REGIONE ABRUZZZO

PROVINCIA L'AQUILA

COMUNE ORICOLA

PROCEDURA ABILITATIVA SEMPLIFICATA (P.A.S.)

(Art. 6 D.Lgs 28/2011 e s.m.i.)

PROPONENTE

BIO Soc. Agricola srl

VIALE CAMILLO BENSO CONTE DI CAVOUR, 136 - SIENA - 53100
P.I. 01483240527
Pec: biosrlsocagr@pec.it e-mail: fernando@unicableimpianti.it

ELABORATO

RELAZIONE ELETTROMAGNETICA

PROGETTISTA
Ing. Anna Rita PETROSELLI PhD
Studio Tecnico Via Genova, 24 – VITERBO (VT) –
CF: PTRNRT70E70M082A P.IVA 01387780560
Cell. 335 6104533
e-mail: annarita.petroselli@gmail.com
Pec: annarita.petroselli@ingpec.eu
Iscrizione Ordine Ingegneri Viterbo n. A976a

PROGETTISTA
Ing. Marco MONTI
Studio Tecnico Via Tuscolana, 227 – ROMA (RM)
CF: MNTMRC59M27H501Q P.IVA 10723141007
Cell. 340 7200207
e-mail: montiroma59@gmail.com
Pec: montiroma59@pec.it
Iscrizione Ordine Ingegneri Roma n. 16209



CODICE	SCALA	STATO	DATA	REV.	FORMATO
REL.06		**CONSEGNA**	**15/10/2023**	**00**	

NOME FILE:	ID:

Firmato digitalmente da: FAUSTO FRANCESCO
Data: 16/03/2025 12:30:01

SOMMARIO

PREMESSA 3
1. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI 3
2. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO 3
3. DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI 7
4. DEFINIZIONI 8
5. VALORE DI RIFERIMENTO PER L'INDUZIONE MAGNETICA PER LA POPOLAZIONE 8
6. DESCRIZIONE SORGENTI CAMPO MAGNETICO E LOCALIZZAZIONE 9
7. METODOLOGIA DI CALCOLO 12
8. PARAMETRI UTILIZZATI PER LA VALUTAZIONE 14
8.1 LINEA MEDIA TENSIONE IN CAVO IN USCITA DALLA CABINA DI SCAMBIO SINO ALLA CABINA PRIMARIA 14
8.2 LINEA MEDIA TENSIONE IN CAVO IN USCITA DALLA CABINA DI CONSEGNA SINO ALLA CABINA DI TRASFORMAZIONE 15
8.3 LINEA IN CAVO 20 KV – INTERNA 16
8.4 LINEA IN CAVO 20 KV – ESTERNA CONNESSIONE 16
9. CONCLUSIONE 16
9.1 CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE 18
9.2 CABINE ELETTRICA DI SCAMBIO 19
9.3 ALTRI CAVI 21
10. CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE 21
10.1 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MEDIA TENSIONE 21
10.2 ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI 26
11. CONCLUSIONI 26

PREMESSA

La presente relazione è relativa all'analisi e valutazione preventiva della distanza di prima approssimazione (DPA) per l'induzione magnetica in merito alla definizione delle zone a permanenza prolungata di persone superiore alle quattro ore giornaliere nell'intorno delle cabine elettriche e dei cavi interrati di distribuzione dell'energia elettrica.

1. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

[1] LEGGE 22 febbraio 2001, n. 36: "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici magnetici ed elettromagnetici"

[2] DPCM 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".

[3] DM del MATTM del 29.05.2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti"

[4] Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte 1: Linee elettriche aree e in cavo."

[5] Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"

[6] Norma CEI CLC/TR 50453 (Norma CEI 14-35): "Valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza"

[7] Decreto interministeriale 21 marzo 1988, n. 449 e s.m.i.: "Approvazione delle norme tecniche per la progettazione, l'esecuzione e l'esercizio delle linee elettriche aeree esterne"

[8] ENEL – "Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche"

[9] DL 9 aprile 2008 n° 81 "Testo unico sulla sicurezza sul lavoro"

2. LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO

L'area di progetto è situata nel settore occidentale della Regione Abruzzo all'interno del territorio del Comune di Oricola a circa 3,5 km a nord del centro abitato e alla sinistra idrografica del Fosso Cammarano.

È collocata in prossimità della zona industriale di Oricola ed a ridosso dell'autostrada A24 Roma-L'Aquila, in località Miole.

