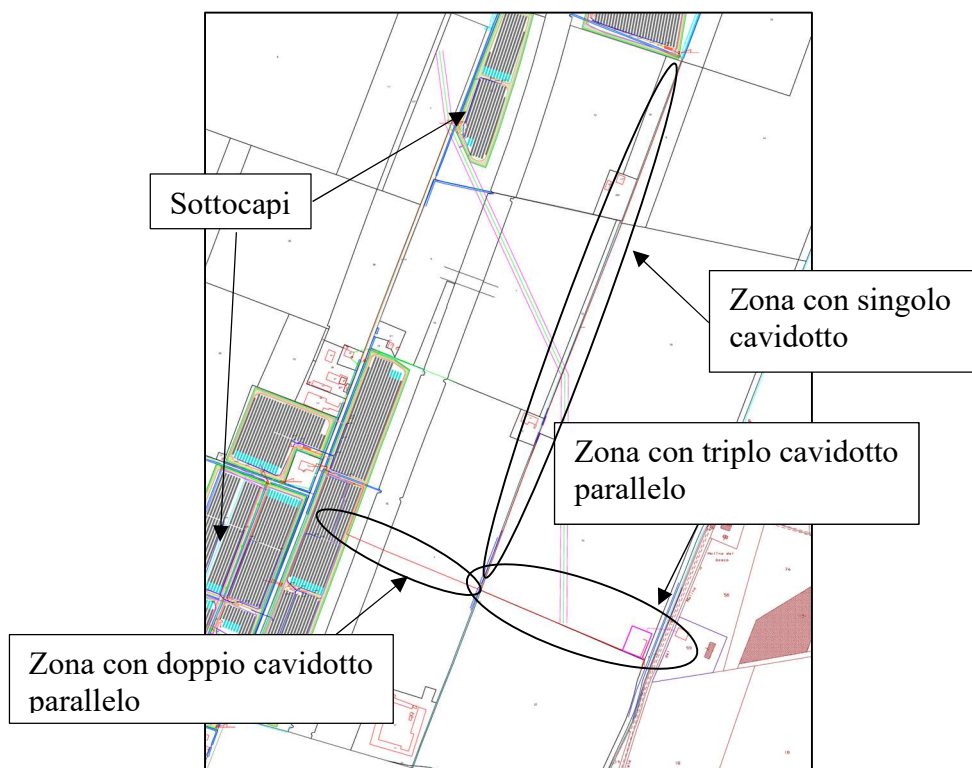
Come si evince dalle tavole allegate l'elettrodotto interrato si sviluppa principalmente in aree rurali, in aree non densamente popolate. L'installazione del cavidotto è stata progettata per garantire l'assenza di influenze di natura elettromagnetica. La valutazione è effettuata nei riguardi dell'elettrodotto interrato presente a progetto, eventuali linee elettriche interrate o aeree già esistenti. Per quanto riguarda i campi elettrici prodotti dagli elettrodotti interrati, essi sono trascurabili grazie all'effetto schermante del terreno stesso.

Per quanto riguarda la generazione di campi magnetici, si trova che la disposizione a trifoglio dei cavi unipolari consente di avere valori di induzione assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i conduttori. Infatti i campi magnetici, interagendo tra loro, si attenuano a vicenda. Inoltre si deve osservare che i cavi cordati ad elica di media tensione sono costituiti da cavi unipolari avvolti reciprocamente a spirale, quindi la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3 μ T, anche nelle condizioni di "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza dall'asse del cavo stesso, come indicato dalla norma CEI 106-11.

Nel caso dello scavo profondo 1,2 metri contenente una singola terna proveniente dalla cabina di smistamento Uno, il valore dell'induzione magnetica risulta già inferiore a 3 μ T all'interno dello stesso scavo.

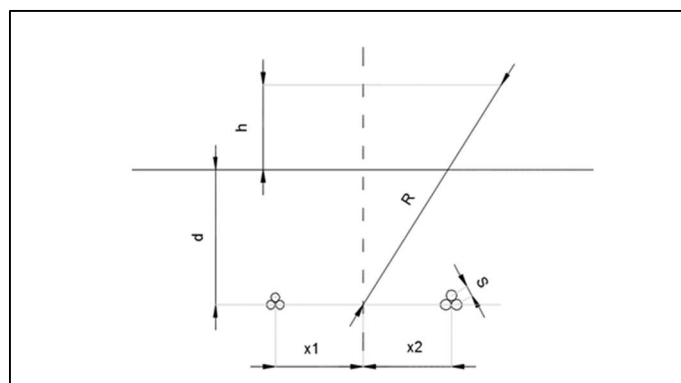
Invece nel caso di presenza di due o più elettrodotti posati affiancati, il campo magnetico risultante sarà determinato dalla combinazione vettoriale dei campi generati da ciascun sistema di conduttori. Tale combinazione può risultare parzialmente o totalmente costruttiva, a seconda della distanza reciproca tra i due cavidotti e della configurazione delle correnti circolanti. A maggiore prossimità tra i cavidotti, l'interazione tra i rispettivi campi magnetici tende a essere maggiormente costruttiva, comportando un incremento dell'induzione magnetica complessiva nei punti di misura esterni al tracciato.


Questa è la situazione che verrà in seguito valutata.



Come si evince dall'immagine, lungo il tracciato sono presenti due tratti in cui si riscontra la posa in parallelo di doppia o tripla terna di cavi. Tale configurazione è conseguenza della presenza di due distinte cabine di smistamento: dalla prima cabina si dirama una singola terna, mentre dalla seconda si dipartono due terne.

Per valutare l'interazione tra le due o più terne di cavidotti da posare nella medesima sezione di scavo, è stato adottato un modello matematico conforme alle indicazioni riportate nella norma CEI 211-4, paragrafo 4.2.2.3. Tale modello consente di stimare il campo magnetico complessivo tenendo conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma vettoriale dei contributi generati dalle correnti che percorrono i singoli conduttori.



