



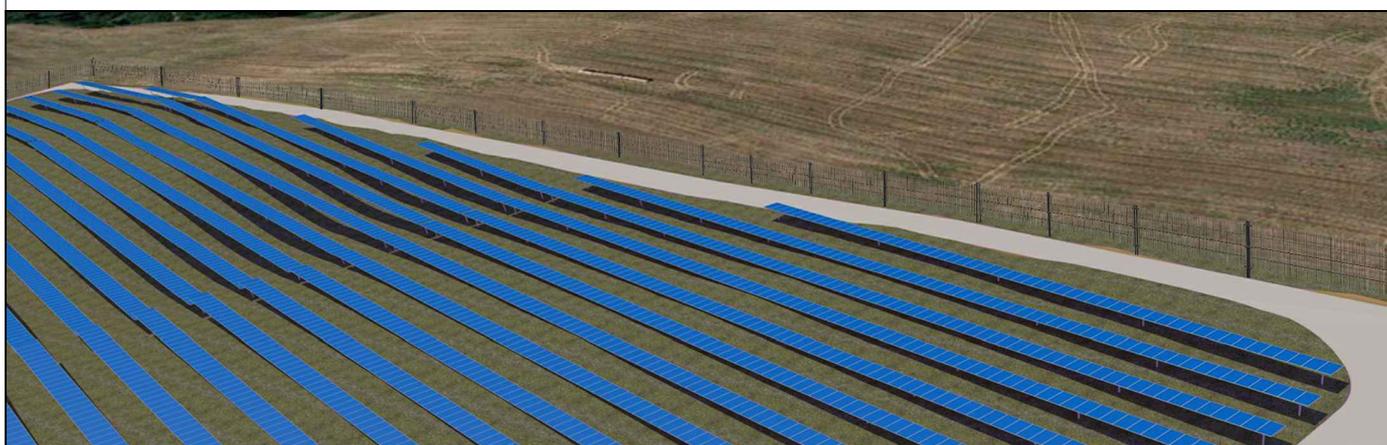
REGIONE BASILICATA
 PROVINCIA DI MATERA
 COMUNE DI POMARICO,
 MONTECAGLIOSO E BERNALDA



AUTORIZZAZIONE UNICA EX D.Lgs 387/2003

INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE SOLARE DENOMINATO "POMARICO 1" DI POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 20.000,00 kW E POTENZA DI PICCO PARI A 19.728,66 kW

Codice pratica: 202100508



Codice elaborato

Commessa	Livello prog.	Tipologia	Progressivo
SE224	PD	R	010

DATA	SCALA
Novembre 2021	-

Titolo elaborato

**A.8-Relazione tecnica specialistica
 sull'impatto elettromagnetico - punto 8
 integrazione MITE n. 3542 del 01/06/2022**

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
01	Giugno 2022	Integrazione MITE n. 3542 del 01/06/2022			

Progettazione:



STUDIO ENERGY SRL
 Via delle Comunicazioni snc
 75100 Matera
 C/F. e P.IVA 01175590775

Tecnici:

Dott. Ing. Calbi Francesco Rocco



Il Proponente:



SMARTENERGYIT2108 S.R.L.
 Piazza Covour, 1 - 20121 Milano (MI)
 C.F./P.IVA 11625090961

LEGALE RAPPRESENTANTE

INDICE

INDICE	1
1. INTRODUZIONE	2
1.1 GENERALITÀ	2
1.2 LAYOUT D'IMPIANTO	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E DEFINIZIONI TECNICHE	6
2.1 VALORI LIMITE	7
2.2 DIFFERENZA TRA CAMPI MAGNETICI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E DA CAVIDOTTI INTERRATI.....	9
3. CAMPI Elettromagnetici	11
3.1 MODULI FOTOVOLTAICI	11
3.2 INVERTER	11
3.3 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA	12
3.4 CABINE ELETTRICHE DI CAMPO/TRASFORMAZIONE	13
3.5 ALTRI CAVI.....	15
4. CAMPI Elettromagnetici OPERE CONNESSE	16
4.1 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MEDIA TENSIONE PER LA CONNESSIONE ALLA STAZIONE D'UTENZA.....	16
4.2 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA (SSE) DI TRASFORMAZIONE MT/AT	18
5. FASCE DI RISPETTO	20
5.1 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA (SSE) 150/30 kV.....	20
5.2 RACCORDO AEREO AT	20
5.3 STAZIONE ELETTRICA DI SMISTAMENTO DELLA RTN A 150 kV	22
5.4 RACCORDI AEREI IN AT 150 kV ALLE DUE LINEE ESISTENTI	26
5.4.1 CORRENTI DI CALCOLO	28
5.4.2 DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE	29
5.4.2.1 RACCORDI SULLA LINEA 150 kV "ITALCEMENTI-ITALCEMENTI MATERA"	29
5.4.2.2 RACCORDI SULLA LINEA 150 kV "FILATURA-PISTICCI CP"	30
5.4.3 CONFORMITÀ OPERA IN MATERIA DI CAMPO ELETTRICO	33
5.4.3.1 RACCORDI SULLA LINEA 150 kV "ITALCEMENTI-ITALCEMENTI MATERA"	35
5.4.3.2 RACCORDI SULLA LINEA 150 kV "FILATURA – PISCTICCI CP"	35
5.4.4 RECETTORI E MANUFATTI	37
6. CONCLUSIONI	39

1. INTRODUZIONE

1.1 GENERALITÀ

La centrale di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile di tipo fotovoltaica denominata **"POMARICO 1"** della potenza nominale di 19,72866 MWp nel comune di Pomarico (MT) e Montescaglioso (MT), in Contrada Cappaianco, e verrà connesso alla Rete di Trasmissione Nazionale in antenna a 150 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150 kV da inserire in entra-esce alle linee a 150 kV della RTN "Filatura-Pisticci CP" e "Italcementi – Italcementi Matera". La sezione a 150 kV della SE sarà del tipo unificato TERNA con isolamento in aria e sarà costituita da:

- n.1 sistema a doppia sbarra,
- n.2 stalli per entra-esce raccordi sulla linea esistente 150kV "Italcementi – Italcementi Matera";
- n.2 stalli per entra-esce raccordi sulla linea esistente 150kV "Filatura-Pisticci CP";
- n.1 stallo per la connessione Stazione Utente – SmartenergyIT2018 s.r.l.;
- n.2 stalli per parallelo sbarre;
- n.5 stalli disponibili per linee future.

L'area di intervento dell'impianto fotovoltaico è contraddistinta al Catasto Terreni del comune di Pomarico (MT) Foglio 58 p.lla 77, Foglio 64 p.lle 21,38,39,49,299,298,297,296,40,3,141,95, Foglio 63 p.lle 2,60 e Montescaglioso (MT) al Foglio 79 alle particelle 40,1,41,8 per complessivi 42 ha circa, di cui l'impianto occuperà circa 31 ha e per una massima potenza installabile di 19,72866 MWp. L'area impegnata dalla stazione di trasformazione AT/MT riservata alla società SmartEnergyIT2108 e il sistema di sbarre condivise con altri produttori, sarà realizzato su terreno contraddistinto alla particella 92 Foglio 83 del comune di Montescaglioso, mentre la futura SE di smistamento della RTN a 150 kV interesserà la particella 248 del foglio 83 anch'essa del comune di Montescaglioso. Per entrambe è in corso procedura di esproprio.

Gli interventi occupano totalmente o parzialmente le particelle elencate come rappresentato negli specifici elaborati di planimetria catastale (A12.a.16.a e A.12.a.16.b, A.12.a.16.c).

Il parco fotovoltaico, in base a quanto indicato nella STMG, sarà collegato alla Rete di Trasmissione Nazionale in antenna a 150 kV su una futura Stazione Elettrica (SE) di Smistamento della RTN a 150kV da inserire in entra-esce alle linee a 150 kV della RTN "Filatura – Pisticci CP" e "Italcementi – Italcementi Matera".

L'area di intervento delle opere di utenza e di rete è prossima alla SP154, quindi di facile accessibilità.

La connessione avverrà mediante costruzione di una linea a 30 kV in cavo MT interrato della lunghezza di circa 12 km dal campo fotovoltaico fino alla stazione d'utenza e di cavo AT per circa 30 m dal sistema di sbarre condivise a 150 kV alla futura SE di Terna. Il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV costituirà impianto di utenza per la connessione e arriverà allo stallo produttore che si trova sulla suddetta stazione.

Le motivazioni delle opere finalizzate alla connessione dell'impianto fotovoltaico risiedono principalmente nella necessità di consentire l'immissione in rete dell'energia prodotta.

1.2 LAYOUT D'IMPIANTO

L'impianto oggetto della presente relazione tecnica ha una potenza nominale di 19,72866 MWp, intesa come somma delle potenze nominali dei singoli moduli fotovoltaici scelti per realizzare il generatore fotovoltaico.

Si tratta di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica il cui layout prevede l'utilizzo di inverter multistringa del tipo **HUAWEI SUN2000-185KTL-H1** con potenza in uscita in AC di 185kVA che potranno variare in relazione alla disponibilità che vi sarà sul mercato in fase di redazione del progetto esecutivo. Al fine di massimizzare la producibilità di energia sarà dotato di sistema di inseguimento solare.

Per la realizzazione del generatore fotovoltaico, si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici del tipo **Jinko Solar del tipo bifacciale da 535 Wp** o equivalenti, i quali verranno acquistati in funzione della disponibilità e del costo di mercato in sede di realizzazione.

Il dimensionamento del generatore fotovoltaico è stato eseguito tenendo conto della superficie utile disponibile, dei distanziamenti da mantenere tra filari di moduli per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento e degli spazi necessari per l'installazione dei locali di conversione e trasformazione, e di tutti i locali presenti all'interno dell'impianto.

Il numero di moduli necessari per la realizzazione del generatore è pari 36.876. L'impianto sarà suddiviso in n. 10 sottocampi, per ognuno dei quali si dovrà realizzare un locale di conversione e trasformazione, all'interno del quale saranno installati i quadri elettrici di bassa tensione, i trasformatori MT/BT, i dispositivi di protezione dei montanti di media tensione dei trasformatori, un interruttore generale di media tensione e gli eventuali gruppi di misura dell'energia prodotta.

Ciascun inverter verrà collegato al relativo trasformatore attraverso un quadro elettrico di bassa tensione equipaggiato con dispositivi di generatore (tipicamente interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale) uno per ogni inverter e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico, attraverso il quale verrà realizzato il collegamento con l'avvolgimento BT del trasformatore stesso.

Le cabine di trasformazione saranno posizionate in posizione pressoché baricentrica rispetto ai generatori, in modo tale da ridurre le perdite per effetto Joule sulle linee di bassa tensione in corrente continua e in corrente alternata. All'interno di ciascuna cabina sarà predisposto un quadro elettrico di media tensione, contenente due interruttori di manovra-sezionatore combinati con fusibili, per la protezione dei montanti di media tensione dei trasformatori, un sezionatore di linea sotto carico interbloccato con un sezionatore di terra e gli eventuali gruppi di misura dell'energia prodotta.

Le 10 cabine di campo, raccolgono la potenza in BT e la trasformano in MT.