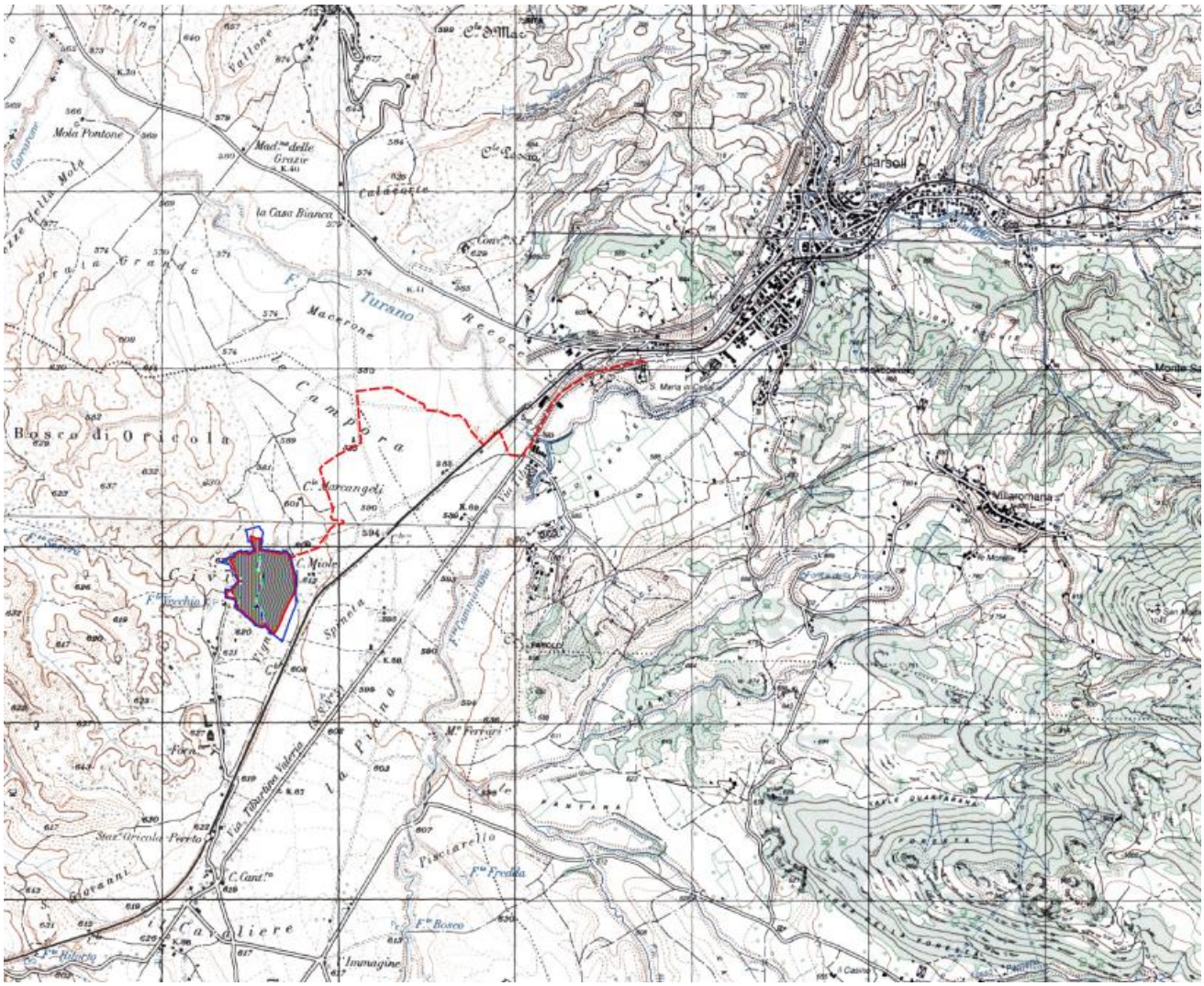


Figura 1 Inquadramento impianto su IGM



Figura 2 Inquadramento impianto su Ortofoto

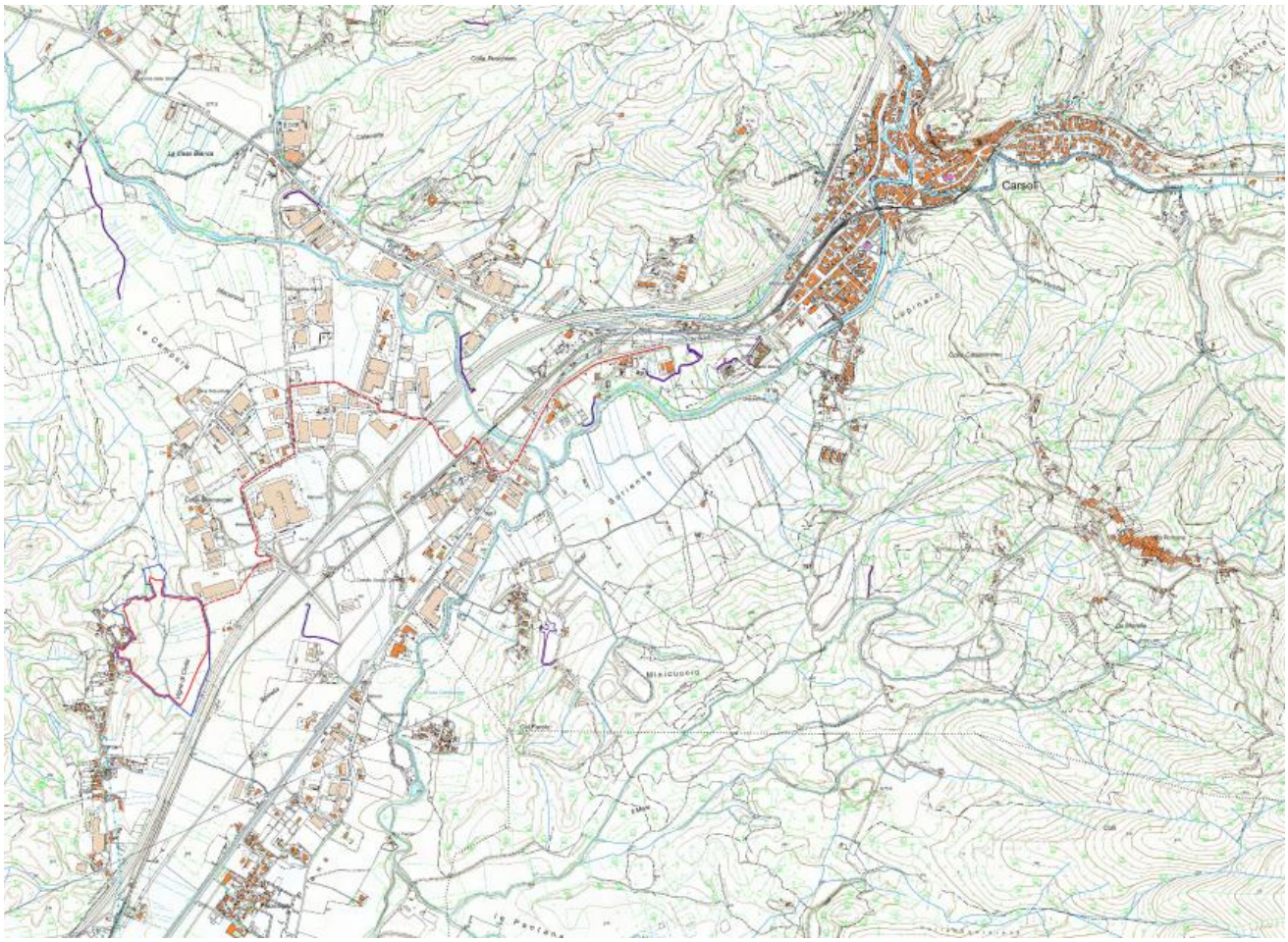


Figura 3 Inquadramento impianto su CTRN 10K

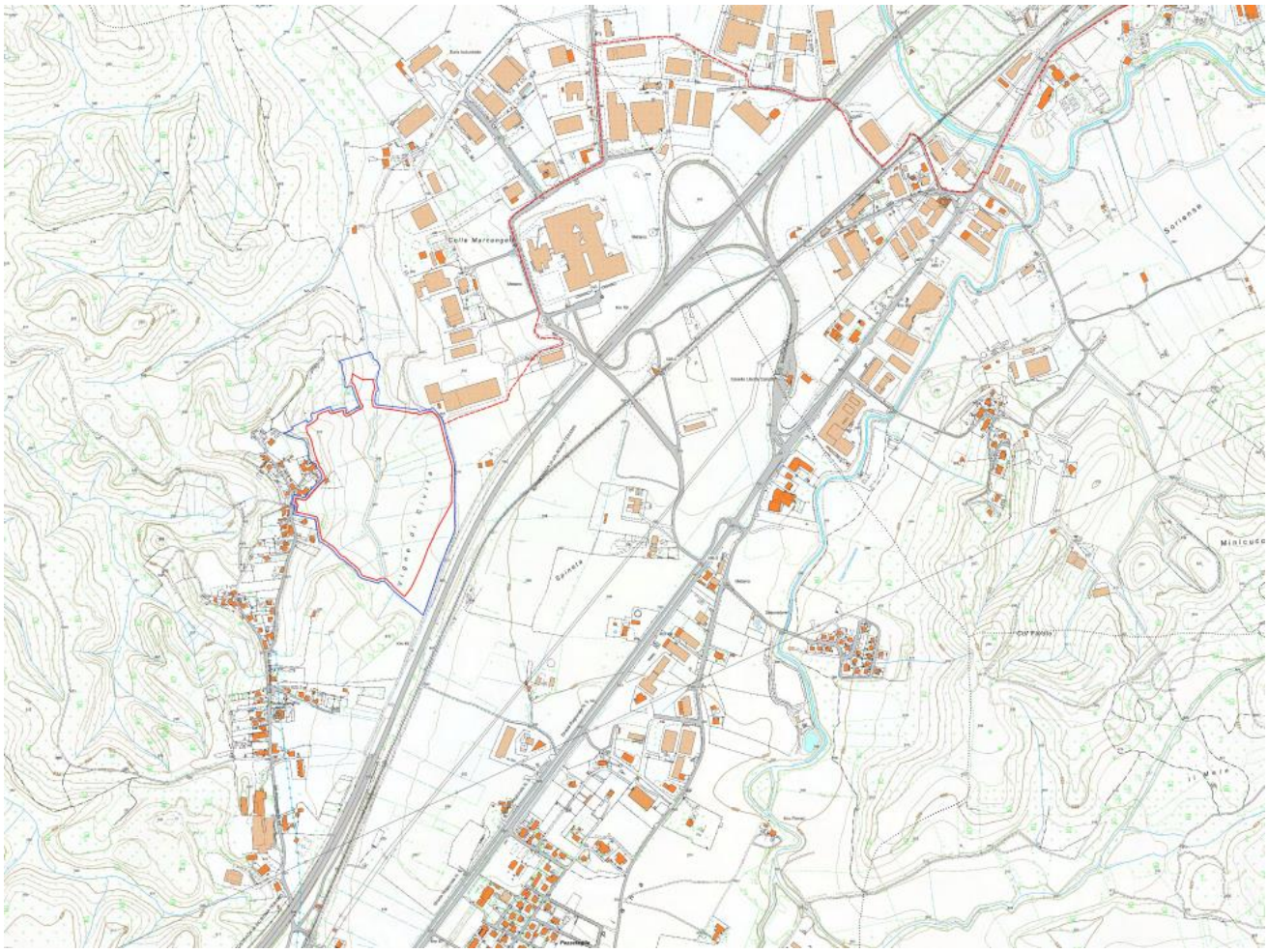


Figura 4 Inquadramento impianto su CTRN 5K

3. DESCRIZIONE SOMMARIA DEGLI IMPIANTI

Il progetto prevede l'installazione a terra, su un terreno a destinazione agricola di superficie lorda 15,55 Ha (12,18 Ha utile), di moduli fotovoltaici in silicio mono o policristallino della potenza di picco di 610 Wp, per un totale impianto di 16.278 moduli ed una potenza complessiva di picco 9929,58 kW.

La potenza nominale in immissione è 9600 kW.

I pannelli saranno montati su strutture fisse battute a terra senza supporto in calcecstruzzo.

Sull'asse sono ancorati 3 moduli solari con lato lungo in posizione orizzontale.

I moduli utilizzati saranno in silicio con tecnologia a eterogiunzione di misura 2465x1335 mm circa.

Gli inverters, distribuiti sono 76 da 130 kW ciascuno i quadri di parallelo sono 13.

L'impianto prevede 3 cabine:

- 1 cabina trafo (Tipo C) con trasformatori 2 x 3,00 mW

- 1 cabina di trasformazione + scambio (Tipo M)
- 1 cabine di sezionamento

4. DEFINIZIONI

Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è 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 cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Nel caso di cabine la DPA è intesa come distanza da ciascuna delle pareti, tetto, pavimento e pareti laterali.

Fascia di rispetto: è 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 (3 μT). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

5. VALORE DI RIFERIMENTO PER L'INDUZIONE MAGNETICA PER LA POPOLAZIONE

Ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50Hz) generati da linee e cabine elettriche, il DPCM 8 luglio 2003 (artt. 3 e 4) 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 termini 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).