	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 21 / 37
		Numero Revisione
		00

Assumendo come riferimento l'asse centrale del sistema, così come rappresentato nella figura allegata, il campo magnetico risultante prodotto dalle due terne affiancate è descritto dalla seguente espressione:

$$B_{max} = \sum_i \frac{0,245 * I_i * S_i}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

Dove:

- B è l'induzione magnetica calcolata in μT ;
- Si è la distanza tra i conduttori, nel nostro caso 4,7 cm;
- Ii è la corrente che attraversa il conduttore, espressa in Ampere.
- x-xi è la distanza orizzontale tra il baricentro della linea e il baricentro del conduttore considerato, espressa in metri.
- y-yi è la distanza verticale tra il baricentro della linea e la superficie del terreno (profondità di posa), espressa in metri.

Nel caso di **doppia terna** abbiamo i seguenti dati da progetto:

- Ii : la corrente che attraversa i due conduttori essendo posati in parallelo è la medesima pari a 160 A
- x-xi per entrambe le terne pari a 30cm.
- y-yi in questo caso imposta a 1,2 m.

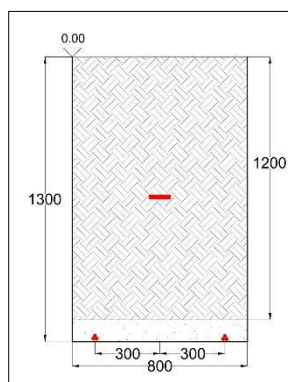



Figura 3: : Sezione di posa nel caso di doppia terna

il campo magnetico risultante è pari a **2.55 μT** al livello del suolo.

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 22 / 37
		Numero Revisione
		00

Nel caso di **tripla terna** abbiamo i seguenti dati da progetto:

- I_i : la corrente che attraversa i due conduttori posati in parallelo è la sempre 160A per la terza terna invece è 168 A.
- x-xi per le terne esterne 30cm, per la terna posata al centro dello scavo ovviamente 0cm.
- y-yi in questo caso imposta a 1,4 m.

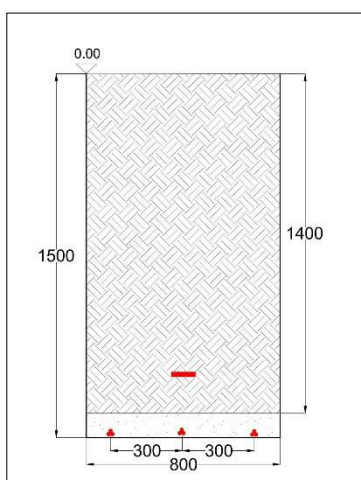



Figura 4: Sezione di posa nel caso di tripla terna

Il campo magnetico risultante in questo caso è pari a **2.86 μT** al livello del suolo.


	ID Documento Committente	Pagina 23 / 37
	Cod055_FV_00010_BER_R02	Numero Revisione
		00

3.3.1 Conclusione valutazione DPA linee elettriche MT

In entrambi i casi si è dimostrato che, anche considerando lo scenario più pessimistico, ovvero che le linee operino a massima potenza, verrebbe generato un campo magnetico complessivo al livello del suolo pari a circa inferiore alla soglia di attenzione stabilita dalle normative vigenti pari a 3 μ T.

Pertanto si assume e si prescrive come profondità minima di posa 1,2/1,4 m.

Considerando un adeguato margine di sicurezza, lo spazio tecnico necessario per l'allettamento del cavo e il corretto posizionamento del corrugato, la profondità effettiva dello scavo risulterà maggiorata di circa 10 cm. Ne consegue che la profondità complessiva dello scavo sarà pari a circa 1,30 m in corrispondenza della posa di una doppia terna e pari a circa 1,50 m nei tratti in cui è prevista la posa di una tripla terna.

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 24 / 37
		Numero Revisione
		00

4 SSE

4.1 Premessa

Oggetto del presente capitolo è il calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da una stazione elettrica 132 kV denominata SSE “Morlenzo”, destinata a ricevere l’energia prodotta da un impianto alimentato da FER e del collegamento in cavo AT interrato della sezione di 630 mm² di connessione alla sezione 132 kV della Cabina Primaria di Cortemaggiore.

La realizzazione della SSE e del collegamento in cavo AT da questo alla CP Cortemaggiore è prevista nel Comune di Cortemaggiore (PC), si rimanda, per maggiori dettagli, alla progettazione dell’impianto e alla documentazione allegata.

Si riporta nell’immagine sotto stante la foto aerea degli interventi in progetto.



	ID Documento Committente	Pagina 25 / 37
	Cod055_FV_00010_BER_R02	Numero Revisione
		00



Figura 5 – Ortofoto con indicazione delle aree oggetto di studio

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 26 / 37
		Numero Revisione
		00

4.2 Quadro normativo

La normativa che regola l'esposizione della popolazione a campi elettromagnetici risale ai primi anni '90. La prima legge emanata, ora abrogata, è il DPCM 23 Aprile 1992 "Limiti massimi di esposizione ai campi elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale (50 Hz) negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno": tale normativa fissava la distanza da mantenersi dagli elettrodotti aerei e i valori massimi di esposizione per la popolazione. Con il crescente interesse da parte della popolazione per la tematica in oggetto, è stata avvertita la necessità di una regolamentazione più dettagliata dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici, cui ha fatto seguito l'emanazione di numerose leggi regionali e della legge quadro nazionale.

In particolare, la Legge Quadro No. 36 del 22 Febbraio 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" ha lo scopo di assicurare la tutela della salute dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell'esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici e di assicurare la tutela dell'ambiente e del paesaggio promuovendo l'innovazione tecnologica.


Con i successivi decreti attuativi, DPCM 8 Luglio 2003, sono stati fissati i livelli di esposizione, di attenzione e l'obiettivo di qualità da rispettarsi al fine della tutela della salute della popolazione.