Tutte le cabine di campo (dalla 1 alla 10) saranno collegate tra di loro tramite cavi in media tensione (MT 30kV),

interrati Al 240 mmq. Dalla cabina 10 uscirà un unico cavo (MT 30kV) Al 630 mmq, interrato su strada asfaltata, della lunghezza di circa 12 km fino alla stazione di utenza, nella quale avverrà l'innalzamento della tensione a 150 kV; da essa partirà il collegamento con la futura SE di smistamento della RTN a 150 kV per l'immissione nella Rete di Trasmissione Nazionale.

Di seguito si riporta l'insieme degli elementi costituenti l'impianto di utente:

- ✓ 36.876 moduli fotovoltaici;
- ✓ 1317 stringhe fotovoltaiche costituite da 28 moduli in serie;
- ✓ 103 inverter Huawei SUN2000-185KTL-H1;
- ✓ inseguitori solari monoassiali e sistema fisso;
- ✓ cavi elettrici di bassa tensione in corrente continua che arrivano agli inverter e ai quadri elettrici BT installati all'interno delle cabine di trasformazione
- ✓ cavi di bassa tensione per il collegamento degli avvolgimenti di bassa tensione dei trasformatori ai quadri elettrici di bassa tensione;
- ✓ n. 10 quadri elettrici di bassa tensione installati all'interno dei locali inverter ciascuno dotato di interruttori automatici di tipo magnetotermico-differenziale (dispositivi di generatore), uno per ogni gruppo di generazione, e un interruttore automatico generale di tipo magnetotermico per la protezione dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore BT/MT;
- ✓ n. 10 trasformatori MT/BT, uno per ciascun sottocampo, di taglia diversa a seconda dei sottocampi: 2500 kVA -1600 kVA -1000 kVA;
- ✓ n. 10 cabine di trasformazione delle dimensioni complessive di 6,10 x 2,44 x 2,90 m
- ✓ n. 3 linee di media tensione in cavo interrato realizzate in cavo multipolare isolato in HEPR;
- ✓ n. 1 quadro elettrico generale di media tensione.

Nel suo complesso, l'opera in oggetto si inserisce nel contesto nazionale ed internazionale come uno dei mezzi per contribuire a ridurre le emissioni atmosferiche nocive come previsto dal Protocollo di Kyoto del 1997 che anche l'Italia, come tutti i paesi della Comunità Europea, ha ratificato. Il sito scelto, in tale contesto, viene a ricadere in aree naturalmente predisposte a tale utilizzo e quindi ottimali per un razionale sviluppo nel settore rinnovabile.

Lo sviluppo di tali fonti di approvvigionamento energetico, quindi, oltre a contribuire all'incremento dello stesso approvvigionamento ed alla diversificazione delle fonti, favorisce l'occupazione e il coinvolgimento delle realtà locali riducendo l'impatto sull'ambiente legato al tradizionale ciclo di produzione energetica.

Come noto, tutte le apparecchiature a funzionamento elettrico generano, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici. Le onde elettromagnetiche sono fondamentalmente suddivise in due gruppi: radiazioni non ionizzanti e radiazioni ionizzanti.

Le linee elettriche, i sistemi di comunicazione telefonica e radiotelevisiva, gli elettrodomestici e più in generale le apparecchiature elettriche, sono tutte appartenenti alla categoria delle radiazioni non ionizzanti (NIR), che hanno un'energia associata che non è sufficiente ad indurre nella materia il fenomeno della ionizzazione, ovvero non possono dare luogo alla creazione di atomi o molecole elettricamente cariche (ioni).

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E DEFINIZIONI TECNICHE

- D.M. del 29 maggio 2008 - Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti;
- DPCM del 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";
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001 - legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici (completata a regime con l'emanazione del d.p.c.m. 8 luglio.2003);
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449;
- CEI ENV 50166-1 1997-06 - Esposizione umana ai campi elettromagnetici Bassa frequenza (0-10 kHz);
- CEI 211-6 2001-01 - Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz-10 kHz con riferimento all'esposizione umana;
- CEI 106-11 2006-02 - Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del d.p.c.m. 8 luglio 2003. Parte 1 Linee elettriche aeree o in cavo;
- CEI 211-4 2008-09 - Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche.

Per quanto riguarda la definizione delle grandezze elettromagnetiche di interesse si fa riferimento alla norma CEI 211-6 (2001-01), prima edizione, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 kHz - 10 KHz, con riferimento all'esposizione umana".

In merito, invece, alle definizioni di esposizione, limite di esposizione, valore di attenzione, obiettivo di qualità, elettrodotta, valgono le definizioni contenute all'art. 3 della legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".

- o *Esposizione*: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;
- o *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 per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a);
- o *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 per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettere b) e c). Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

- *Obiettivi di qualità:* 1) i criteri localizzativi, gli standard urbanistici, le prescrizioni e le incentivazioni per l'utilizzo delle migliori tecnologie disponibili, indicati dalle leggi regionali secondo le competenze definite dall'articolo 8; 2) i valori di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, definiti dallo Stato secondo le previsioni di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), ai fini della progressiva mitigazione dell'esposizione ai campi medesimi;
- *Elettrodotti:* è l'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 ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici. ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici.

2.1 VALORI LIMITE

Il citato d.p.c.m. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e i valori di attenzione, per la protezione della popolazione dall'esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- All'art.3 comma 1: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100 μ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
- All'art.3 comma 2: a titolo di misura di cautela 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, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.
- Art.4 comma 1: 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, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco dell 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Lo stesso d.p.c.m., all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per

le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ($B=3\mu T$) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29.05.2008 definisce quale fascia di rispetto lo spazio circostante l'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. Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che risulta sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica. Pertanto, nei successivi paragrafi sono state calcolate le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di 3 μT .

Alla frequenza di 50 Hz il campo elettrico (misurato in V/m) e quello magnetico (misurato in T) possono essere considerati disaccoppiati, e analizzati, dal punto di vista fisico-matematico, separatamente.

Per sua natura il corpo umano (costante dielettrica molto diversa da quella dell'aria) possiede capacità schermanti nei confronti del campo elettrico. Il campo elettrico quindi ha, per i valori di campo generato da qualsiasi installazione elettrica convenzionale, effetti del tutto trascurabili (solo in prossimità di linee AT a 400kV, tensione non raggiunta in Italia in nessuna linea di trasmissione AT, si raggiungono valori di 4kV/m prossimi al limite di legge per zone frequentate, valore che si abbatte esponenzialmente all'aumentare della distanza dal conduttore. Il campo elettrico risulta proporzionale alla tensione del circuito considerato.

Viceversa, il corpo umano presenta una permeabilità magnetica sostanzialmente simile a quella dell'aria, per cui non presenta grandi capacità schermanti contro il campo magnetico, il quale lo attraversa completamente rendendo i suoi effetti più pericolosi di quelli del campo elettrico. Il campo magnetico è proporzionale al valore di corrente che circola nei conduttori elettrici ed i valori di corrente che si possono avere nelle ordinarie installazioni elettriche possono generare campi magnetici che possono superare i valori imposti dalle norme.

La normativa attualmente in vigore disciplina in modo differente i valori ammissibili di campo elettromagnetico, distinguendo i "campi elettromagnetici quasi statici" ed i "campi elettromagnetici a radio frequenza".

Nel caso dei campi quasi statici, ha senso ragionare separatamente sui fenomeni elettrici e magnetici e ha quindi anche senso imporre separatamente dei limiti normativi alle intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica. Il modello quasi statico è applicato al caso della distribuzione di energia, in relazione alla frequenza di distribuzione dell'energia in rete che è pari a 50Hz. In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici coinvolti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici. Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz.

2.2 DIFFERENZA TRA CAMPI MAGNETICI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E DA CAVIDOTTI INTERRATI

Come accennato, l'intensità del campo magnetico generato in corrispondenza di un elettrodotto dipende dall'intensità della corrente circolante nel conduttore; tale flusso risulta estremamente variabile sia nell'arco di una giornata sia su scala temporale maggiore. Per le linee elettriche aeree, il campo magnetico assume il valore massimo in corrispondenza della minima distanza dei conduttori dal suolo, ossia al centro della campata, e decade molto rapidamente allontanandosi dalle linee.

Non c'è alcun effetto schermante nei confronti dei campi magnetici da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea: quindi all'interno di eventuali edifici circostanti si può misurare un campo magnetico di intensità comparabile a quello riscontrabile all'esterno. Quindi, sia campo elettrico che campo magnetico decadono all'aumentare della distanza dalla linea elettrica, ma mentre il campo elettrico è facilmente schermabile da oggetti quali legno, metallo, ma anche alberi ed edifici, il campo magnetico non è schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono:

- distanza dalle sorgenti (conduttori);
- intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- disposizione e distanza tra sorgenti (distanza reciproca tra i conduttori di fase);
- presenza di sorgenti compensatrici;
- suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

Nel caso di elettrodotti in alta tensione, i valori di campo magnetico, pur al di sotto dei valori di legge imposti, sono notevolmente al di sopra della soglia di attenzione epidemiologica (SAE) che è di $0.2 \mu\text{T}$. Infatti, solo distanze superiori a circa 80 m dal conduttore permettono di rilevare un valore così basso del campo magnetico. È necessario notare inoltre che aumentare l'altezza dei conduttori da terra permette di ridurre il livello massimo generato di campo magnetico ma non la distanza dall'asse alla quale si raggiunge la SAE.

È possibile ridurre questi valori di campo interrando gli elettrodotti. Questi vengono posti a circa 1.2-1.5 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento protettivo. I fili vengono posti a circa 20 cm l'uno dall'altro e possono assumere disposizione lineare (terna piana) o triangolare (trifoglio).

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente

con la distanza (i circa 80 m diventano in questo caso circa 24).

Altri metodi con i quali ridurre i valori di intensità di campo elettrico e magnetico possono essere quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto questi sono isolati con delle membrane isolanti. Queste portano ad una riduzione del campo magnetico.

I cavi interrati sono quindi un'alternativa all'uso delle linee aeree; essi sono disposti alla profondità di almeno 1.2 metri dal suolo, linearmente sullo stesso piano oppure a triangolo (disposizione a trifoglio).

Confrontando il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si può notare che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata. In generale si può affermare che l'intensità a livello del suolo immediatamente al di sopra dei cavi di una linea interrata è inferiore a quella immediatamente al di sotto di una linea aerea ad alta tensione. Ciò è dovuto soprattutto ad una maggiore compensazione delle componenti vettoriali associate alle diverse fasi, per effetto della reciproca vicinanza dei cavi, che essendo isolati, possono essere accostati l'uno all'altro, come non può farsi per una linea aerea con conduttori nudi.

3. CAMPI ELETTROMAGNETICI

3.1 MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici lavorano in corrente continua 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.