L'obiettivo di qualità si riferisce 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.

6. DESCRIZIONE SORGENTI CAMPO MAGNETICO E LOCALIZZAZIONE

L'impianto fotovoltaico **ORICOLA** è costituito da una cabina scambio e trasformazione e da n. 2 cabine di trasformazione all'interno delle quali sono installate le apparecchiature quali quadri elettrici e trasformatori. Per semplicità costruttiva una cabina di trasformazione è posta attaccata alla cabina di scambio in modo da costituire un unico manufatto.

L'interfaccia fra i moduli fotovoltaici e l'impianto di distribuzione in media tensione è costituita da trasformatori elevatori BT/MT in olio o resina installati in ognuna delle cabine di trasformazione.

Le 2 cabine di trasformazione fanno capo alla cabina scambio dove arrivano i cavi del distributore E-DISTRIBUZIONE

Per semplificare la cavetteria e ridurre gli scavi le cabine di trasformazione complessivamente nel campo sono distribuite 1 cabina tipo A e una mista tipo A e B.

Per maggiori informazioni sui collegamenti dalla cabina di scambio alle cabine di trasformazione si faccia riferimento allo schema elettrico unifilare.

Il collegamento fra la cabina di scambio e la RTN è realizzato con n. 2 terne di cavi ad elica interrati, ognuna passante in tubo corrugato dedicato, con cavo ARE4H5EX 20,8/36 kV da 185 mmq di sezione.

I collegamenti tra la cabina di scambio e le cabine di trasformazione è realizzato con n.1 o 2 terne di cavi ad elica interrati, ognuna passante in tubo corrugato dedicato, con cavo ARE4H5EX 20,8/324 kV da 185 mmq di sezione. Per maggiori informazioni vedasi schema elettrico.

Il campo fotovoltaico ORICOLA si trova a Oricola in provincia dell'Aquila situato in posizione nord rispetto al paese.

Alle coordinate polari (baricentriche) 42.081077, 13.047641

Le particelle interessate dall'impianto sono le seguenti:

COMUNE DI ORICOLA				
DATI CATASTALI FG. 2				
Particella	**Qualità**		**Classe**	**Sup. mq**
113	Seminativo		3	1860
114	Seminativo		3	2160
115	Seminativo		3	4030
117	Seminativo		3	942
124	Seminativo		3	1160

125	Seminativo		3	4260
126	Seminativo		3	4810
164	Seminativo		3	16200
163	Seminativo		2	7570
336	Seminativo		2	15875
340	Seminativo		2	239
187	Seminativo		2	1810
167	Seminativo		3	4890
168	Seminativo		3	13580
165	Seminativo		2	4710
1025	Seminativo		2	14351
1026	Seminativo		2	1554
337	Seminativo		2	781
339	Seminativo		2	934
338	Seminativo		2	261
315	Seminativo		2	11717
166	Seminativo		2	6552
181	Seminativo		2	4950
175	Seminativo		2	4877
184	Seminativo		2	930
185	Seminativo		2	460
182	Seminativo		2	2430
183	Seminativo		2	1210
180	Seminativo		2	223
179	Seminativo		2	890
178	Seminativo		2	2350
177	Seminativo		2	190
176	Seminativo		2	390
188	Seminativo		2	10500