Nella Tabella 1 si riportano i valori fissati come limite di esposizione, valore di attenzione e obiettivo di qualità per campi elettrici e magnetici prodotti alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti.

	Campo magnetico (μT)	Campo elettrico (V/m)	NOTE
Limite di esposizione	100	5000	-
Valore di attenzione	10	-	Da verificarsi in luoghi adibiti a permanenza non inferiore alle 4 ore
Obiettivo di qualità	3	-	

Tabella 1 - Valori come da normativa in vigore

Con il DM del 29 Maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" viene approvata la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, in relazione a quanto previsto dal DPCM 8 Luglio 2003: uno degli scopi è la regolamentazione delle nuove installazioni e/o nuovi insediamenti

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 27 / 37
		Numero Revisione
		00

presso elettrodotti o edifici esistenti. A tal fine occorre approntare i corretti strumenti di pianificazione territoriale come la previsione di fasce di rispetto, calcolate sulla base di parametri certi e stabili nel lungo periodo. Le fasce di rispetto sono infatti definite come “lo 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: all’interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale scolastico sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore giorno”. Tali fasce di rispetto sono variabili in funzione ai dati caratteristici di ogni tratta o campata considerata in relazione ai dati caratteristici della stessa. Al fine di facilitare la gestione territoriale è stato introdotto il concetto di **Distanza di Prima Approssimazione (Dpa)** quale: *“la 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”*.

La metodologia definita si applica alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti o in progetto, con esclusione delle linee a media tensione in cavo cordato ad elica, siano esse interrate o aeree, in quanto in questi casi le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal Decreto Interministeriale 21 Marzo 1988, No. 449 e del DMLLP del 16 Gennaio 1991. Nella normativa viene specificato inoltre che, per le stazioni primarie, la Dpa - e quindi la fascia di rispetto - solitamente rientrano nei confini dell’area di pertinenza dell’impianto stesso. Comunque, nel caso l’autorità competente lo ritenga necessario, dovranno essere calcolate le fasce di rispetto relativamente agli elementi perimetrali (es. portali, sbarre, ecc.)

Al fine di stimare il campo elettrico e magnetico prodotto dagli elementi di rete e determinare le Dpa da applicarle, sono state prese in considerazione le “Linee Guida per l’applicazione del punto 5.1.3 dell’allegato al DM 29/05/2008” elaborate da Enel ad uso pubblico, *“al fine di semplificare ed uniformare l’approccio al calcolo della Distanza di Prima Approssimazione (procedimento semplificato per il calcolo della fascia di rispetto) dei propri impianti, fruibile sia da parte di privati in sede di realizzazione di nuovi insediamenti, che da parte degli organi di controllo in sede di verifica”*.

Si riporta qui di seguito un estratto dell'Allegato A "DPA linee AT e cabine primarie", preso come riferimento per la rappresentazione delle DPA del cavo AT di collegamento tra SSE e Cabina Primaria.