3.2 INVERTER

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno utilizzano un trasformatore ad alta frequenza per ridurre le perdite di conversione. Essi pertanto sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze. D'altro canto il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

A questo scopo gli inverter previsti possiedono la certificazione di rispondenza alle normative di compatibilità elettromagnetica (EMC) (IEC 55011, IEC 61000-6-2, FCC Part 15 Class A). Tra gli altri aspetti queste norme riguardano:

- disturbi alle trasmissioni di segnale operate dal gestore di rete in sovrapposizione alla trasmissione di energia sulle sue linee;
- variazioni di tensione e frequenza. La propagazione in rete di queste ultime è limitata dai relè di controllo della protezione di interfaccia asservita al dispositivo di interfaccia. Le fluttuazioni di tensione e frequenze sono però causate per lo più dalla rete stessa. Si rendono quindi necessarie finestre abbastanza ampie, per evitare una continua inserzione e disinserzione dell'impianto fotovoltaico;
- la componente continua immessa in rete. Il trasformatore elevatore contribuisce a bloccare tale componente. In ogni modo il dispositivo di interfaccia di ogni inverter interviene in presenza di componenti continue maggiori dello 0,5% della corrente nominale.

Le questioni di compatibilità elettromagnetica concernenti i buchi di tensione (fino ai 3 s in generale) sono in genere dovute al coordinamento delle protezioni effettuato dal gestore di rete locale.

3.3 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA

Per quanto riguarda il rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, si è tenuto conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla citata legislazione a $3 \mu\text{T}$.

La tipologia di cavidotti presenti nell'impianto prevede, all'interno del campo fotovoltaico, l'utilizzo di cavi elicordati, per i quali vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17. Come illustrato nella 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 $3 \mu\text{T}$, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza ($50 \div 80 \text{ cm}$) dall'asse del cavo stesso.

Si rappresenta, inoltre, che 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, e le linee di classe prima ai sensi del DM 21 marzo 1988 n. 449 (quali le linee di bassa tensione) in quanto le relative fasce di rispetto hanno un'ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal DM 21 marzo 1988 e 449 e s.m.i.

Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati e di linee di classe prima 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.

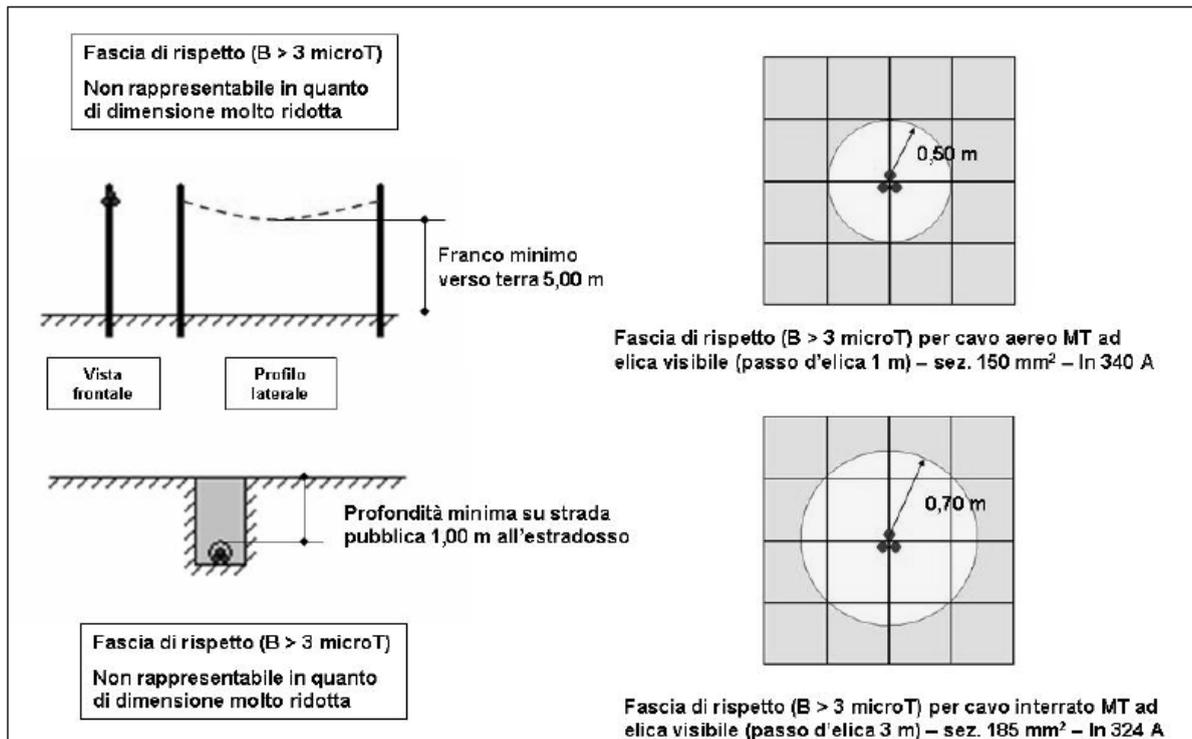


Figura 1 – Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale "Elico" della piattaforma "EMF Tools", che tiene conto del passo d'elica.

La 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 microtesla). Come prescritto dall'art. 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 ed a uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore (figura 2).

Le Regioni (fermi i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità) nella definizione dei tracciati degli elettrodotti che ricadono nella loro competenza autorizzativa, devono tener conto delle fasce di rispetto determinate secondo la metodologia in allegato al Decreto 29 maggio 2008 (art.8, c. 1, let.b) della Legge 36/2001.

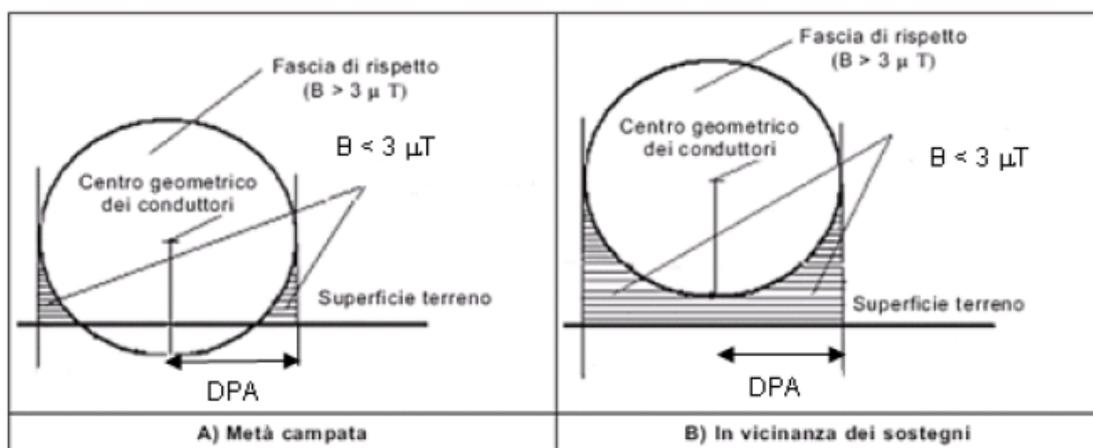


Figura 2 - Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

N.B. La dimensione della DPA delle linee elettriche viene fornita approssimata per eccesso al metro superiore (interpretazione prevalente delle ARPA).

La 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 del suolo disti dalla proiezione del suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto (figura 2). 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 (scheda B10).

3.4 CABINE ELETTRICHE DI CAMPO/TRASFORMAZIONE

Per quanto riguarda i componenti dell'impianto sono da considerare le cabine elettriche di campo/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 collocati nelle cabine di trasformazione. Il calcolo della D.P.A. con più trasformatori non è normato dal decreto del 29 maggio 2008, in quanto le formule sono definite per cabine costituite da un solo trasformatore con potenza massima pari a 630 kW. Questo implica che non esistono delle tabelle standard di D.P.A. relative a impianti di potenza maggiore a 630 kW e con

cabine con più di un trasformatore.

Si può stimare la D.P.A. di una cabina costituita da più trasformatori ipotizzando che tutta la corrente del lato bassa tensione sia canalizzata in un unico cavo collocato adiacente il muro interno della cabina. Questo metodo sovrastima di molto i valori di campo magnetico. La D.P.A. si può calcolare con la seguente formula:

$$DPA = 0.014 \cdot \left(\sum_i P_i \right)^{0.75}$$

dove:

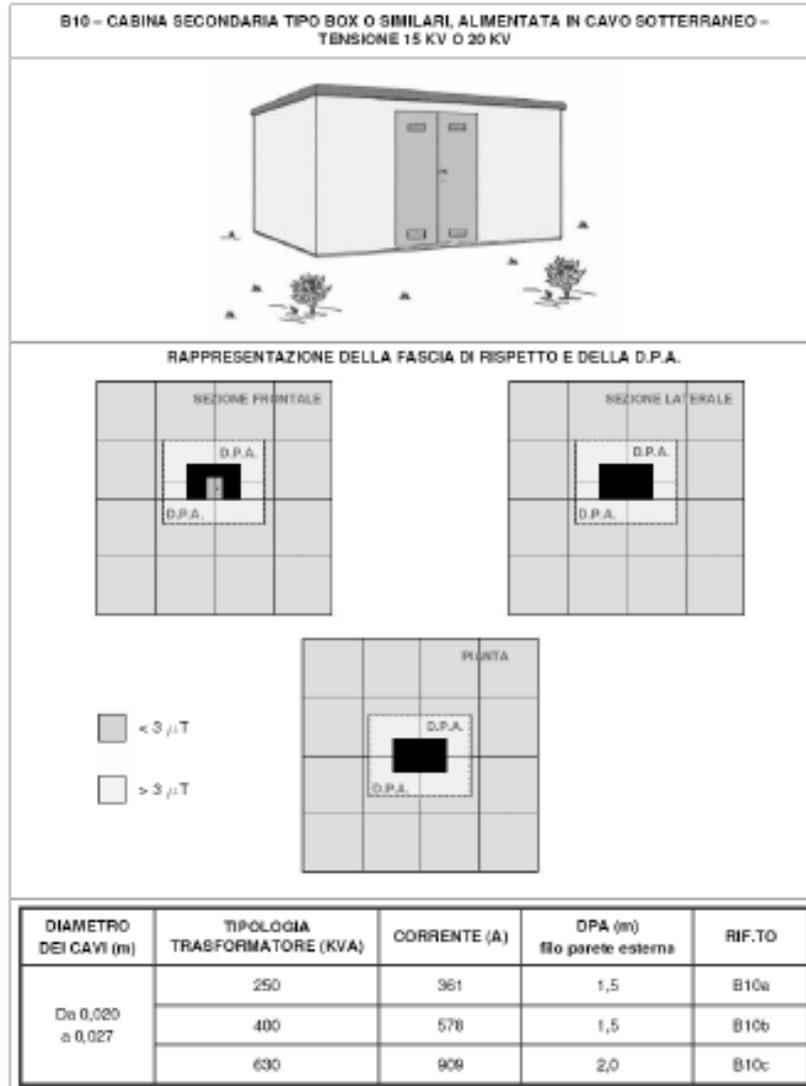
DPA = distanza di prima approssimazione (m)

Pi = potenza dei singoli trasformatori (kVA)

Stimeremo la D.P.A considerando il trasformatore di potenza maggiore pari 2500 kVA, ottenendo una DPA dell'ordine di 5 m.

Quindi, la curva a $3\mu\text{T}$ è rappresentata da un buffer massimo di circa 5 m dalle pareti di ciascuna cabina di trasformazione con trasformatore da 2500 kVA.