Tabella 1 Particellare

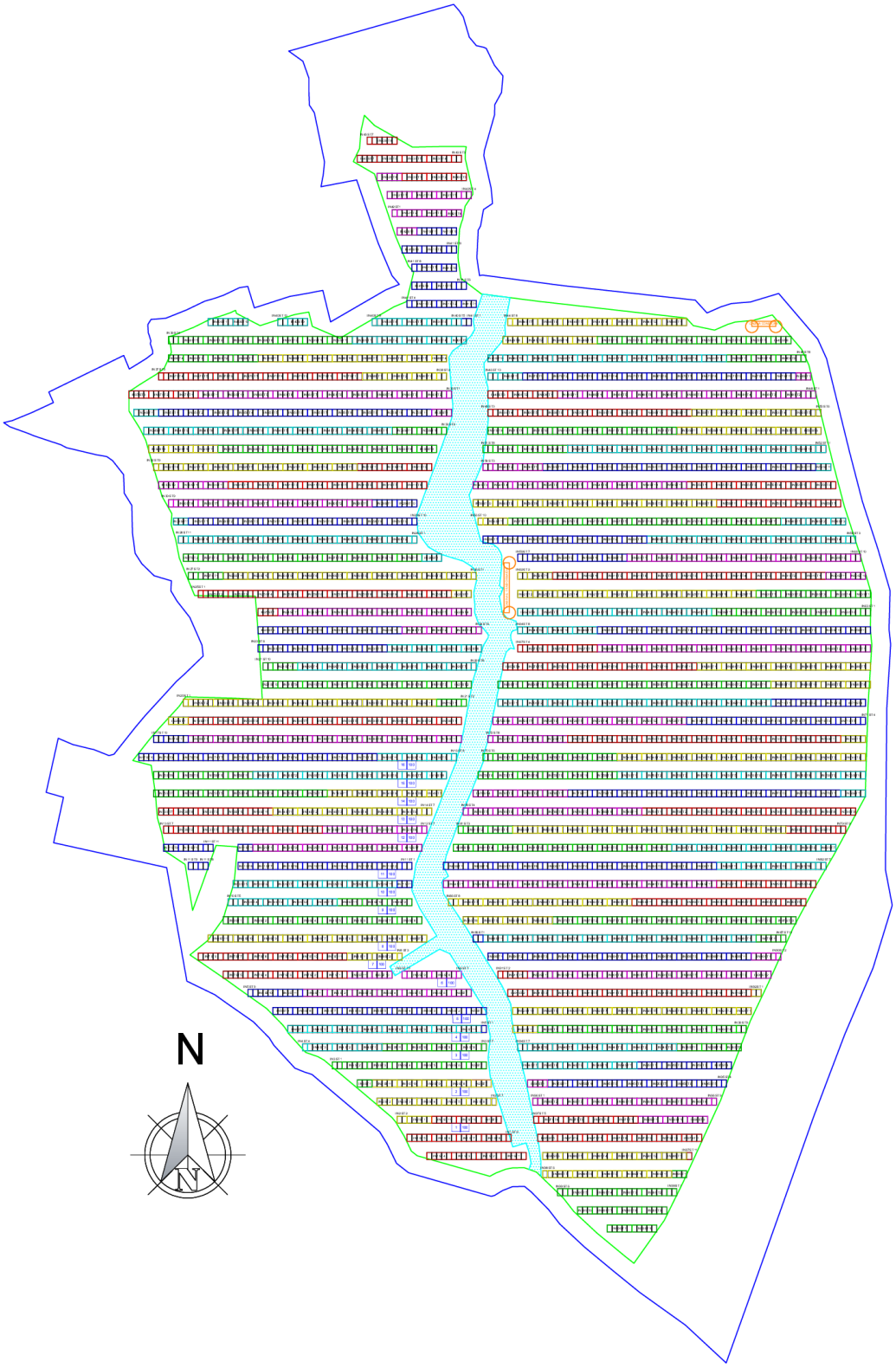


Figura 5 Area impianto

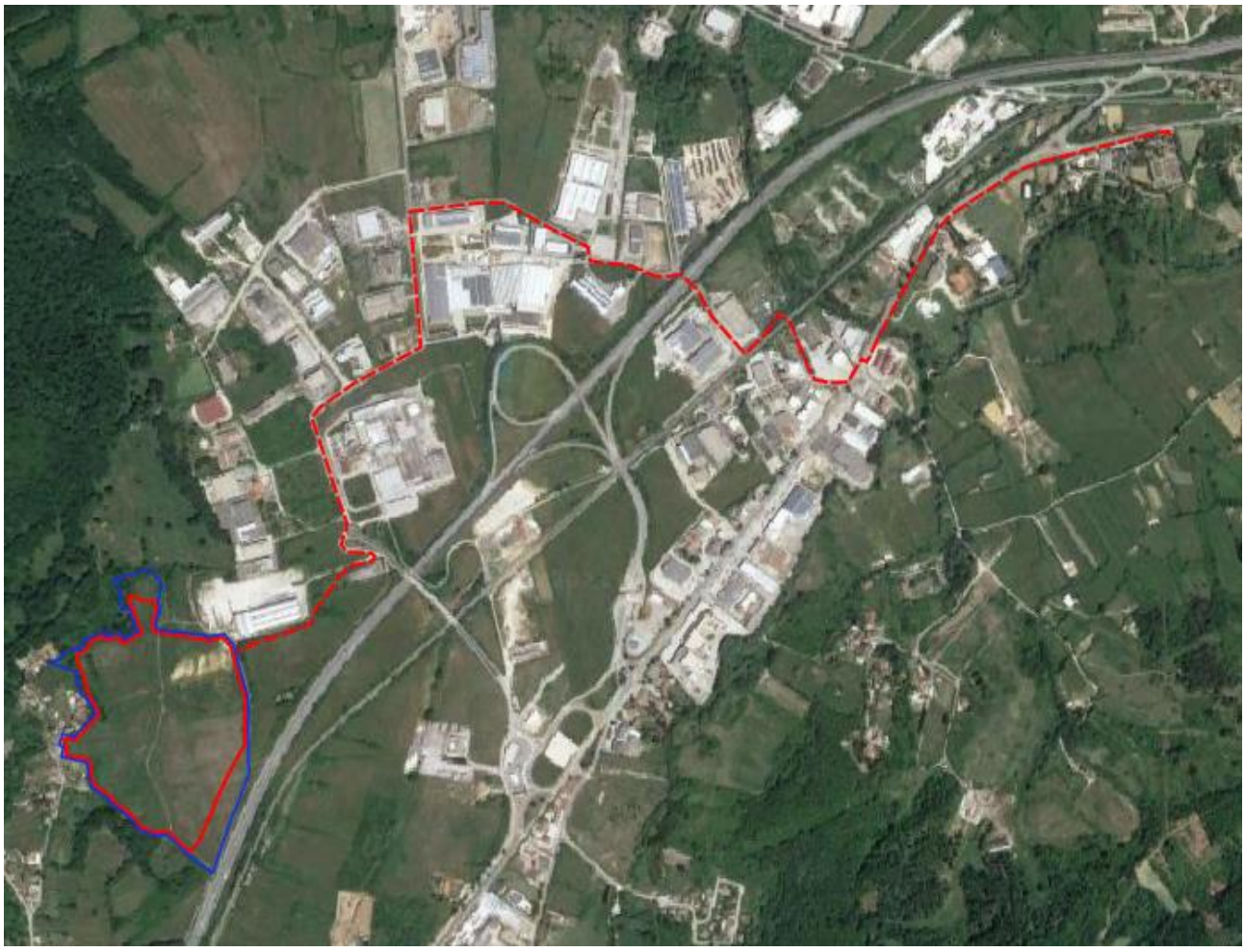


Figura 6 Tracciato elettrodotto

7. METODOLOGIA DI CALCOLO

Il DPCM 8 luglio 2003, all'art. 6, prevede che il proprietario/gestore dell'elettrodotto comunichi alle autorità competenti l'ampiezza delle fasce di rispetto ed i dati utilizzati per il calcolo dell'induzione magnetica, che va eseguito, ai sensi del § 5.1.2 dell'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (G.U. n. 156 del 5 luglio 2008), sulla base delle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea, tenendo conto della presenza di eventuali altri elettrodotti.

In analogia a quanto previsto dal DM 29/05/08 si considera la distanza fra le fasi pari al diametro reale dei cavi (conduttore+isolante), in caso di cavi in parallelo per ciascuna fase si può cautelativamente considerare <S = pari alla somma di tutti i diametri dei cavi costituenti la formazione di una singola fase.

- Data una terna di conduttori disposti in piano o in verticale (a bandiera) con distanza tra i conduttori adiacenti pari a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A], l'induzione magnetica B [μT] in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, con R >> S, è data dalla seguente

equazione approssimata:

Dalla equazione suddetta, si ricava la distanza R' (distanza dal centro geometrico dei conduttori che coincide con il conduttore centrale) corrispondente ad un valore di B pari a 3µT:

$$B = 0{,}2 \text{ x } \sqrt{3} \text{ x } \frac{S \text{ x } I}{R^2} \qquad [\mu T]$$

Per una terna di conduttori disposti ai vertici di un triangolo equilatero con distanza tra i conduttori pari

$$R' = 0{,}34 \text{ x } \sqrt{S \text{ x } I} \qquad [m]$$

a S [m], percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A], l'induzione magnetica B [µT] in un punto distante R [m] dal baricentro dei tre conduttori, con R >> S, è data dalla seguente equazione approssimata:

$$B = 0{,}1 \; x \; \sqrt{6} \; x \; \frac{S \; x \; I}{R^2} \qquad [\mu T]$$

Dalla equazione suddetta si ricava la distanza R' corrispondente ad un valore di B pari a 3µT;

$$R' = 0{,}286 \text{ x } \sqrt{S \text{ x } I} \qquad [m]$$

La determinazione della DPA dal trasformatore, all'interno della quale l'induzione magnetica è maggiore o uguale a 3 µT, è stata determinata tramite il modello <Siemens>, che fornisce un dato sovrastimato a favore di sicurezza, con la seguente formula:

$$B = \frac{0{,}72 \; x \; Ucc\% \; x \; \sqrt{Sr}}{d^{2{,}8}}$$

Dalla equazione suddetta, si ricava la distanza d (distanza dal trasformatore) corrispondente ad un valore di B pari a 3µT:

$$d = \sqrt[2{,}8]{\frac{0{,}72 \; x \; Ucc\% \; x \; \sqrt{Sr}}{B}} \qquad [m]$$

Ucc% = Tensione di cortocircuito percentuale del trasformatore

Sr = Potenza nominale del trasformatore

8. PARAMETRI UTILIZZATI PER LA VALUTAZIONE

8.1 LINEA MEDIA TENSIONE IN CAVO IN USCITA DALLA CABINA DI SCAMBIO SINO ALLA CABINA PRIMARIA

I calcoli a seguire sono validi per le linee di distribuzione esterne al campo fotovoltaico, a partire dalla cabina di acambio fino alla cabina primaria. Il collegamento è in doppia terna elicordata interrata + fibre ottiche

Corrente di fase lato media tensione

La corrente nominale prevedibile sul collegamento AT è definita come:

U = Tensione di fase (20 kV) in [V]

I= corrente nominale prevedibile di fase = 320 A

(è stato preso come riferimento il valore definito dal dimensionamento della linea per la tratta in oggetto).

Caratteristiche del cavo

Tipo cavo: Media Tensione ARE4H5EX 20,8/324 kV 3x1x300

Diametro del Conduttore: 14,17 mm

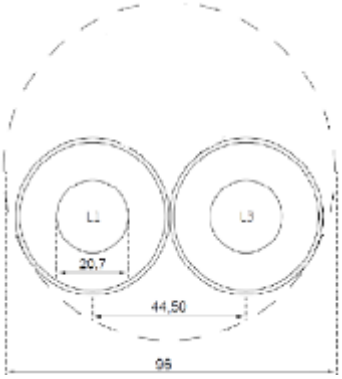
Sezione del Conduttore attivo: 185 mm²

Diametro esterno nominale: 20,7 mm

Tipo di posa: 1 cavo ad elica posato in tubo corrugato interrato.

Distanza tra i conduttori S: 44,50 mm

La disposizione del cavo per la linea in media tensione è di seguito schematizzata.



Sostituendo i valori nella formula:

$$R' = 0{,}286 \text{ x } \sqrt{S \text{ x } I} \qquad [m]$$

Si ottiene un valore di R' calcolato per limite di 3µT pari a:

R' = circa 1,54 m assunto: R' = 2,0 m

(le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con approssimazione non superiore a 1 m – Decreto 29 maggio 2008 - 5.1.2)

8.2 LINEA MEDIA TENSIONE IN CAVO IN USCITA DALLA CABINA DI CONSEGNA SINO ALLA CABINA DI TRASFORMAZIONE

I calcoli a seguire sono validi per le linee di distribuzione interne al campo fotovoltaico, a partire dalla cabina di scambio fino alle cabine di trasformazione. Il collegamento e' in doppia terna elicordata interrata. Nelle cabine di trasformazione la connessione è in entra esci

Corrente di fase lato media tensione

La corrente nominale prevedibile sul collegamento MT è definita come:

U = Tensione di fase (20 kV) in [V]

I= corrente nominale prevedibile di fase = 320 A

(è stato preso come riferimento il valore massimo definito dal dimensionamento tra linee in oggetto)

Caratteristiche del cavo

Tipo cavo: Media Tensione ARE4H5EX 20,8/24 kV 3x1x240

Diametro del Conduttore: 14,17 mm

Sezione del Conduttore attivo: 185 mm²

Diametro esterno nominale: 20,7 mm

Tipo di posa: 1 cavo ad elica posato in tubo corrugato interrato.

Distanza tra i conduttori S: 44,50 mm

La disposizione del cavo per la linea in alte tensione è di seguito schematizzata.