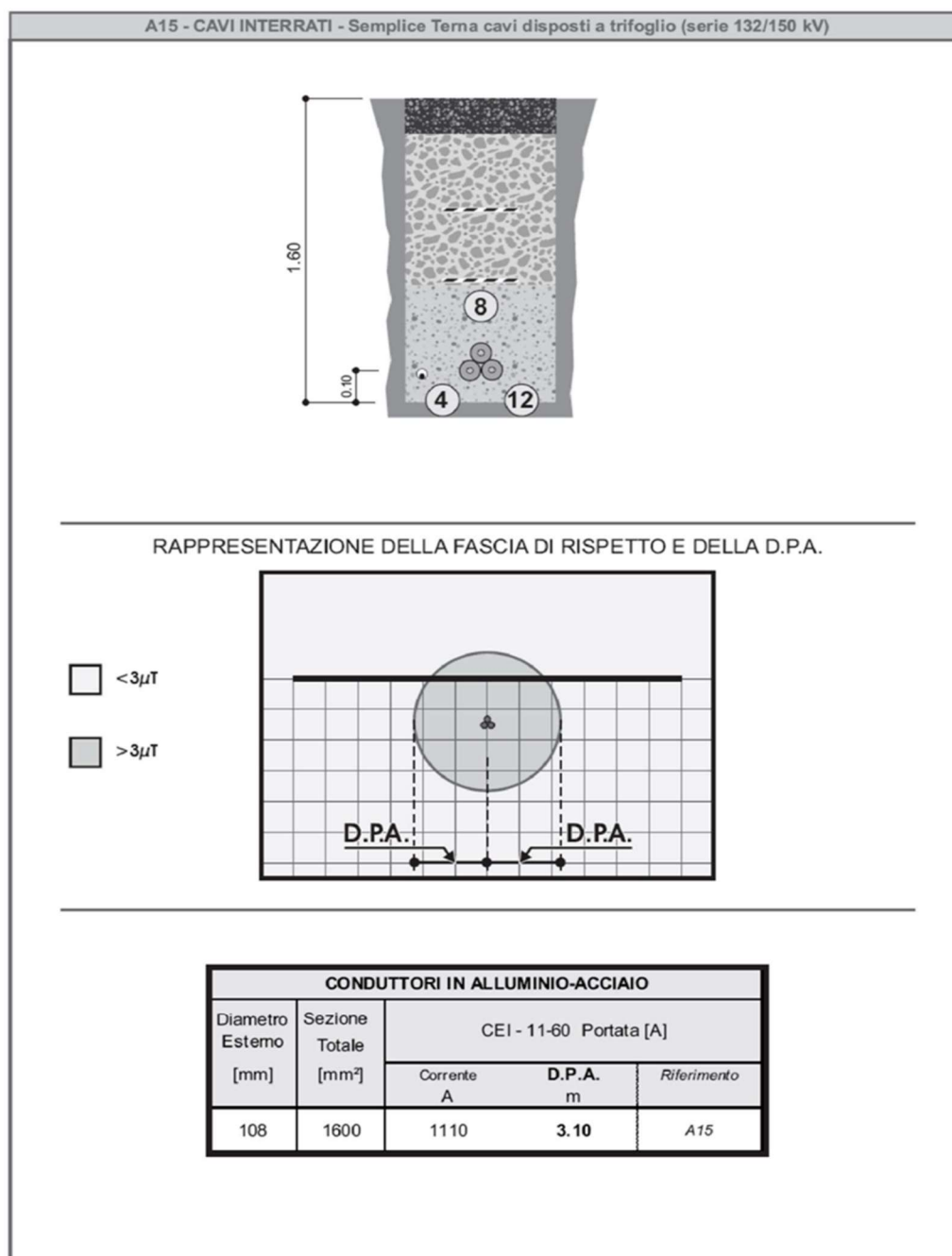



Figura 6: DPA per linea AT interrata, estratto Linee Guida E-Distribuzione

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 29 / 37
		Numero Revisione
		00

4.3 Metodologia di calcolo


La rete elettrica nazionale, di cui la Sotto Stazione Elettrica di utenza denominata “Morlenzo” fa parte, è esercita alla frequenza di 50 Hz. A questa frequenza, i campi elettrici e magnetici generati dalla corrente elettrica sono due fenomeni distinti, il primo proporzionale alla tensione degli elementi presenti, mentre il secondo proporzionale all’intensità della corrente che vi circola.

Non si procede con il calcolo dei livelli di campo elettrico dato che, per le tensioni in gioco, le sopra citate linee guida specificano, **a valle di misure e valutazioni effettuate sulle linee elettriche facenti parte della rete di Enel, che “il campo elettrico al suolo in prossimità di elettrodotti a tensione uguale o inferiore a 150 kV non supera mai il limite di esposizione per la popolazione pari a 5 kV/m”. Inoltre, il limite di esposizione del campo elettrico risulta sempre rispettato esternamente alla recinzione della stazione.**

Al fine di stimare il campo magnetico prodotto al di fuori dell’area in analisi della SSE “Morlenzo” oggetto e determinare le Dpa da applicarle, si è proceduto con il calcolo teorico utilizzando le indicazioni fornite dal DM 29/05/2008.

All’interno della stazione di utenza sono state considerati solo gli elementi principali quali stalli e sbarre AT.

Il calcolo del campo magnetico è stato effettuato utilizzando il software “Magic” di BESHielding di cui riportiamo in allegato il documento di validazione. Il software permette di calcolare i campi magnetici generati da sorgenti di tipo elettrico, quali trasformatori, sistemi di linee elettriche, cabine MT/BT, buche giunti, blindosbarre e impianti elettrici. Il software permette la determinazione delle fasce di rispetto per linee elettriche e cabine MT/BT, secondo quanto previsto dalla Legge Quadro n. 36/2001 (esposizione ai campi magnetici della popolazione) e dal D.Lgs. n. 81/08 (valutazione dei rischi in ambiente lavorativo). Permette inoltre di studiare le singole sorgenti (linee elettriche, cavi, sistemi multiconduttori, trasformatori) mediante configurazioni bidimensionali e tridimensionali attraverso l’integrazione della legge di Biot-Savart o lo studio di sistemi complessi, come le cabine elettriche MT/BT, tenendo conto della tridimensionalità delle sorgenti, della loro reale posizione e della sovrapposizione degli effetti delle diverse componenti la cabina.

	ID Documento Committente	Pagina 30 / 37
	Cod055_FV_00010_BER_R02	Numero Revisione
		00

In generale, per poter meglio valutare a priori il valore del campo dell'induzione magnetica nella sottostazione, si è schematizzato le stazioni con una griglia di conduttori rettilinei ortogonali fra loro, percorsi da correnti differenti come descritto nel capitolo seguente.

Riportiamo in Figura 7, la planimetria della stazione con indicazione degli elementi attivi, riportati in magenta, individuati all'interno della stazione. In Figura 8 la sezione in cui sono indicate le relative altezze a cui gli stessi elementi attivi sono situati.

Il punto di origine (0;0) del sistema, invece, è stato definito all'estremità inferiore sinistra della recinzione.

Nel calcolo delle distanze di prima approssimazione si trascurerà il campo magnetico prodotto dalle linee in media tensione interrate di collegamento tra il quadro MT e i trasformatori MT/AT e le linee di media tensione interrate in ingresso alla stazione, la cui fascia di rispetto è trascurabile e rientra nel perimetro della stazione elettrica.

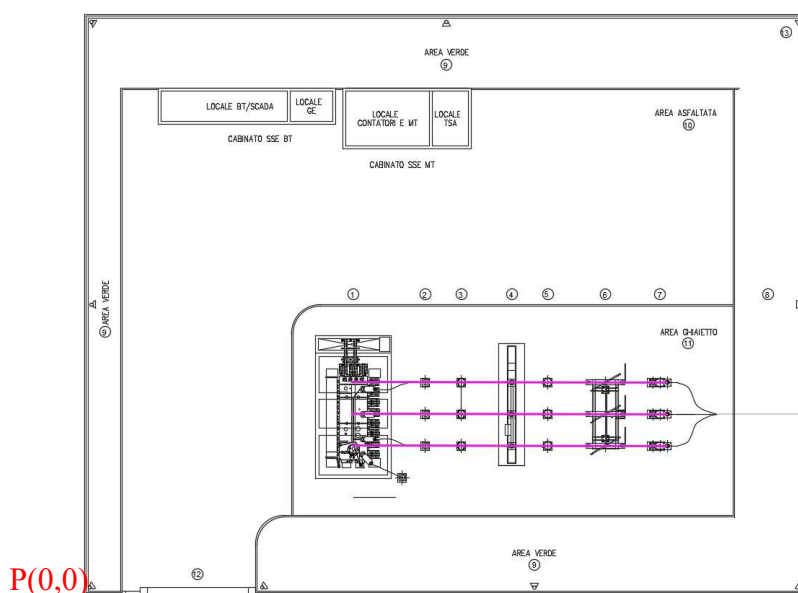


Figura 7 – Planimetria della SSE di utenza di Morlenzo con individuazione degli elementi attivi