Si consideri inoltre che, nel caso in questione, le cabine sono posizionate all'aperto e normalmente non sono permanentemente presidiate.



3.5 ALTRI CAVI

Altri campi elettromagnetici dovuti al monitoraggio e alla trasmissione dati possono essere trascurati, essendo le linee dati realizzate normalmente in cavo schermato e che essendo linee di classe zero e prima sono escluse dalle valutazioni previste dal DM 29 maggio 2008.

4. CAMPI ELETTROMAGNETICI OPERE CONNESSE

4.1 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MEDIA TENSIONE PER LA CONNESSIONE ALLA STAZIONE D'UTENZA

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 esposte le considerazioni inerenti al solo campo magnetico.

È esaminata come unica situazione significativa ai fini del calcolo dell'intensità del campo di induzione magnetica quella generata dal tratto di cavidotto che trasporta l'intera potenza elettrica generata dall'impianto FV fino alla sottostazione elettrica di utenza.

All'interno del cavidotto in esame si trova una terna di cavi MT isolati a 30 kV di tipo ad elica visibile con conduttori in alluminio, aventi isolamento estruso (HEPR o XLPE) e schermo in alluminio avvolto a cilindro longitudinale, adatti per posa interrata, e che trasferisce l'intera potenza dell'impianto FV verso la stazione d'utenza. Si prevede l'impiego di cavi di sezione pari a 630 mm².

La corrente massima che può interessare le linee di collegamento MT tra le cabine di trasformazione interne all'impianto e dalla cabina di raccolta fino alla stazione di utenza è il seguente:

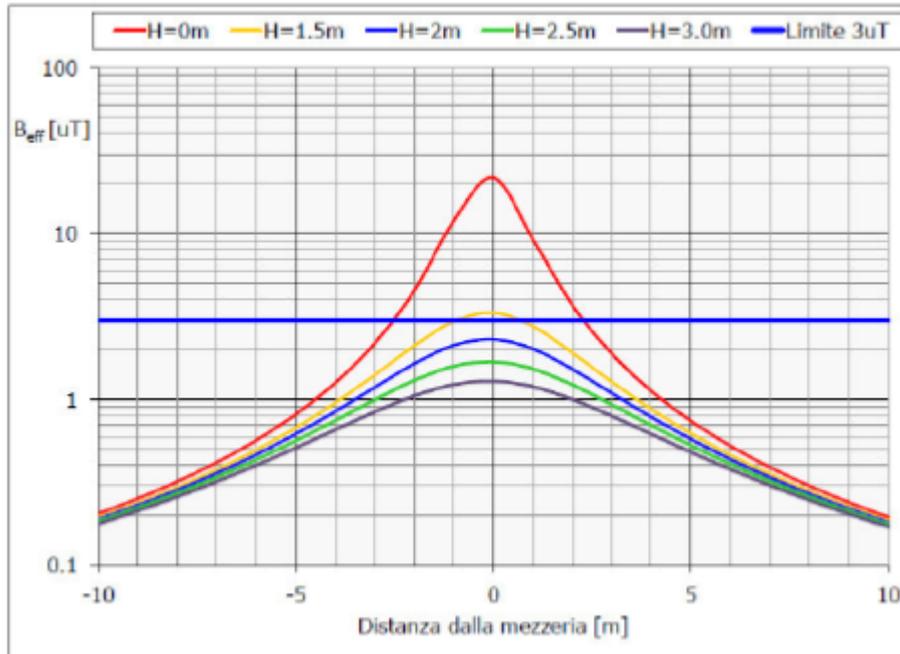
$$I_B = P_n \text{ generatore} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\phi) = 19,72866 \times 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,95) = 400 \text{ A}$$

dove:

- ✓ I_B è la corrente di impiego;
- ✓ $P_n \text{ generatore}$ è la potenza nominale della centrale fotovoltaica;
- ✓ V_n è la tensione nominale della linea;
- ✓ $\cos\phi$ è il fattore di potenza, fissato a 0,95 in base a quanto stabilito dalla norma CEI 11-32.

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 a elica visibile, ad una profondità di almeno 1.20 m, con un valore di corrente pari a 682 A, corrispondente 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. Nella seguente figura è riportato, a titolo esemplificativo, l'andamento dell'induzione magnetica per una sezione trasversale a quella di posa. Si può osservare come nel caso peggiore il valore di 3 μT è raggiunto a circa 2.5 m dall'asse del cavidotto. È da notare tuttavia che la condizione di calcolo è ampiamente cautelativa, in quanto la corrente massima che fluirà nei cavidotti sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico, ossia pari 400 A nelle condizioni di massima

erogazione.



Per profondità di 1.50 m, il valore di 3 μT è raggiunto a circa 1 m dall'asse del cavidotto.

Tuttavia, le aree in cui avviene la posa dei cavi sono agricole, ossia aree dove ovviamente non è prevista la permanenza stabile di persone per oltre 4 ore e/o la costruzione di edifici. Si può concludere, pertanto, che l'impatto elettromagnetico indotta dai cavi MT risulta praticamente nullo.

4.2 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA (SSE) DI TRASFORMAZIONE MT/AT

L'energia prodotta dal campo fotovoltaico viene convogliata presso la futura stazione di utenza di trasformazione 30/150 kV, ubicata in prossimità della futura Stazione Elettrica di smistamento della RTN a 150 kV.

Presso la SU è previsto:

- un ulteriore innalzamento della tensione da 30 kV a 150 kV;
- la misura dell'energia prodotta dal parco;
- la consegna a TERNA S.p.A.

Il trasformatore 30/150 kV avrà potenza nominale di 16/20 MVA raffreddamento in olio ONAN/ONAF, con vasca di raccolta sottostante, in caso di perdite accidentali.

Oltre al trasformatore MT/AT saranno installate apparecchiature AT per protezione, sezionamento e misura. L'area della sottostazione sarà delimitata da una recinzione con elementi prefabbricati "a pettine", che saranno installati su apposito cordolo in calcestruzzo (interrato). La finitura del piazzale interno sarà in asfalto. In corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.

Per quanto concerne la determinazione della fascia di rispetto, la SU è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria, per la quale la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto (area recintata).

Ciò in conformità a quanto riportato al paragrafo 5.2.2 dell'Allegato al decreto 29 maggio 2008 per questa tipologia di impianti la DPA e, quindi, la fascia di rispetto, rientra generalmente nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

L'impatto elettromagnetico nella SU risulta essenzialmente dovuto:

- al trasformatore MT/AT;
- alla realizzazione delle linee/sbarre aeree di connessione tra il trafo, le apparecchiature elettromeccaniche e l'area TERNA.

L'impatto generato dalle sbarre AT è di gran lunga quello più significativo e pertanto, di seguito si considera solo la valutazione della fascia di rispetto di queste ultime.

Le sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2.2 m, ad un'altezza di circa 4.5 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in oggetto risulta:

- S (distanza tra i conduttori) = 2.2 m
- P_n = Potenza massima dell'impianto (19.72 MW)
- V_n = Tensione nominale delle sbarre AT (150 kV)

Pertanto si avrà:

$$I = P_{n \text{ generatore}} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\phi) = 19.72 \times 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 150 \cdot 10^3 \cdot 0.95) = 79.8 \text{ A}$$

ed utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si ha:

$$R' = 0.34 \cdot \sqrt{2,2 \cdot 79.8} = 4,5 \text{ m}$$

Valore al di sotto della distanza delle sbarre dal perimetro della SU (distanza minima dalla recinzione 12 m), e di fatto dello stesso ordine di grandezza dell'altezza delle sbarre stesse (come sopra riportato pari a 4.5 m).

Alla luce dei risultati ottenuti, si può affermare che, nel caso delle sbarre AT, in conformità a quanto previsto dal decreto 29 maggio 2008 la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e, quindi, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'aerea di pertinenza della stazione di trasformazione in progetto. Comunque la stessa è realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di circa 200 m, e, all'interno della sua area non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione. Pertanto, si può concludere che l'impatto elettromagnetico su persone prodotto dalla realizzazione della stazione di trasformazione è trascurabile.

5. FASCE DI RISPETTO

Come anticipato, la linea in media tensione a 30 kV di collegamento dell'impianto alla Stazione di Utenza è in cavo tripolare ad elica visibile interrato e il campo magnetico generato dallo stesso è trascurabile per le motivazioni di cui al paragrafo 3.3 e 4.1. Pertanto, l'impatto elettromagnetico e il calcolo delle fasce di rispetto vengono considerati per:

1. Sottostazione Elettrica (SSE o Stazione di Utenza) 150/30 kV;
2. raccordo aereo AT di connessione tra il sistema di sbarre comuni e la Stazione di smistamento della RTN a 150 kV;
3. Stazione Elettrica di Smistamento della RTN a 150 kV;
4. raccordi aerei in AT 150 kV alle due linee esistenti a 150 kV "Filatura-Pisticci CP" e "Italcementi-Italcementi Matera".

5.1 SOTTOSTAZIONE ELETTRICA (SSE) 150/30 kV

Lo studio della fascia di rispetto della Sottostazione 150/30 kV è stato già condotto al paragrafo 4.2 della presente relazione a cui si rimanda.