Sostituendo i valori nella formula:

$$R' = 0{,}286 \text{ x } \sqrt{S \text{ x } I} \qquad [m]$$

Si ottiene un valore di R' calcolato per limite di 3µT pari a:

R' = circa 1,14 m assunto: R' = 1,5 m

(le dimensioni delle fasce di rispetto devono essere fornite con approssimazione non superiore a 1 m – Decreto 29 maggio 2008 - 5.1.2)

8.3 LINEA IN CAVO 20 KV – INTERNA

LINEA MEDIA TENSIONE IN CAVO DALLA CABINA DI CONSEGNA ALLE CABINE DI TRASFORMAZIONE E TRA LE CABINE DI TRASFORMAZIONE, COLLEGATE CON ENTRA-ESCI

La linea, come descritto ai paragrafi precedenti, determina una DPA pari a 1,5 metri che in analogia al paragrafo 5.1.4.5 del decreto 29 Maggio 2008 viene incrementata per tenere in considerazione eventuali cambi di direzione calcolando 1,5 volte il valore di DPA precedentemente determinato.

Nel nostro caso DPA = 1,5x1,5 = 2,25 m.

Oltre che dalle linee in cavo, la presente distanza di rispetto deve essere considerata anche dalle pareti esterne delle cabine di traformazione.

8.4 LINEA IN CAVO 20 KV – ESTERNA CONNESSIONE

LINEA MEDIA TENSIONE IN CAVO DALLA CABINA DI CONSEGNA ALLA CABINA PRIMARIA

La linea, come descritto ai paragrafi precedenti, determina una DPA pari a 2,0 metri che in analogia al paragrafo 5.1.4.5 del decreto 29 Maggio 2008 viene incrementata per tenere in considerazione eventuali cambi di direzione calcolando 1,5 volte il valore di DPA precedentemente determinato.

Nel nostro caso DPA = 2,0x1,5 = 3,0 m.

Oltre che dalle linee in cavo, la presente distanza di rispetto deve essere considerata anche dalla parete esterna delle cabina di consegna.

9. CONCLUSIONE

Per distanze superiori ai 2,25 metri per le cabine di trasformazione i valori di induzione magnetica sono inferiore a 3 μT.

Per i locali/cabine, come indicato dal DM 29/05/08, la fascia di rispetto viene intesa come distanza da ciascuna delle pareti dei locali in oggetto, per cui la DPA si estende, verso l'esterno, a partire dalla parete delle relative cabine.

Si ha dunque la situazione rappresentata dalla fig. 1 allegata con DPA a partire dal filo parete esterna.

Per le linee di distribuzione in alta tensione esternamente al parco fotovoltaico si ha una distanza DPA di 2,0 metro nell'intorno della linea stessa in tutte le direzioni.

Nei cambi di direzione l'incremento della DPA è stato determinato come previsto dal paragrafo 5.1.4.5 del Decreto 29-05-2008 con un massimo di 3,0 metri.

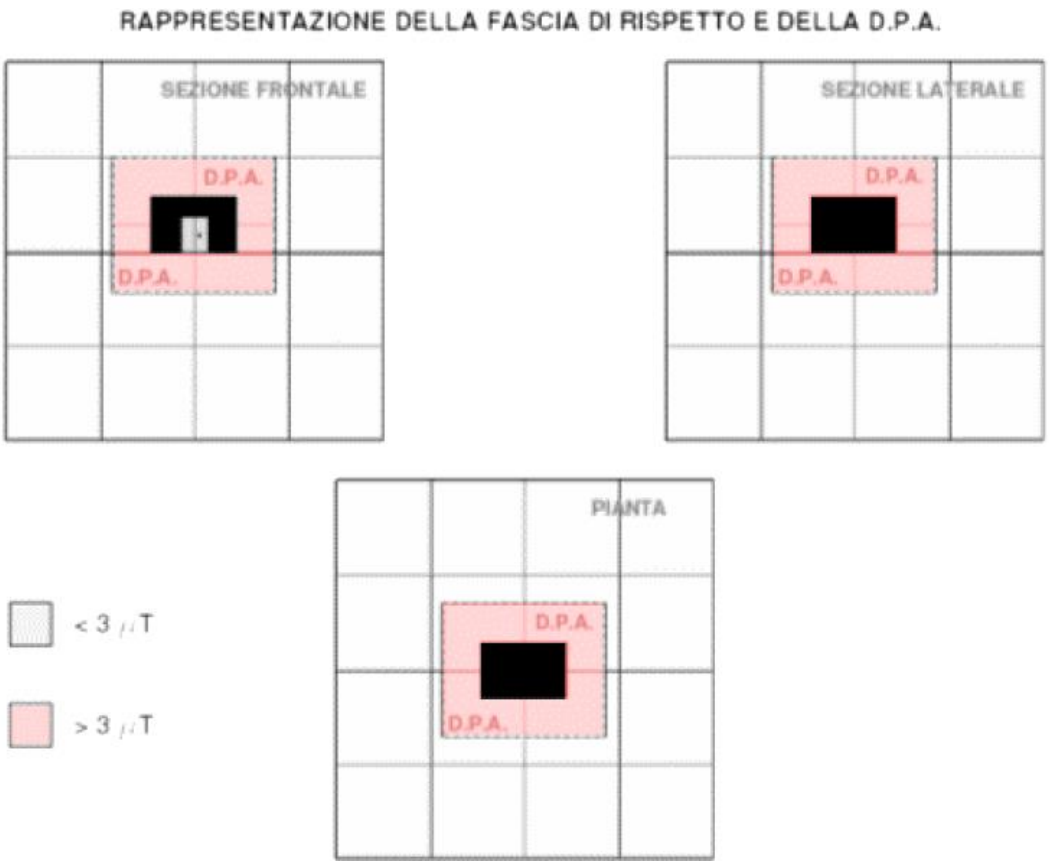


Figura 7 Fascia di rispetto

Come illustrato nella suddetta norma CEI 106-11 la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3μT, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso.

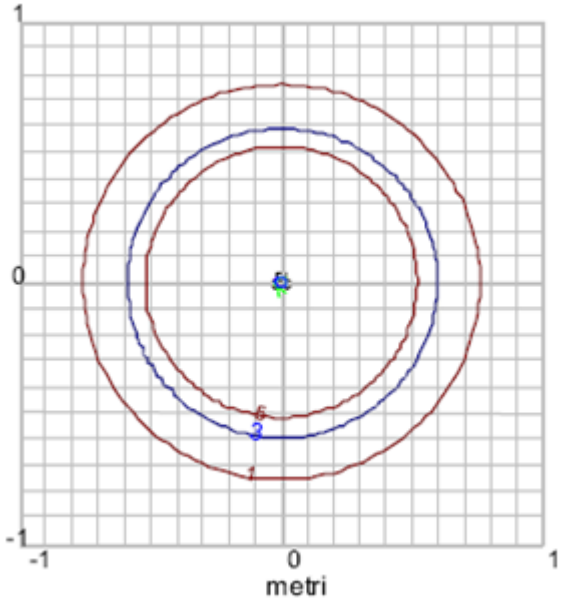


Figura 8 Curve equipotenziali linea MT sotterranea cavo cordato a elica

Si fa notare peraltro che anche il decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata.

Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto, pertanto uguale alla fascia di asservimento della linea.

9.1 CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di trasformazione, all'interno delle quali, la principale sorgente di emissione è il trasformatore BT/MT.

In questo caso si valutano le emissioni dovute ai trasformatori di potenza 3000 kVA collocati nelle cabine di trasformazione.

La presenza del trasformatore BT/MT viene usualmente presa in considerazione limitatamente alla generazione di un campo magnetico nei locali vicini a quelli di cabina.

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

La 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 quanto esposto nel cap.5.2.1 e cioè:

$DPA = 0{,}40942 * x^{0{,}524}$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m) I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che I=1566 A e che il cavo scelto sul lato BT del trasformatore è 3(4x240) mm², con diametro esterno pari a circa 29,2mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 4 m.

D'altra parte, nel caso in questione la cabina è posizionata all'aperto e normalmente non è permanentemente presidiata.

9.2 CABINE ELETTRICA DI SCAMBIO

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto resta da considerare la cabina elettrica MT di scambio, alla quale confluiscono i cavidotti MT provenienti dalle cabine di trasformazione, all'interno della quale, la principale sorgente di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT, in quanto in questo caso il trasformatore MT/BT è utilizzato solo per l'alimentazione dei servizi ausiliari.

La massima corrente BT, considerando un trasformatore da 100 kVA, è pari a 145 A. Mentre la massima corrente MT dovuta alla massima produzione è pari a circa 320 A. Considerando che il cavo scelto in uscita dalla cabina di consegna è, come detto, 2x(3x1x185), con un diametro esterno massimo pari a 58 mm, si ottiene una DPA, arrotondata per eccesso all'intero superiore, pari a 3 m.

D'altra parte, anche nel caso in questione la cabina normalmente non è presidiata.