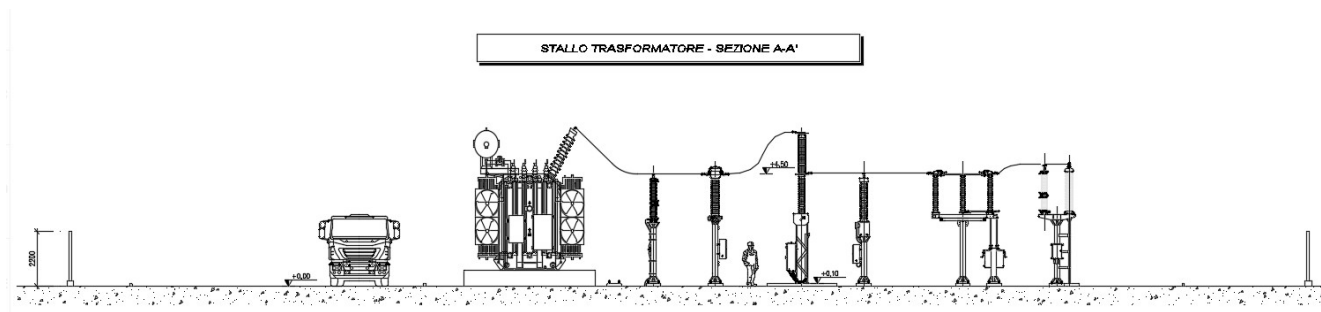


Figura 8 – Sezioni SSE Morlenzo

Primo passo per realizzare il calcolo dei livelli di campo magnetico è individuare la geometria della stazione, schematizzandola come in 7. In magenta sono riportati i conduttori dello stallo linea. Il punto di origine (0;0) del sistema è stato definito all'estremità inferiore sinistra della recinzione.

In Figura 9 è riportata la schematizzazione della geometria degli elementi attivi all'interno del programma di calcolo.

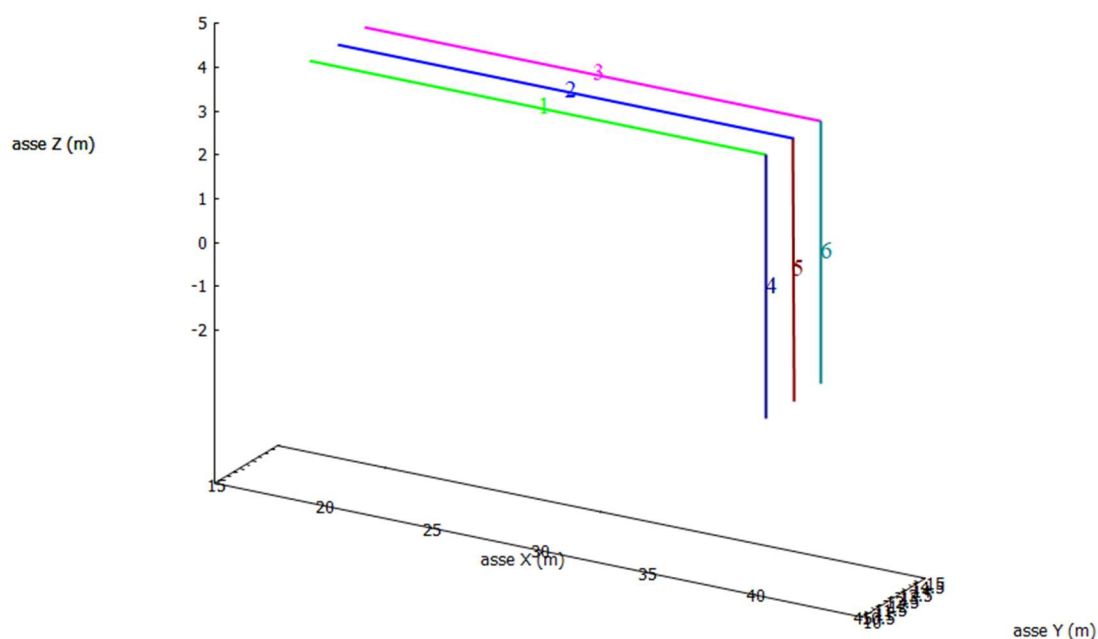



Figura 9 – Schematizzazione degli elementi attivi all'interno del programma di calcolo

	ID Documento Committente Cod055_FV_00010_BER_R02	Pagina 32 / 37
		Numero Revisione
		00

4.3.1 Correnti di calcolo

Il cavidotto in Alta tensione di collegamento tra la SSE utente “Morlenzo” e la CP Cortemaggiore sarà realizzato con un conduttore di alluminio con sezione di 630 mm².

All’interno della SSE “Morlenzo” è presente un solo stallo utente AT/MT da cui esce il cavo AT.

In base alla potenza massima che può essere prodotta dall’impianto connesso è stata calcolata la corrente massima che può essere immessa, tenendo conto delle seguenti considerazioni:

1. La massima potenza dell’impianto fotovoltaico è raggiunta per poche ore l’anno, in condizioni di massimo irraggiamento, pertanto, questa condizione è già ampiamente cautelativa;
2. nel caso di potenziamento dell’impianto, questi saranno soggetti ad apposito procedimento di autorizzazione e in tale sede si verificheranno nuovamente le DPA associate alle nuove correnti in transito.

Ai fini del calcolo della DPA è stato cautelativamente preso come riferimento quanto riportato nelle Linee Guida E-Distribuzione, riassunte qui in calce.

CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO				
Diametro Esterno [mm]	Sezione Totale [mm ²]	CEI - 11-60 Portata [A]		
		Corrente A	D.P.A. m	Riferimento
108	1600	1110	3.10	A15

Questa scelta è stata effettuata in quanto possibili ripotenziamenti degli impianti connessi dovranno essere autorizzati ma tale autorizzazione non necessariamente coinvolgerà anche la stazione elettrica e di conseguenza l’elettrodotto in alta tensione.

Nella tabella seguente riportiamo le correnti di calcolo:

Elemento linea	Potenza	Corrente di calcolo
Stallo trasformazione	24,586 MW	114 A
Cavidotto AT		1110 A

*Potenza apparente ricavata dalla potenza di connessione in MW a cosφ 0,9439

4.4 Risultati

I valori di campo magnetico sono calcolati al fine di definire le ampiezze delle Distanze di Prima Approssimazione da applicarsi al perimetro della sottostazione e al cavidotto AT.

Nelle figure seguenti si riportano le curve isolivello del campo di induzione magnetica generate sul piano XY ad una altezza dal piano di calpestio di 1, 3, 5 e 7 metri nell'ipotesi che le correnti fluiscano come descritto nel capitolo precedente.

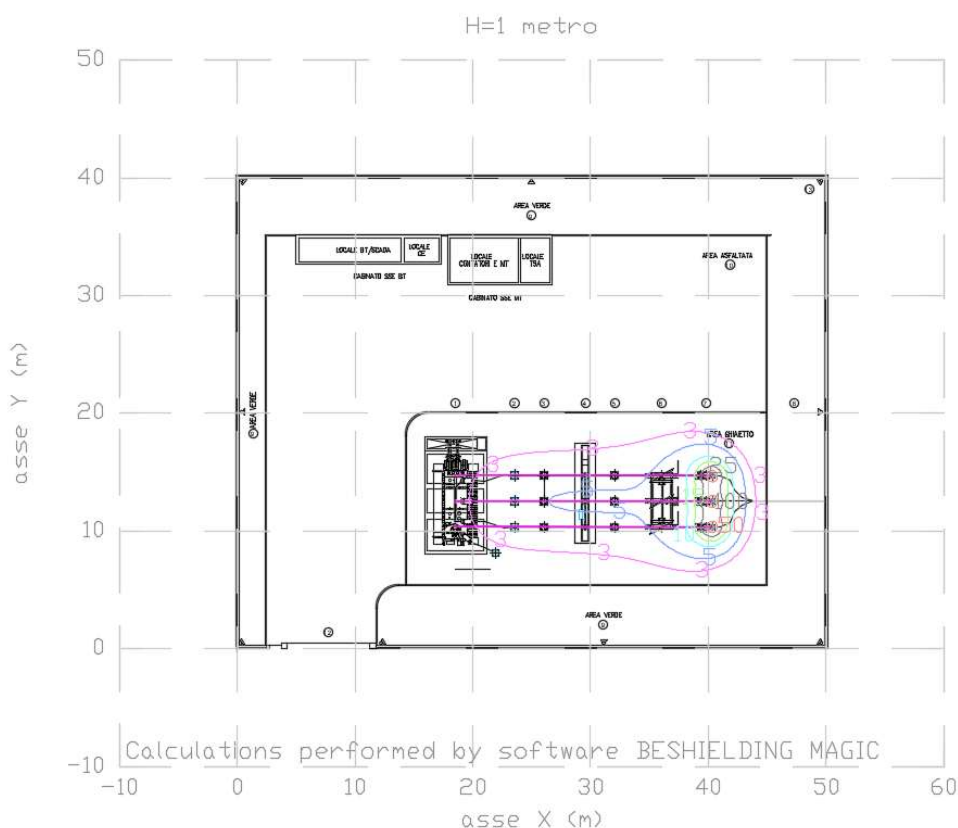


Figura 10 – Livelli di campo magnetico a 1 metro dal piano di calpestio

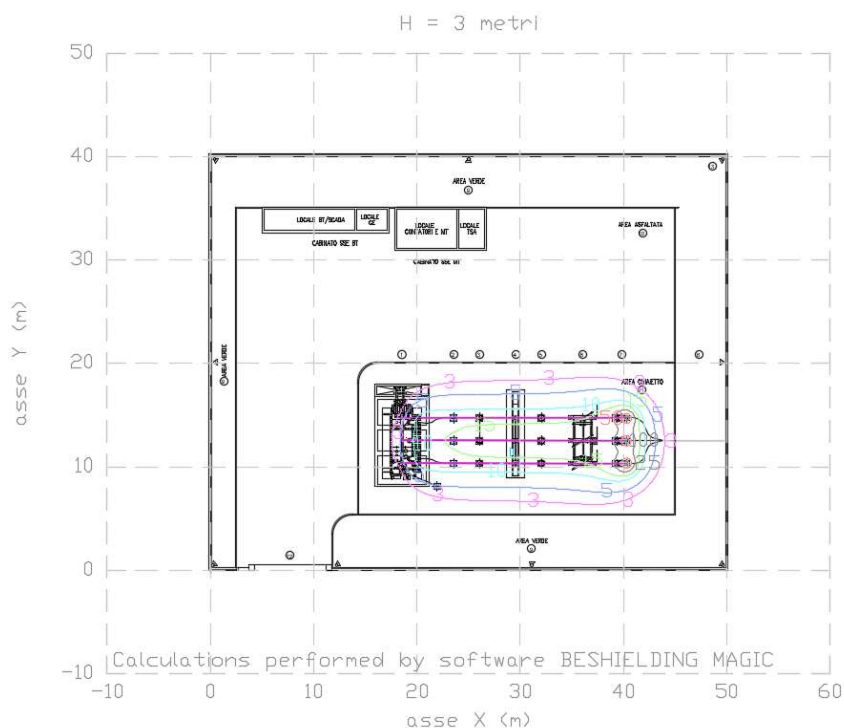


Figura 11 – Livello di campo magnetico a 3 metri dal piano di calpestio

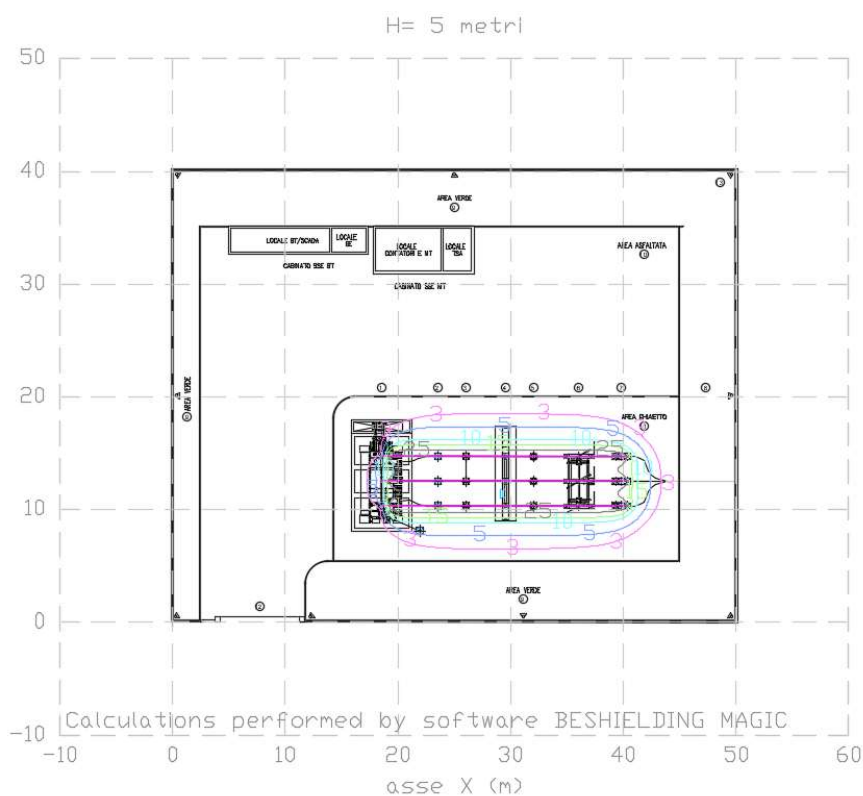


Figura 12 – Livelli di campo magnetico a 5 metri dal piano di calpestio

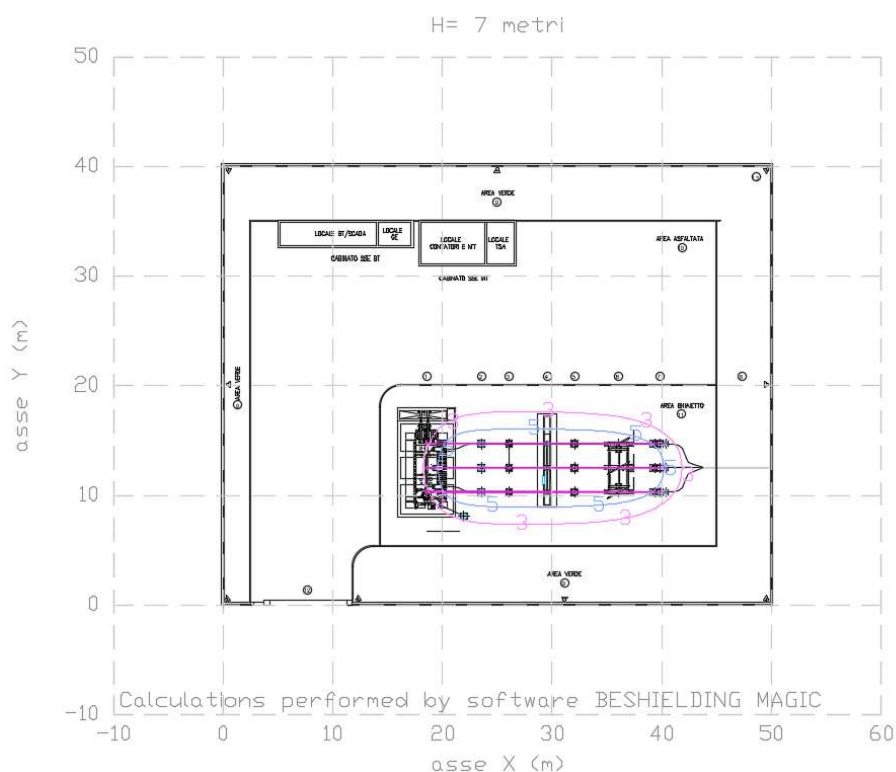


Figura 13 – Livelli di campo magnetico a 7 metri dal piano di calpestio

Dai risultati delle simulazioni sopra riportate si può notare che esternamente alla SSE utente “Morlenzo” il campo magnetico è sempre inferiore al valore di qualità di $3 \mu\text{T}$, non occorre pertanto applicare alcuna Dpa.

Nel grafico sottostante, invece, si riporta l’andamento del campo magnetico in prossimità della linea in cavo ad alta tensione di raccordo la SSE “Morlenzo” e la CP Cortemaggiore. Il cavo AT risulta interrato a una profondità minima di 1,7m dal piano di campagna.