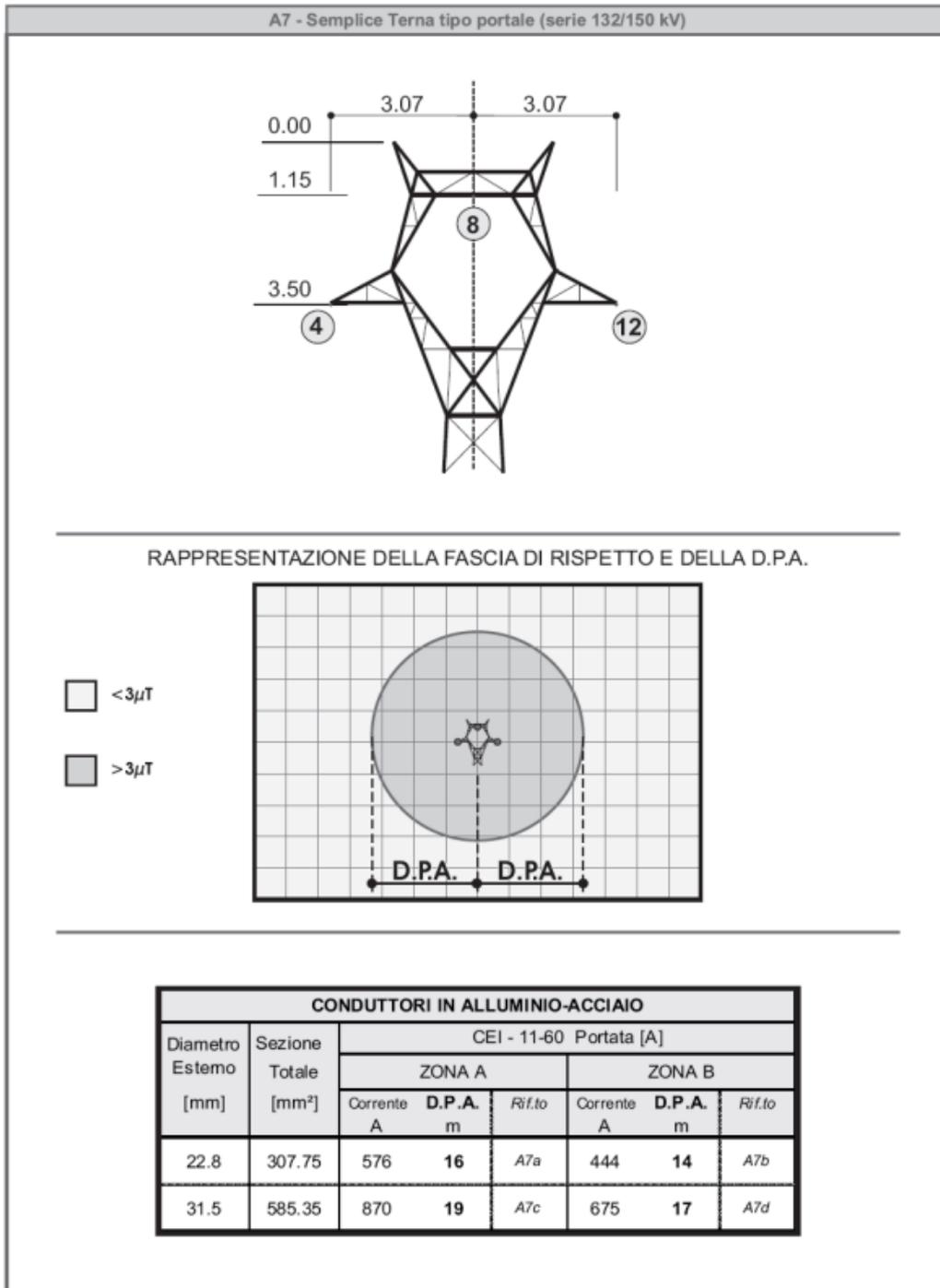
5.2 RACCORDO AEREO AT

Il raccordo di connessione AT dal sistema di sbarre condivise a 150 kV alla futura Stazione Elettrica di smistamento della RTN a 150 kV avverrà tramite un cavidotto aereo di lunghezza pari a circa 30 m. Tale linea elettrica AT a 150 kV sarà costituita da tre cavi della sezione di 585,35 mm² collocati su due sostegni di tipo portale (uno lato SSE, l'altro lato Stazione Terna), come meglio riportato di seguito.

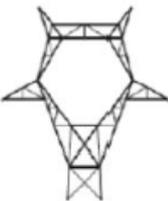
Con riferimento alla "Linea guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al dm 29.05.08" nella scheda A7 (semplice terna tipo portale – serie 132/150 kV) e, nel caso specifico per sezione totale dei cavi di 585,35 mm², nella scheda A7d, si riporta una DPA (ovvero una distanza dalla linea oltre la quale l'induzione magnetica risulta <3 µT) pari a 17 metri. Si fa presente, però, che tale valore è calcolato considerando una corrente che attraversa i cavi pari a circa 675 A, mentre nel caso del presente impianto fotovoltaico, come calcolato di seguito, la corrente che attraversa il cavo AT (pari a quella che attraversa le sbarre AT) ha valore di circa 80 A.

$$I_{bmax} = P_n \text{ generatore} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\phi) = 19,72 \times 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 150 \cdot 10^3 \cdot 0,95) = 79,8 \text{ A}$$

Pertanto la DPA sarà sicuramente inferiore a quella calcolata nella scheda presa come riferimento e riportata nelle immagini di seguito. Peraltro, i sostegni delle linee AT hanno un'altezza dal piano campagna di circa 15 m.



Scheda A7 delle "Linee guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'allegato del dm 29.05.08

Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
Semplice Terna tipo portale (serie 132/150 kV) Scheda A7	22.8 mm 307.75 mm ²		576	16	A7a
			444	14	A7b
			870	19	A7c
			31.5 mm 585.35 mm ²	675	17

Calcolo DPA - Scheda A7d delle "Linee guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'allegato del dm 29.05.08

5.3 STAZIONE ELETTRICA DI SMISTAMENTO DELLA RTN A 150 kV

La nuova Stazione Elettrica di smistamento è prevista in entra-esce sulle due linee a 150 kV "Italcementi – Italcementi Matera" e "Filatura – Pisticci CP".

Per le fasce di rispetto, sono utilizzati i seguenti dati:

- Portata di corrente in servizio normale;
- Numero e tipologia dei conduttori (diametro e materiali), geometria della disposizione;
- Condizioni di fase relative alle correnti nei conduttori;
- Profondità/altezza dei conduttori rispetto al suolo.

Il modello di calcolo regolato dalla norma CEI 106-11 è quello previsto dalla legge di Biot-Savart, la quale calcola il valore dell'induzione magnetica su un piano trasversale alla linea (aerea o interrata), quindi su due sole dimensioni.

Questo considera la stima dell'induzione magnetica di ciascun conduttore percorso da corrente e l'applicazione successiva della sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale. Le ipotesi di calcolo, prevedono che i conduttori siano considerati rettilinei, orizzontali, indefinitamente lunghi e paralleli fra loro; che le correnti siano considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori.

Non sono prese in considerazione le correnti indotte negli schermi (linee in cavo interrato) e viene assunto che il suolo sia perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico. Per le varie tipologie di elettrodotto possono essere utilizzate le formule approssimate indicate nella Norma CEI 103-11, assieme alle formule da utilizzare per la valutazione del CEM.

Nello specifico, riferendoci alla conoscenza della induzione magnetica, una volta ottenute le componenti sul piano B_x e B_y (il modello è bidimensionale, componente B_z nulla), si applica la seguente formula per determinare l'induzione magnetica complessiva:

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2} \quad [\mu T]$$

Per i calcoli della parte Produttore, non riconducibili in generale a soluzioni standard (come quelle del gestore) si è utilizzato un software specialistico BECALC, in grado di applicare rapidamente le formule e visualizzarne graficamente il risultato.

Per le aree di stazione, a livello generale, si può far riferimento al documento: Linee Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.2008. In questo documento, per la parte sbarre a 150 kV (rif scheda n. 16), la fascia di rispetto 3 mT, è larga 14 m, misurati trasversalmente all'asse sbarre.

Le rappresentazioni d'esempio indicate nella guida citata, sono riferite ad una Cabina Primaria con due stalli trasformatore MT/AT da 63 MVA, pertanto calcolate per una corrente sul livello 150 kV pari a 243 A per macchina.

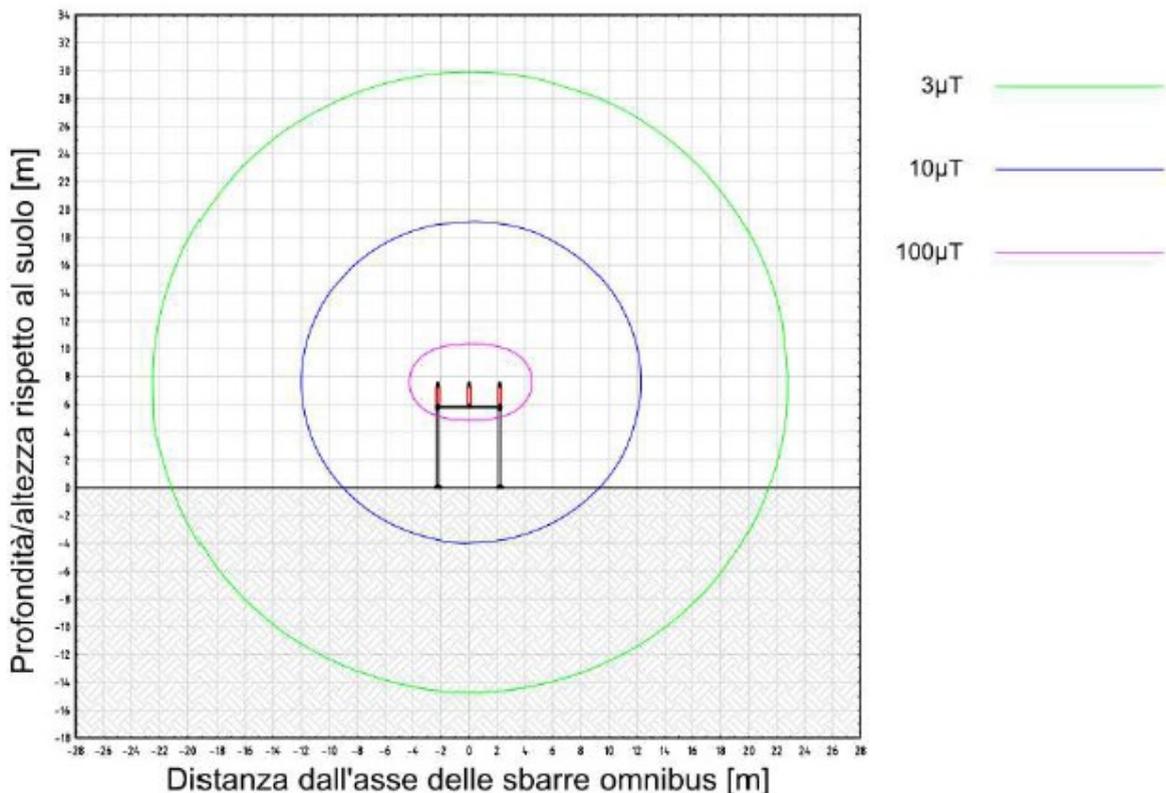
Nella presente relazione ci si riferisce alle specifiche contenute nel documento Terna Allegato A.3 Requisiti e caratteristiche di riferimento di stazioni e linee elettriche della RTN, nel quale si considerano le correnti nominali: 2000 A per le sbarre e 1250 A per gli stalli linea.

Le isolinee calcolate con il SW per l'induzione magnetica B, sono relative a queste correnti, di seguito sono riportati i grafici che definiscono le distanze anzidette con i valori nominali di corrente.