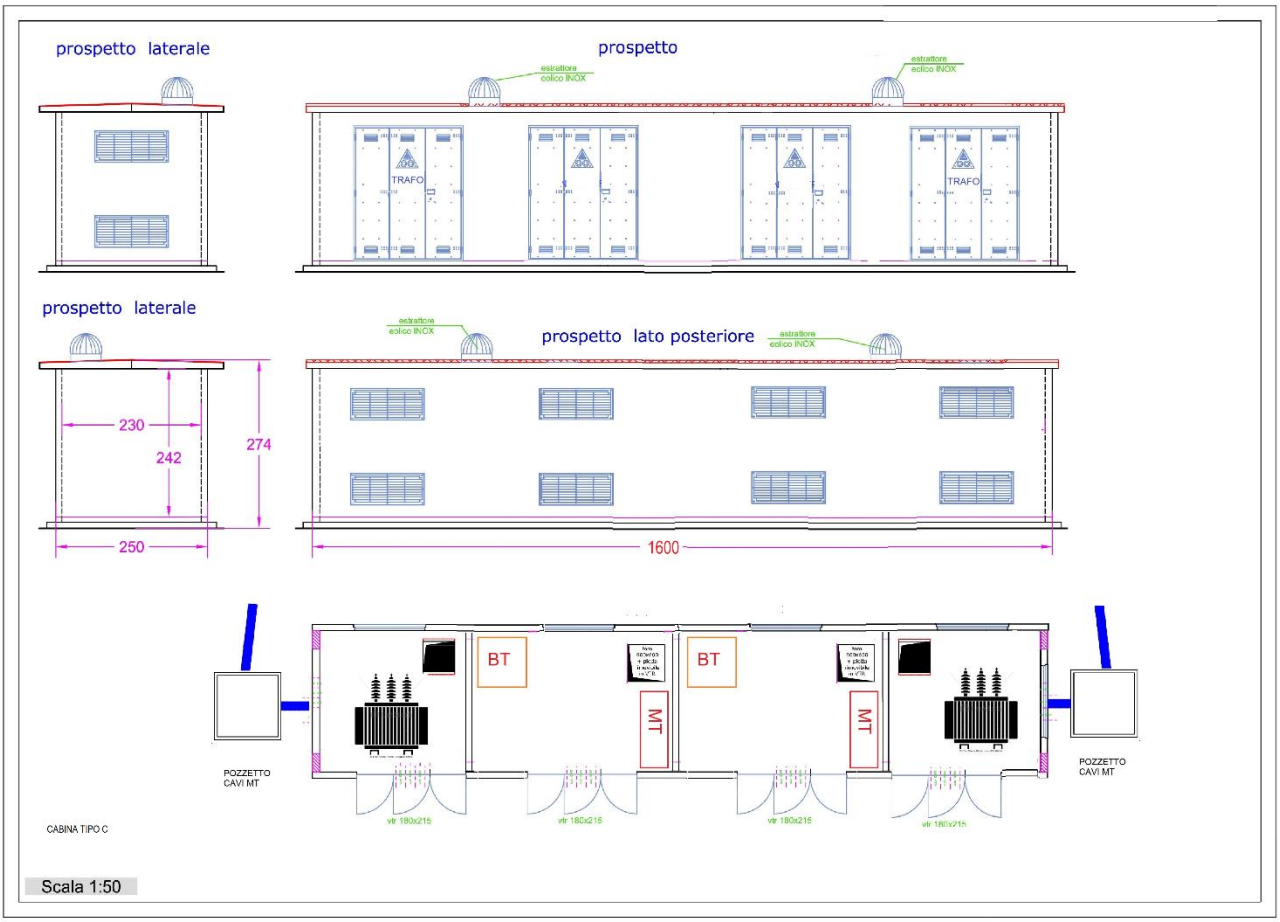


Figura 9 Cabina TIPO C

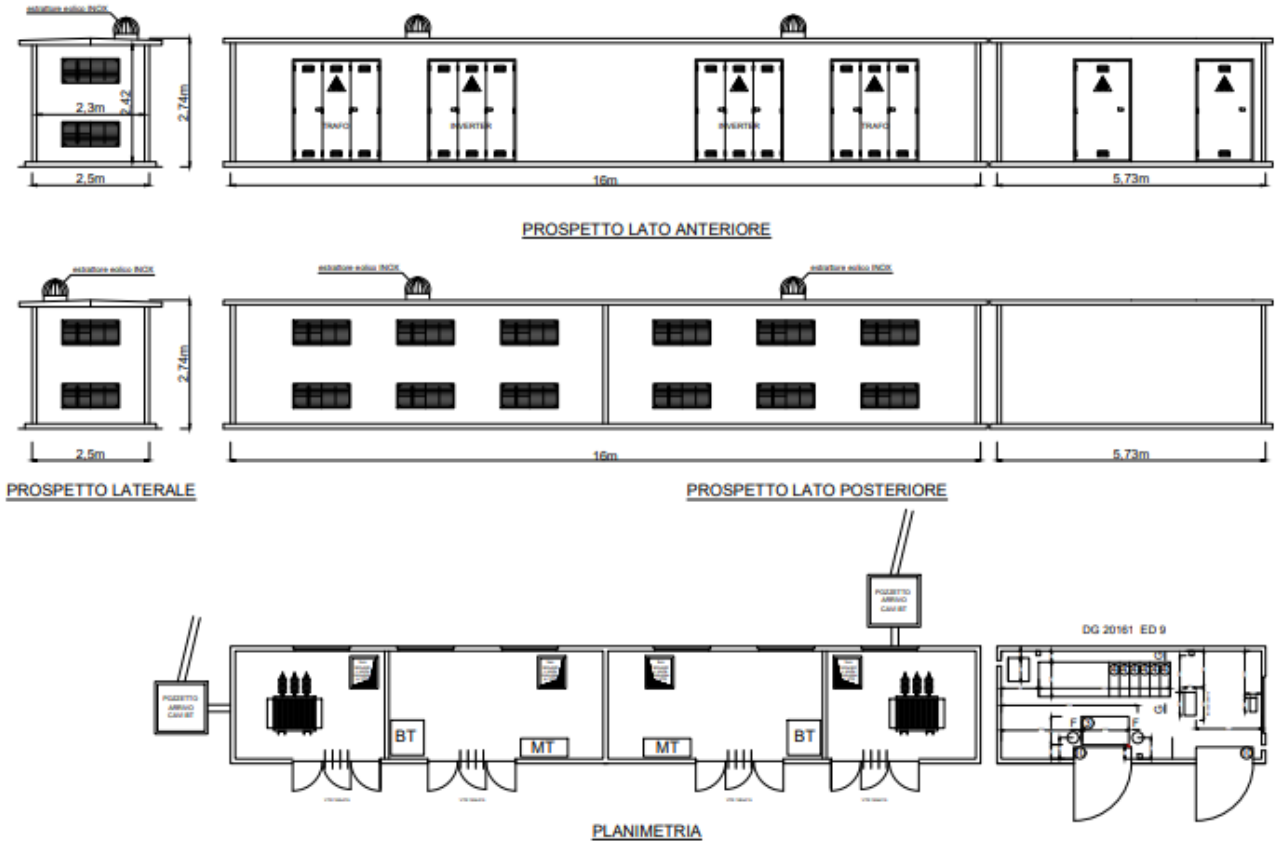


Figura 10 Cabina TIPO M

9.3 ALTRI CAVI

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato.

10. CAMPI ELETTROMAGNETICI DELLE OPERE CONNESSE

10.1 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MEDIA TENSIONE

Il campo magnetico è calcolato in funzione della corrente circolante nei cavidotti in esame e della disposizione geometrica dei conduttori.

Per quanto riguarda il valore del campo elettrico, trattandosi di linee interrate, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto esposti i risultati del solo calcolo del campo magnetico.

Visto l'impianto fotovoltaico, è stata esaminata come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica, quella generata dal tratto di posa del cavo che evacua la potenza elettrica generata dall'intero impianto FV, posa posta in parallelo, alla distanza di circa 44 cm con una analoga terna di cavi MT che trasporta verso la medesima stazione di utenza,, caratterizzato dalle sezioni riportate nelle seguenti figure.