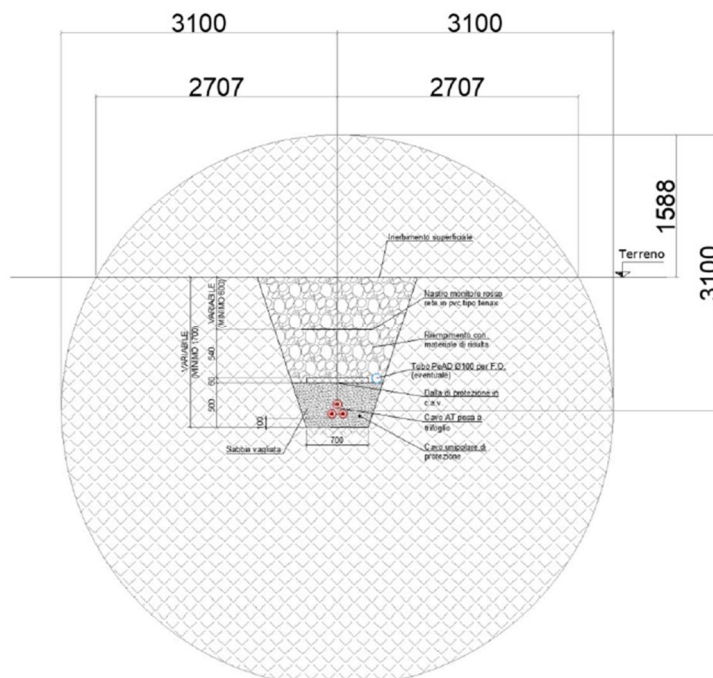


Figura 14 – Rappresentazione DPA=3,10m

Dal grafico in Figura 14, relativo al cavo ad alta tensione, si osserva il rispetto del valore di qualità di $3 \mu\text{T}$ sul piano di campagna a 1,7 metri dall'asse della linea: occorre pertanto applicare una DPA di 3,10 metri per lato dall'asse del cavidotto AT.

Il cavidotto AT in progetto sarà pertanto posato ad una profondità minima di 1,7 m dal piano di campagna.

Si sottolinea che questi valori sono stati considerati in modo cautelativo in quanto riferiti a sezioni del cavo maggiori e massima portata possibile dello stesso.

4.5 Analisi dei recettori

Come identificato in Figura 15, in prossimità della SSE Morlenzo, non sono individuabili recettori sensibili. Le prime abitazioni, individuate sulla immagine seguente sono poste ad almeno 200 m, dalla stazione in progetto e dal cavidotto AT.

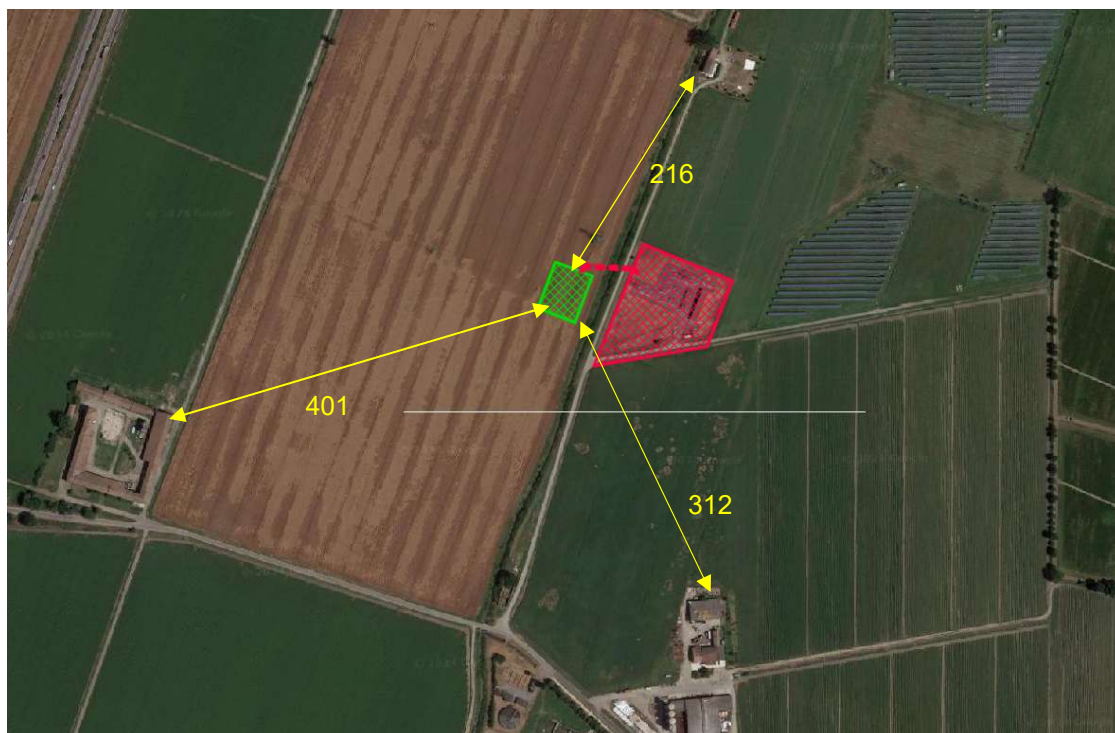


Figura 15 – Abitazioni poste in prossimità della SSE “Morlenzo”

4.6 Conclusioni

Il DPCM 8 Luglio 2003 fissa i limiti di esposizione per la popolazione ai campi elettrici e magnetici generati da elettrodotti alla frequenza di rete (50Hz). Tali limiti sono pari a 100 μ T, 10 μ T e 3 μ T rispettivamente come limite di esposizione, valore di attenzione e obiettivo di qualità: gli ultimi due sono validi per esposizioni superiori alle 4 ore/giorno. In base alla definizione del DM del 29 Maggio 2008, occorre applicare la Dpa alle stazioni elettriche, alle cabine primarie e secondarie e agli elettrodotti ad esse collegati.

Dalle simulazioni effettuate a diverse altezze dal suolo è emerso il rispetto del valore di qualità di 3 μ T sul perimetro esterno della stazione. Occorre invece applicare una DPA di 3,10 metri dall’asse di posa del cavidotto AT. Come si osserva da Figura 15 non sono presenti recettori sensibili in prossimità della SSE Morlenzo o del cavidotto AT.