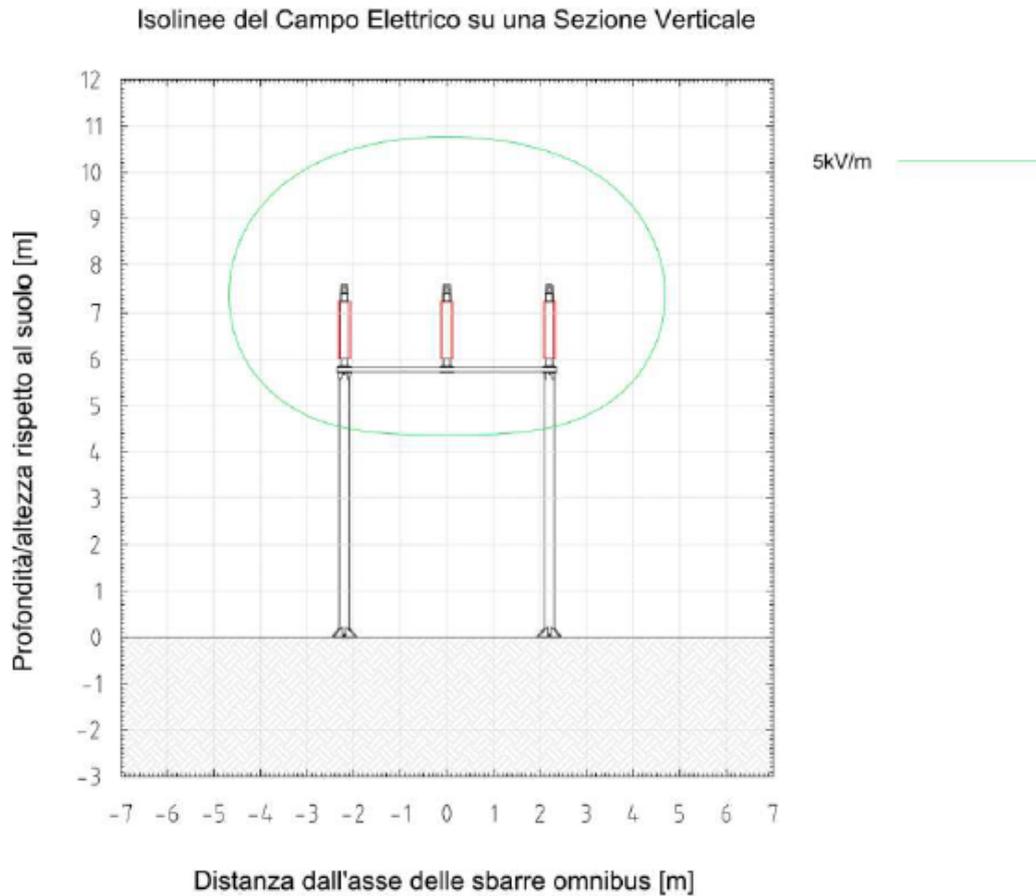
SBARRE OMNIBUS

Di seguito vengono rappresentati calcoli per la parte in aria (stazioni tipo AIS), in particolare per questa parte oltre le curve a induzione costante, sono stati calcolati i livelli del campo elettrico, infatti in tale zona anche il campo elettrico è significativo, per quanto, come verrà meglio riepilogato nelle conclusioni, tali aree sono accessibili solo a personale specialistico, per il quale, con riferimento ai tempi, valgono le valutazioni dei rischi dedicate.

Isolinee dell'Induzione Magnetica su una Sezione Verticale



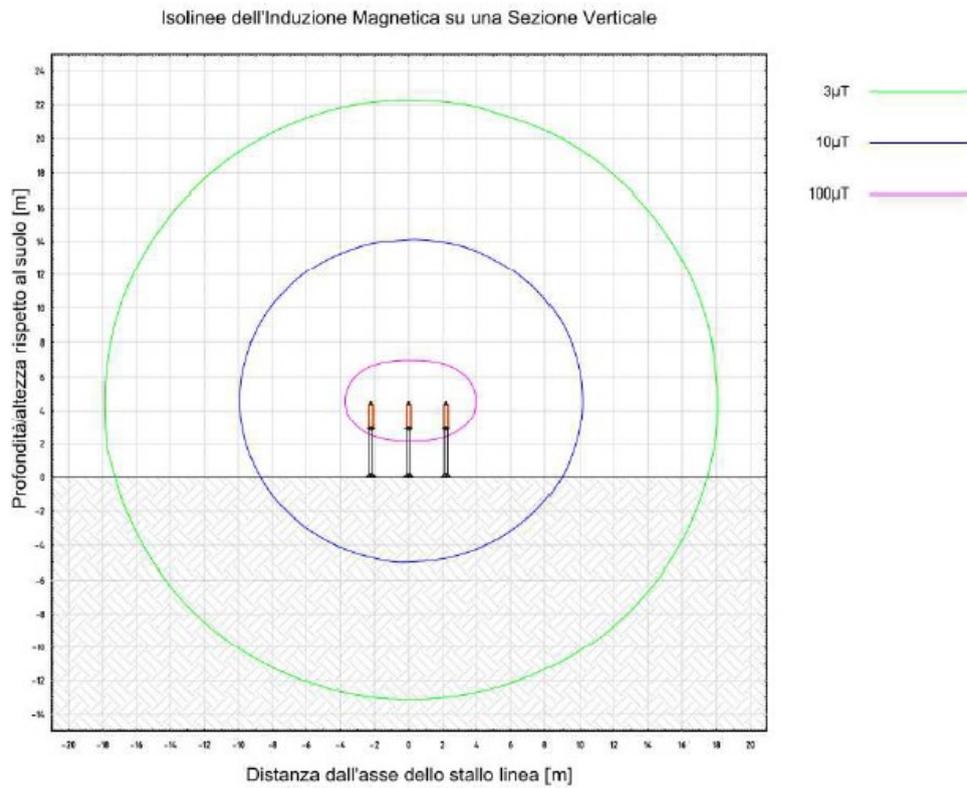
Sbarre OMNIBUS AT – isolinee induzione magnetica 3, 10 e 100 μ



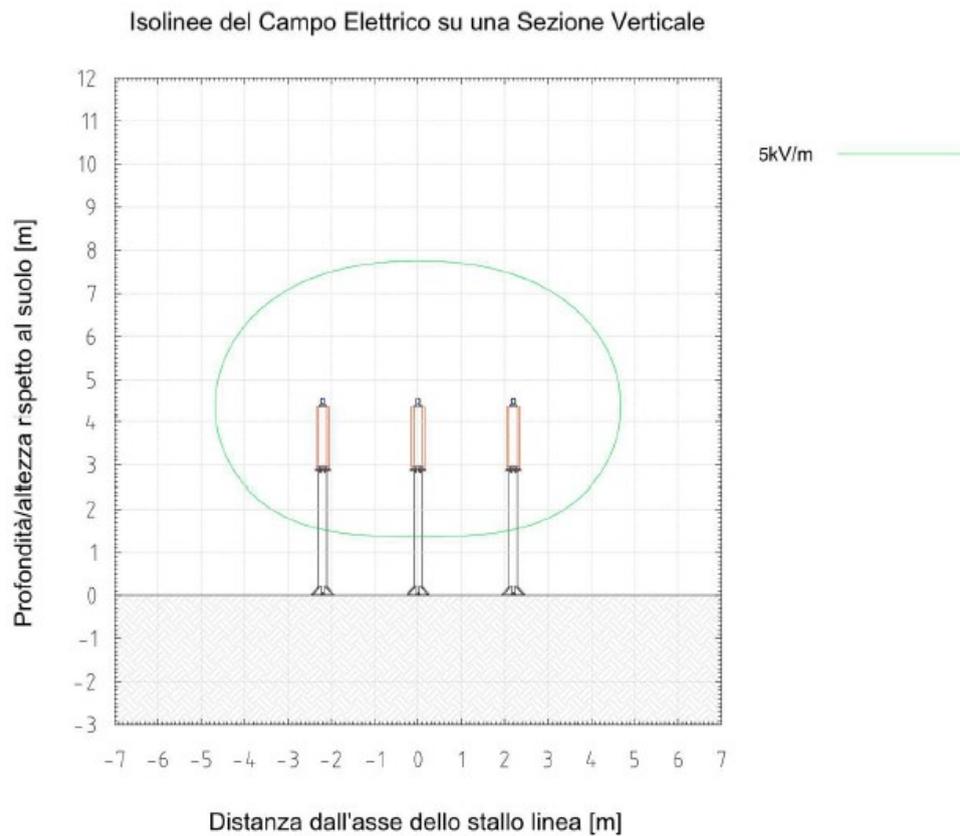
Sbarre AT in aria – isolina campo elettrico a 5 kV/m

STALLI LINEA

Di seguito vengono rappresentati i calcoli per gli stalli di linea, anche per questa parte, per lo stesso motivo di cui alle sbarre, oltre le curve a induzione costante, sono stati calcolati i livelli del campo elettrico.



Stallo linea – isolinee induzione magnetica 3, 10 e 100 μ T



Stallo linea – isolina campo elettrico a 5 kV/m

5.4 RACCORDI AEREI IN AT 150 kV ALLE DUE LINEE ESISTENTI

L'intervento consiste nella realizzazione dei nuovi elettrodotti aerei a 150 kV di raccordo tra le due linee esistenti a 150 kV "Italcementi – Italcementi Matera" e "Filatura - Pisticci CP" e la futura Stazione Elettrica di Smistamento a 150 kV. Gli elettrodotti di raccordo saranno quattro, due per ognuna delle linee attualmente esistenti.

Per il calcolo del campo del valore dell'induzione magnetica generata dall'elettrodotto oggetto di verifica è stato utilizzato il programma "EMF Tools Vers 4.08", sviluppato da CESI in conformità alla norma CEI 211-4 in accordo a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Ai fini dell'individuazione dei limiti entro i quali deve essere verificato il rispetto dell'obiettivo di qualità, così come definito nel D.P.C.M. dell'8 Luglio 2003, si è provveduto ad effettuare il calcolo delle fasce di rispetto.

Per "fasce di rispetto" si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n. 36, ovvero il volume racchiuso dalle curve isolivello a 3 microtesla, all'interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003.

Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l'APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l'approvazione del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Con Decreto 29 maggio 2008 (pubblicato in G.U. n. 156 del 05/07/2008 - Supplemento Ordinario n. 160) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

In particolare la procedura da seguire per la verifica della conformità dell'opera in materia di campi magnetici, è quella che si riporta di seguito:

1. Valutazione delle correnti di calcolo da applicare alla linea aerea;
2. Calcolo le DPA e successivamente riportate in planimetria e base catastale, in scala 1:2000-1:5000;
3. Verifica sulle planimetrie di cui sopra dell'eventuale presenza di recettori e manufatti ricadenti all'interno della DPA;
4. Per ognuno degli eventuali recettori individuati, provvedere ad un calcolo tridimensionale attraverso il quale verificare il non superamento dell'obiettivo di qualità, nel punto del recettore più vicino all'elettrodotto.
5. Per tutti gli altri manufatti accertare la destinazione d'uso e stato di conservazione attraverso visure catastali e sopralluoghi sul posto, potendo così escluderli dalla definizione di "recettore".

Lo stesso Decreto 29 maggio 2008, prevede che per le linee ad alta tensione con cambi di direzione sul piano orizzontale ci sia un incremento dell'estensione della fascia di rispetto, che è massimo sul piano verticale passante per la bisettrice dell'angolo tra le due campate.

La procedura prevista dal Decreto consiste nell'individuare sei coordinate sul piano orizzontale poste in corrispondenza del sostegno interessato dal cambio di direzione e dei sostegni rispettivamente precedente e successivo. La spezzata passante per i tre punti individuati delimitano il bordo "approssimato" della proiezione al suolo della fascia di rispetto posta all'interno e all'esterno dell'angolo di derivazione impostato.

Si riporta di seguito la procedura indicata nel DM:

PASSO 1

Al variare dell'angolo di deviazione della linea (θ , espresso in gradi) si calcola l'estensione della fascia lungo la bisettrice all'interno dell'angolo tra le due campate ($\phi = 180 - \theta$) con la relazione riportata nella seconda colonna delle tabelle che seguono (linee a terna singola e a doppia terna ottimizzata e a doppia terna), in modo da individuare sulla bisettrice il punto più lontano dal sostegno, denominato $P_{INT\ 00}$ (vedi Figura 4 a,b,c).