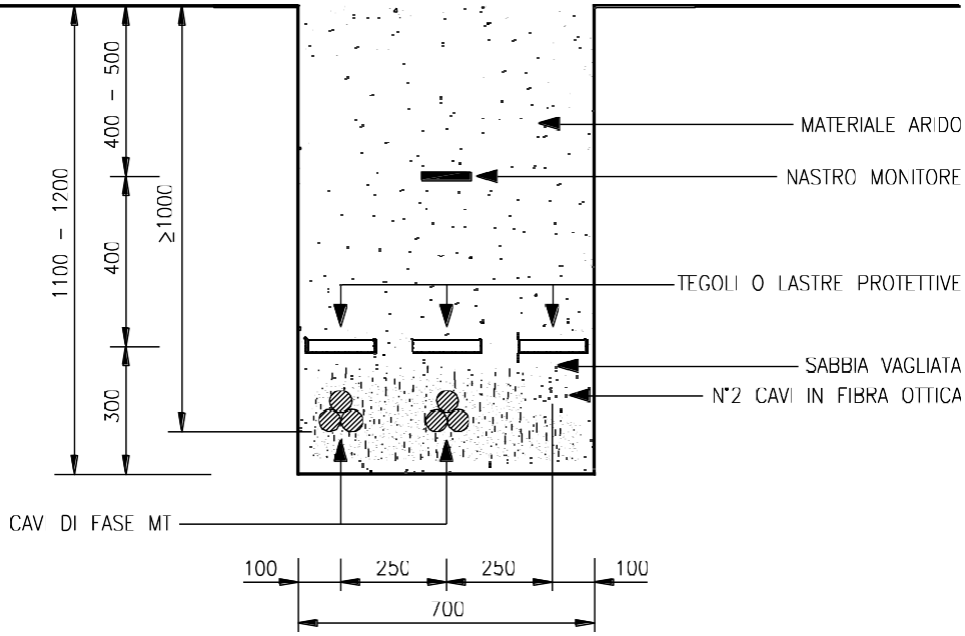


Figura 11 Sezione di posa cavi su terreno vegetale

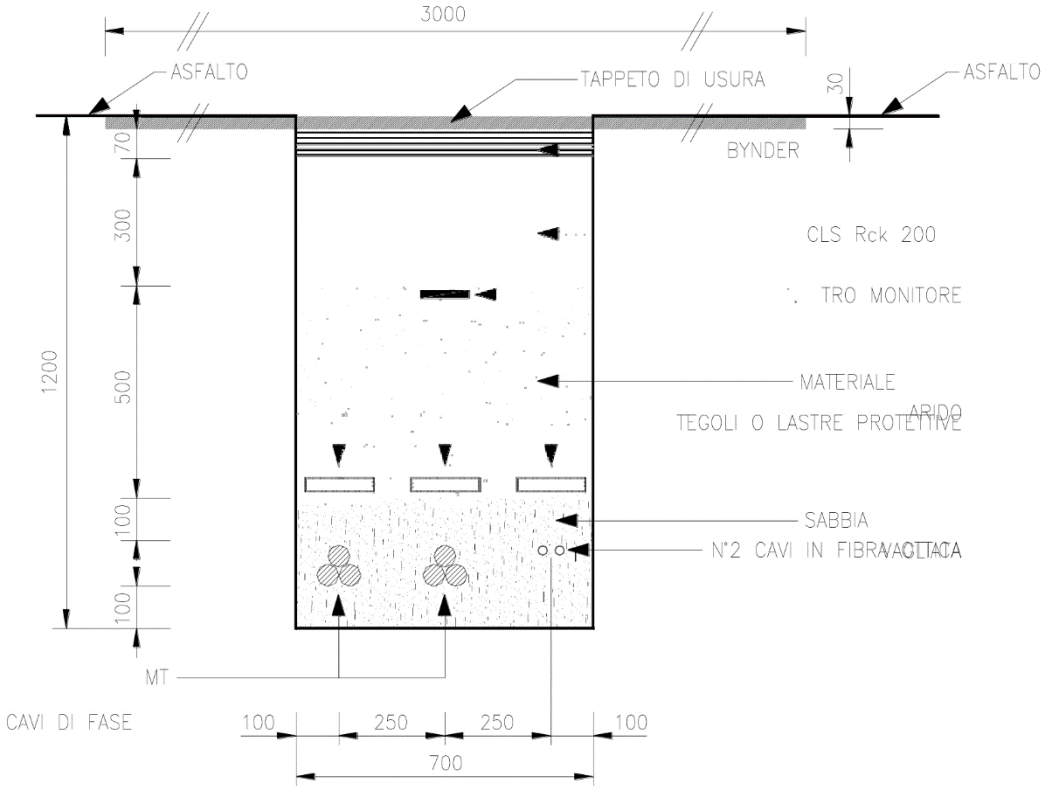


Figura 12 Cavi sotterranei su viabilità ordinaria e rurale

All'interno del cavidotto in esame si trovano due terne di cavi MT isolati a 20 kV che trasferiscono l'intera potenza dei due impianti FV verso la cabina di consegna.

Per quanto concerne i cavidotti MT esterni, per il collegamento della cabina di consegna al quadro MT della cabina primaria, si prevede l'utilizzo di 2 cavi tripolari a elica di sezione pari a 185 mm², posati su piano orizzontale. La corrente massima derivante dal campo fotovoltaico, che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto in oggetto è la seguente:

$$I_{b_max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{3} V_n \cos\varphi} = \frac{20 \cdot 10^6}{0{,}95 \cdot \sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3} = 320 \text{ A}$$

Nel calcolo, essendo il valore della induzione magnetica proporzionale alla corrente transitante nella linea, è stata presa in considerazione la configurazione di carico che prevede, come detto, una posa dei cavi su piano, ad una profondità di 1 m, con un valore di corrente pari a 320A, pari alla portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21.

La configurazione dell'elettrodotto è quella di assenza di schermature e distanza minima dei conduttori dal piano viario. Il calcolo è stato effettuato a differenti altezze. Nella seguente figura è riportato l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa, considerando che lungo il tracciato del cavidotto saranno posate due terne di cavi, nella medesima trincea.

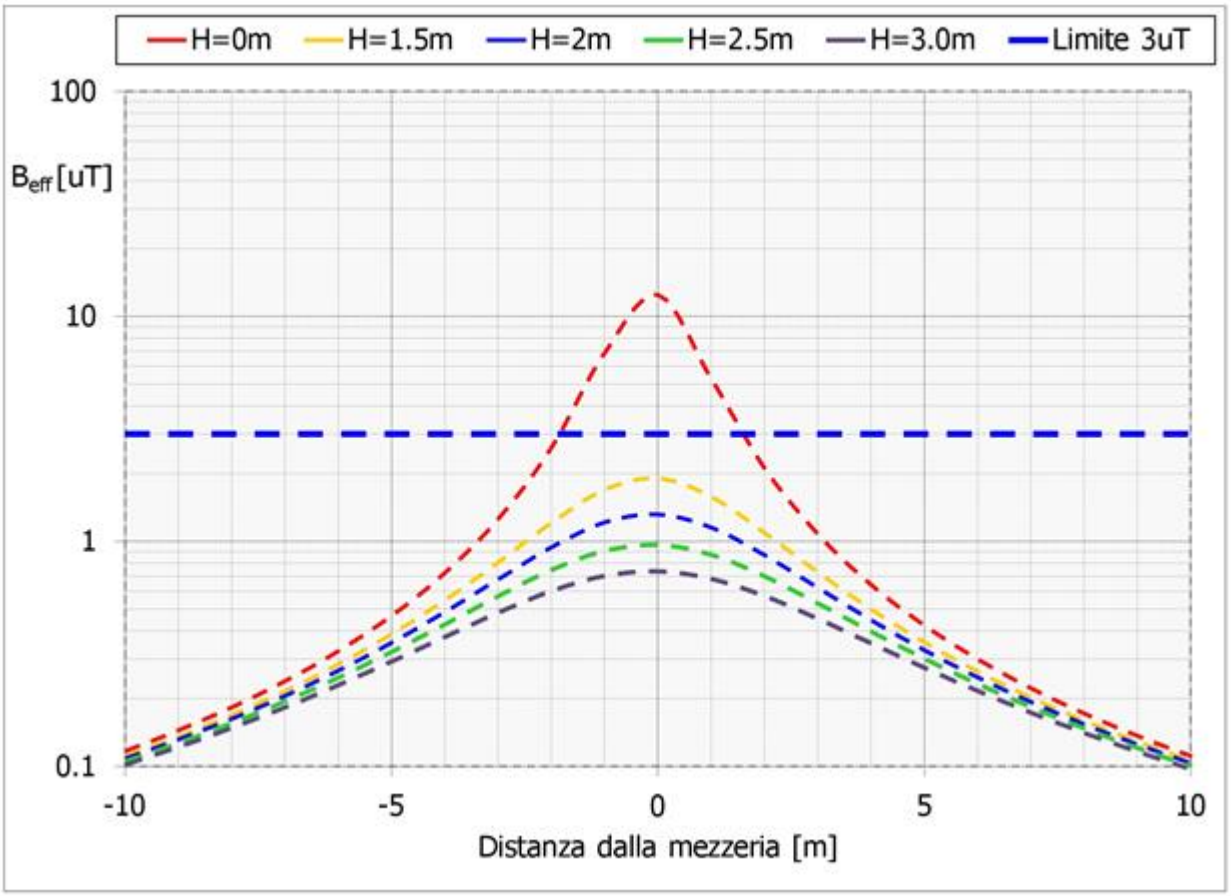


Figura 13 Induzione magnetica da linea in cavo alla massima corrente

Si può osservare come nel caso peggiore il valore di 3 µT è raggiunto a circa 2,6 m dall'asse del cavidotto.