PASSO 2

Si calcola l'estensione della fascia lungo la bisettrice all'esterno dell'angolo tra le due campate con la relazione riportata nella terza colonna della stessa tabella, in modo da individuare sulla bisettrice il punto più lontano dal sostegno, denominato: $P_{EXT\ 00}$

PASSO 3

Per il sostegno che precede il vertice dell'angolo e per il sostegno successivo si fissano, lungo il profilo trasversale passante per il centro del sostegno, i punti $P_{INT\ 1}$ e $P_{EXT\ 1}$ alla distanza dal centro del sostegno pari alla D_{pa} imperturbata.

PASSO 4

All'interno dell'angolo tra le due campate si congiunge $P_{INT\ 1}$ a $P_{INT\ 00}$ e $P_{INT\ 00}$ a $P_{INT\ 2}$ definendo così il bordo della fascia di rispetto per il lato interno all'angolo.

PASSO 5

All'esterno dell'angolo tra le due campate si congiunge $P_{EXT\ 1}$ a $P_{EXT\ 00}$ e $P_{EXT\ 00}$ a $P_{EXT\ 2}$ definendo così il bordo della fascia di rispetto per il lato esterno all'angolo.

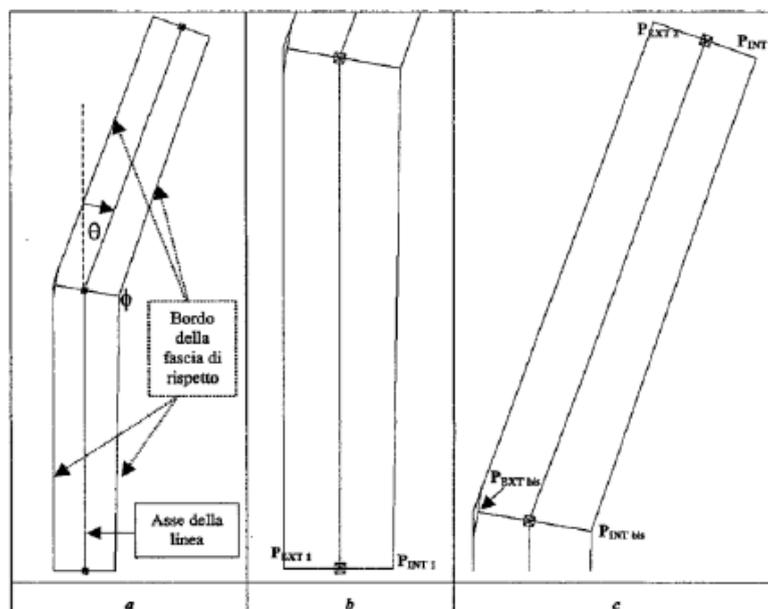


Figura 4: schematizzazione del cambio di direzione di una linea

Per linee a terna singola e a doppia terna ottimizzata

Tensione	Estensione della fascia lungo la bisettrice θ angolo di deviazione tra 5° e 90°	
	$P_{INT\ bis}$	$P_{EXT\ bis}$
380 kV tre conduttori per fase	$54 + 0.43*\theta$	$61 + 0.24*\theta$
380 kV due conduttori per fase	$44 + 0.35*\theta$	$49 + 0.19*\theta$
380 kV un conduttore per fase	$32 + 0.25*\theta$	$35 + 0.14*\theta$
220 kV due conduttori per fase	$42 + 0.29*\theta$	$47 + 0.16*\theta$
220 kV un conduttore per fase	$28 + 0.20*\theta$	$32 + 0.11*\theta$
132/150 kV	$22 + 0.14*\theta$	$24 + 0.07*\theta$

5.4.1 CORRENTI DI CALCOLO

Come indicato all'Art. 5.1.1 del Decreto 29 maggio 2008 nelle simulazioni, a misura di maggior cautela, si fa riferimento per la mediana nelle 24 ore in condizioni di normale esercizio, alla corrente in servizio normale definita dalla norma CEI 11-60 per il periodo freddo riferito alla zona climatica di interesse.

La norma CEI 11-60 fissa dei valori di corrente determinati per un conduttore detto di riferimento.

Poiché il progetto rientra nella zona climatica A (norma CEI 11-4) la portata in corrente del conduttore di riferimento nel periodo freddo è pari a quanto elencato di seguito:

- RACCORDI SULL'ASSE "ITALCEMENTI-ITALCEMENTI MATERA"
Tensione nominale: 150 kV
Zona: A
Portata di corrente della linea secondo la CEI 11-60: Periodo F – 570 A
- RACCORDI SULL'ASSE "FILATURA-PISTICCI CP"
Tensione nominale: 150 kV
Zona: A
Portata di corrente della linea secondo la CEI 11-60: Periodo F – 870 A.

5.4.2 DISTANZE DI PRIMA APPROSSIMAZIONE

Il Decreto 29 Maggio 2008 prevede che il gestore debba calcolare la Distanza di Prima Approssimazione, 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 di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto".

Le DPA sono riportate nelle seguenti planimetrie allegate:

- SE224_PD_D_DPA_01_Planimetria catastale Stazioni con indicazione DPA;
- SE224_PD_D_DPA_02_Corografia di progetto con Distanza di Prima Approssimazione;
- SE224_PD_D_DPA_03_Planimetria catastale raccordi con indicazione DPA - parte 1 di 2
- SE224_PD_D_DPA_04_Planimetria catastale raccordi con indicazione DPA - parte 2 di 2.

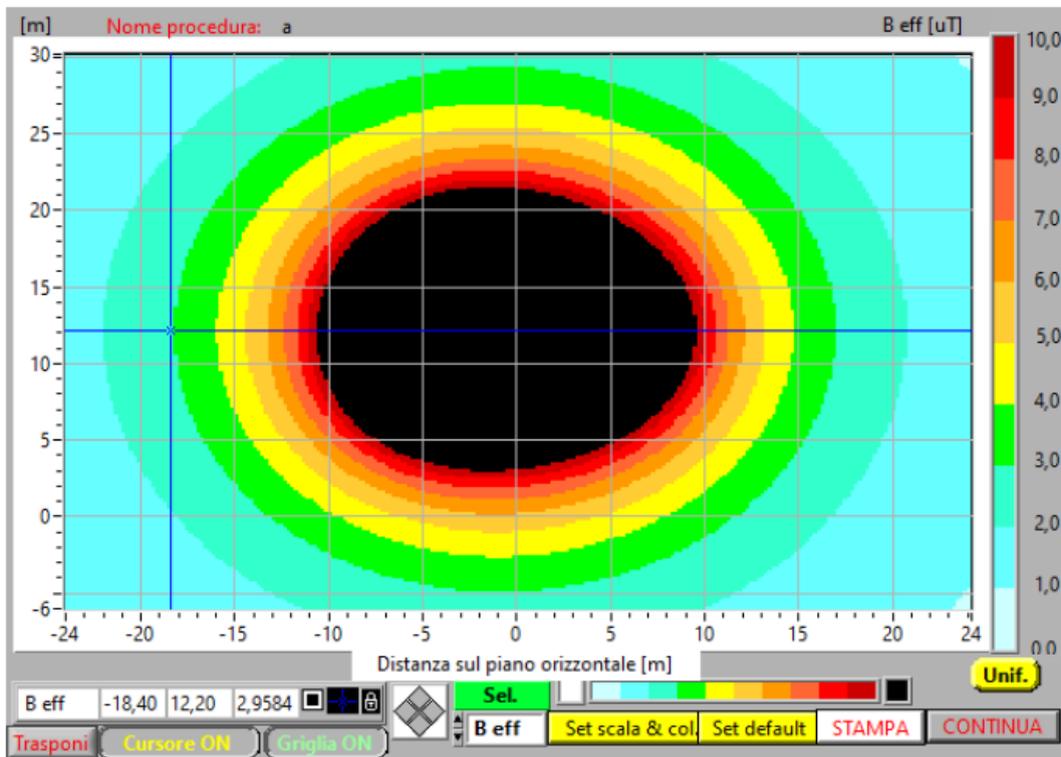
Per il calcolo della DPA si adotterà come configurazione geometrica dei conduttori quella maggiormente rappresentativa del tratto in progetto e corrispondente ai sostegni tipo "M" della serie 132/150 kV semplice terna tiro pieno, a cui si rimanda per la configurazione geometrica.

Per quanto riguarda l'altezza dei conduttori dal piano campagna la configurazione utilizzata nelle simulazioni prevede una altezza utile dei conduttori pari a 10 m, valore pari al franco minimo adottato in fase di progetto su tutta la tratta in variante così che le valutazioni vengano fatte nelle ipotesi maggiormente conservative.

5.4.2.1 RACCORDI SULLA LINEA 150 kV "ITALCEMENTI-ITALCEMENTI MATERA"

Calcolo ampiezza fascia CEM per linea aerea singola:

- Ampiezza fascia per rispetto $3 \mu T = 17.00 + 18.40 = 35,40$ metri



- Calcolo tipo dell'estensione della fascia per cambi di direzione:
 - interno: estensione lungo la bisettrice = $DPA + 0.14 \times \Theta$
 - esterno: estensione lungo la bisettrice = $DPA + 0.07 \times \Theta$

ELETTRODOTTO AEREO A 150 kV "SE-ITALCEMENTI"

- Sostegno IT_S_01
 - interno: estensione lungo la bisettrice $18.40 + 0.14 \times 40 = 24.00$ m
 - esterno: estensione lungo la bisettrice $17.00 + 0.07 \times 40 = 19.80$ m
- Sostegno P.82 BIS
 - interno: estensione lungo la bisettrice $18.40 + 0.14 \times 46 = 24.85$ m
 - esterno: estensione lungo la bisettrice $17.00 + 0.07 \times 46 = 20.25$ m

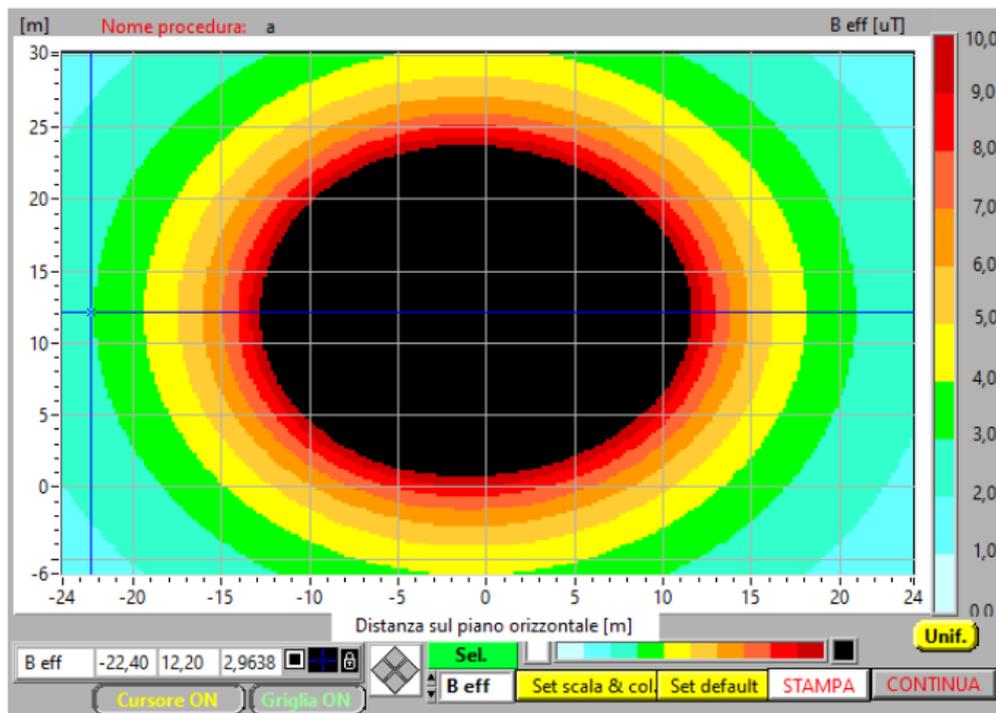
ELETTRODOTTO AEREO A 150 kV "ITALCEMENTI MATERA-SE"

- Sostegno P.81 BIS
 - interno: estensione lungo la bisettrice $18.40 + 0.14 \times 65 = 27.50$ m
 - esterno: estensione lungo la bisettrice $17.00 + 0.07 \times 65 = 21.55$ m.