E' da notare che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente che fluirà nel cavidotto sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, che, come detto, è pari solo a 320A nelle condizioni di massima erogazione, per entrambe le terne.

Se si tiene conto della effettiva corrente, il grafico sopra riportato si modifica come in figura seguente, dove per ciascuna delle due terne si è considerato un valore di corrente pari alla corrente di impiego, e cioè 320A. In tal caso il valore di 3 µT è raggiunto a circa 1,85 m dall'asse del cavidotto.

Il tracciato di posa dei cavi è stato studiato in modo che il valore di induzione magnetica sia sempre inferiore a 3 µT in corrispondenza dei ricettori sensibili (abitazioni e aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata), pertanto è esclusa la presenza di tali recettori all'interno della fascia calcolata.

Per la determinazione dell'ampiezza della fascia di rispetto è stata effettuata la simulazione di calcolo per il caso di due terne di cavi, posati alla distanza di 45,0 cm alla profondità di 1 m, secondo quanto riportato nel presente documento e con la corrente massima per ciascuno dei cavi utilizzati e cioè pari a 710 A. Il risultato del calcolo è riportato nella figura seguente.

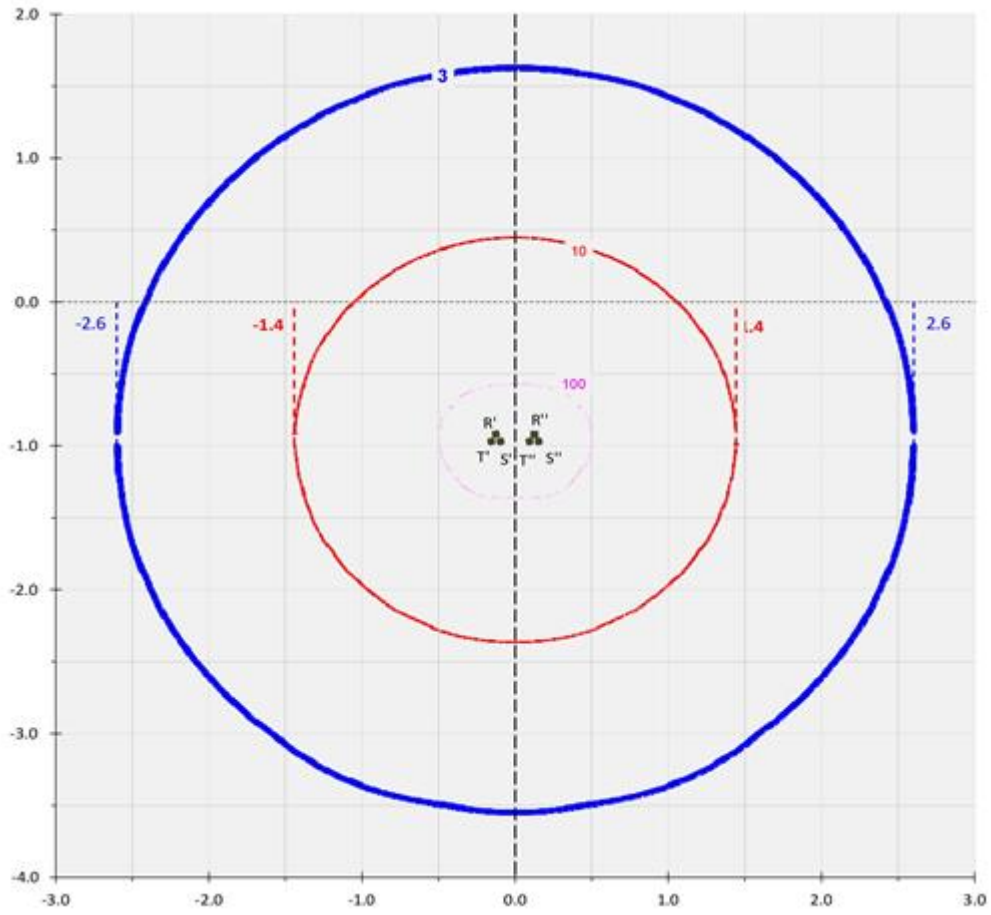


Figura 14 Curve equipotenziali di induzione da cavo MT a trifoglio alla massima corrente

Si può quindi considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 3 m, a cavallo dell'asse del cavidotto.

Infine, poiché in un cavo schermato il campo elettrico esterno allo schermo è nullo, non è rappresentato il calcolo del campo elettrico prodotto dalla linea in oggetto.

10.2 ANALISI DEI RISULTATI OTTENUTI

Come mostrato nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti le azioni di progetto fanno sì che sia possibile riscontrare intensità del campo di induzione magnetica superiore al valore obiettivo di 3 μT, sia in corrispondenza delle cabine di trasformazione che in corrispondenza del cavidotto MT esterno (provenienza cabina primaria).

D'altra parte è stato dimostrato come la fascia entro cui tale limite viene superato è circoscritto intorno alle opere suddette e, in particolare, ha una semi-ampiezza complessiva di circa 3 m a cavallo della mezzeria di tutto il cavidotto esterno MT.

Inoltre trattandosi di cavidotti che si sviluppano sulla viabilità stradale esistente si può certamente escludere la presenza di recettori sensibili stabili entro le predette fasce, venendo quindi soddisfatto l'obiettivo di qualità da conseguire nella realizzazione di nuovi elettrodotti fissato dal DPCM 8 Luglio 2003.

La stessa considerazione può ritenersi certamente valida per una fascia di circa 4 m attorno alle cabine di trasformazione ed alle cabine di impianto.

11. 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 dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 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 di 50 Hz degli elettrodotti".

In generale, per quanto riguarda il campo elettrico in media tensione esso è notevolmente inferiore a 5kV/m (valore imposto dalla normativa).

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica il calcolo nelle varie sezioni di impianto ha dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto, poiché è esclusa la presenza di recettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non sono inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge; mentre il campo elettrico generato è nullo a causa dello schermo dei cavi o assolutamente trascurabile negli altri casi per distanze superiori a qualche cm dalle parti in tensione.

Infatti per quanto riguarda il campo magnetico, relativamente ai cavidotti MT, in tutti i tratti interni realizzati mediante l'uso di cavi elicordati, si può considerare che l'ampiezza della semi-fascia di rispetto sia pari a 1m, a cavallo dell'asse del cavidotto. Per quanto concerne i tratti esterni, realizzati mediante l'uso di cavi elicordati posati in piano, è stata calcolata un'ampiezza della semi-fascia di rispetto pari a 4 m e, sulla base della scelta del tracciato, si esclude la presenza di luoghi adibiti alla permanenza di persone per durate non inferiori alle 4 ore al giorno.

Per ciò che riguarda le cabine di trasformazione l'unica sorgente di emissione è rappresentata dal trasformatore BT/MT, quindi in riferimento al DPCM 8 luglio 2003 e al DM del MATTM del 29.05.2008, l'obbiettivo di qualità si raggiunge, (trasformatore da 3000 kVA), già a circa 4 m (DPA) dalla cabina stessa. Per quanto riguarda la cabina d'impianto, vista la presenza del solo trasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari in BT e l'entità delle correnti circolanti nei quadri MT l'obbiettivo di qualità si raggiunge a circa 3 m (DPA) dalle cabine stesse. Comunque considerando che nelle cabine di trasformazione e nella cabina d'impianto non è prevista la presenza di persone per più di quattro ore al giorno e che l'intera area dell'impianto fotovoltaico sarà racchiusa all'interno di un recinzione metallica che impedisce l'ingresso di personale non autorizzato, si può escludere pericolo per la salute umana.

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 Particellare 10

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 Inquadramento impianto su IGM 4
Figura 2 Inquadramento impianto su Ortofoto 5
Figura 3 Inquadramento impianto su CTRN 10K 6
Figura 4 Inquadramento impianto su CTRN 5K 7
Figura 5 Area impianto 11
Figura 6 Tracciato elettrodotto 12
Figura 7 Fascia di rispetto 17
Figura 8 Curve equipotenziali linea MT sotterranea cavo cordato a elica 18
Figura 9 Cabina TIPO C 20
Figura 10 Cabina TIPO M 21
Figura 11 Sezione di posa cavi su terreno vegetale 22
Figura 12 Cavi sotterranei su viabilità ordinaria e rurale 23
Figura 13 Induzione magnetica da linea in cavo alla massima corrente 24
Figura 14 Curve equipotenziali di induzione da cavo MT a trifoglio alla massima corrente 25