5.4.2.2 RACCORDI SULLA LINEA 150 kV "FILATURA-PISTICCI CP"

A. Calcolo ampiezza fascia CEM per linea aerea singola:

- Ampiezza fascia per rispetto $3 \mu T = 20.80 + 22.40 = 43,20$ metri



- Calcolo tipo dell'estensione della fascia per cambi di direzione:
 interno: estensione lungo la bisettrice = $DPA + 0.14 \times \Theta$
 esterno: estensione lungo la bisettrice = $DPA + 0.07 \times \Theta$

ELETTRODOTTO AEREO A 150 kV "PISTICCI CP-SE"

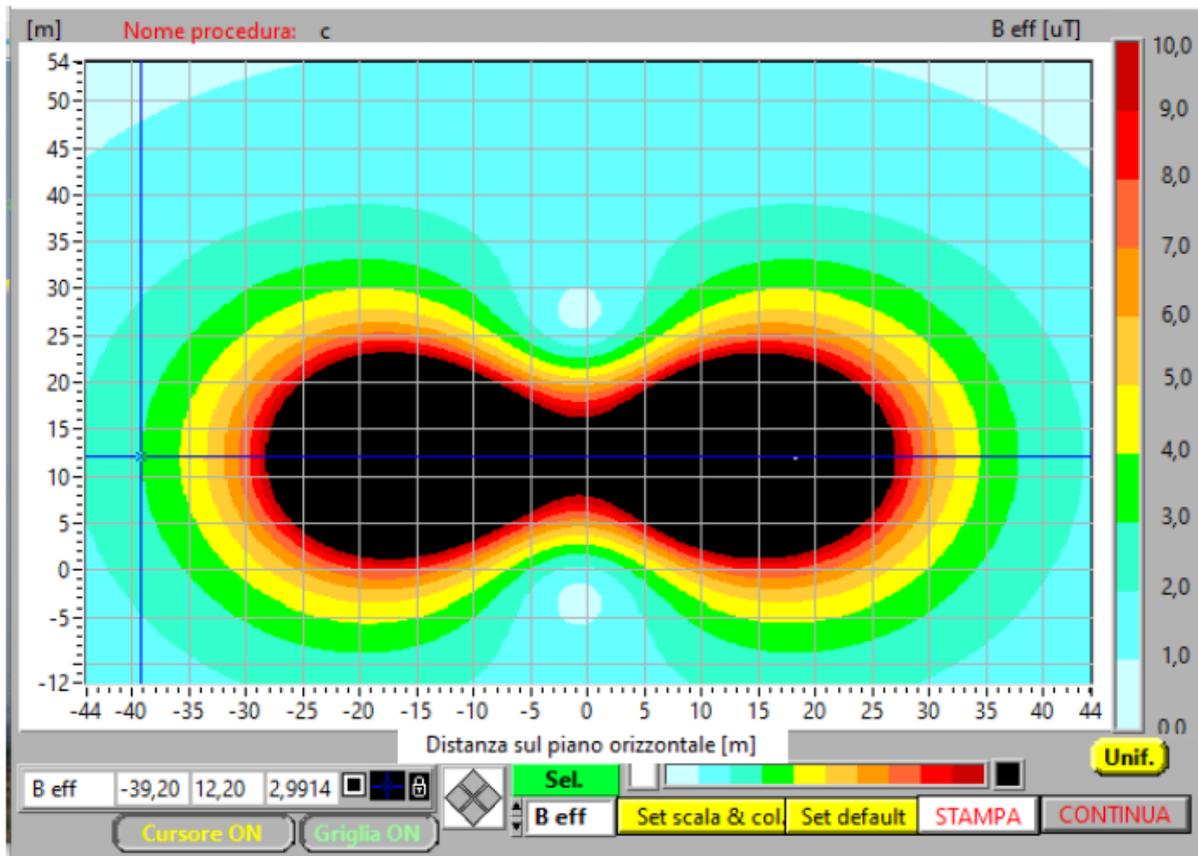
- Sostegno P.220 BIS
 interno: estensione lungo la bisettrice $20.80 + 0.14 \times 51 = 28.00$ m
 esterno: estensione lungo la bisettrice $22.40 + 0.07 \times 51 = 26.00$ m.

ELETTRODOTTO AEREO A 150 kV "SE-FILATURA"

- Sostegno P.221 BIS
 interno: estensione lungo la bisettrice $22.40 + 0.14 \times 38 = 27.75$ m
 esterno: estensione lungo la bisettrice $20.80 + 0.07 \times 38 = 23.50$ m.

B. Calcolo ampiezza fascia CEM per linee aeree affiancata – interasse 30 m:

- Ampiezza fascia per rispetto $3 \mu T = 37.80 + 39.20 = 77,00$ metri



N.B. L'ampiezza della fascia di rispetto è stata calcolata dall'interasse tra le linee.

Si riportano pertanto anche i valori calcolati per le singole linee:

- Ampiezza fascia CEM esterna dalla singola linea "Pisticci CP - SE " = 22.80m
- Ampiezza fascia CEM esterna dalla singola linea " SE - Filatura" = 24.20m.

Calcolo tipo dell'estensione della fascia per cambi di direzione:

interno: estensione lungo la bisettrice = $DPA + 0.14 \times \Theta$

esterno: estensione lungo la bisettrice = $DPA + 0.07 \times \Theta$

ELETTRODOTTO AEREO A 150 kV "PISTICCI CP-SE"

- Sostegno FI_S_06
interno: estensione lungo la bisettrice $22.80 + 0.14 \times 44 = 29.00$ m
esterno: estensione lungo la bisettrice $22.40 + 0.07 \times 44 = 25.50$ m.

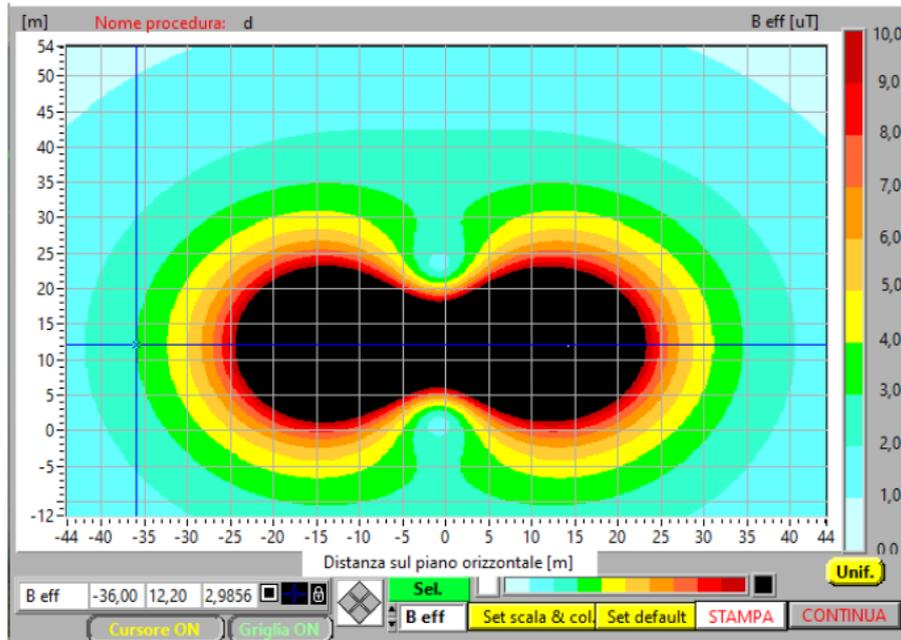
ELETTRODOTTO AEREO A 150 kV "SE-FILATURA"

- Sostegno FI_N_06
interno: estensione lungo la bisettrice $24.20 + 0.14 \times 47 = 30.80$ m

esterno: estensione lungo la bisettrice $20.80 + 0.07 \times 47 = 24.10$ m.

C. Calcolo ampiezza fascia CEM per linee aeree affiancate – interasse 22 m:

- Ampiezza fascia per rispetto $3 \mu\text{T} = 34.60 + 36.00 = 70,60$ metri



N.B. L'ampiezza della fascia di rispetto è stata calcolata dall'interasse tra le linee.

Si riportano pertanto anche i valori calcolati per le singole linee:

- Ampiezza fascia CEM esterna dalla singola linea "Pisticci CP - SE Montescaglioso" = 23.60 m
- Ampiezza fascia CEM esterna dalla singola linea "SE Montescaglioso – Filatura" = 25.00 m.

5.4.3 CONFORMITÀ OPERA IN MATERIA DI CAMPO ELETTRICO

Ogni linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico proporzionale alla tensione della linea stessa. Il valore del campo elettrico decresce molto rapidamente con la distanza.

Utilizzando la stessa configurazione geometrica utilizzata per il calcolo dell'induzione magnetica, viene calcolato il valore di campo elettrico generato dagli elettrodotti a 1 m di altezza dal suolo. Per il calcolo è stato utilizzato il programma "EMF Vers 4.08" sviluppato per Terna da CESI in aderenza alla norma CEI 211-4; inoltre, i calcoli sono stati eseguiti in conformità a quanto disposto dal D.P.C.M. 08/07/2003.

Per quanto riguarda l'altezza da terra dei conduttori degli elettrodotti in progetto, è stata considerata la distanza minima progettuale da terra, alla quale possono trovarsi i conduttori stessi. Tale distanza si verifica in condizioni di Massima Freccia che in base alle scelte progettuali risulta essere pari a 10 m.

Con tali ipotesi è stato verificato, per ogni configurazione geometrica, il pieno rispetto del limite di esposizione

dettato dal DPCM dell'8 luglio 2003 (5 kV/m).

Come si può vedere dalle immagini di seguito, i valori di campo elettrico sono sempre inferiori al limite di 5 kV/m imposto dalla normativa.

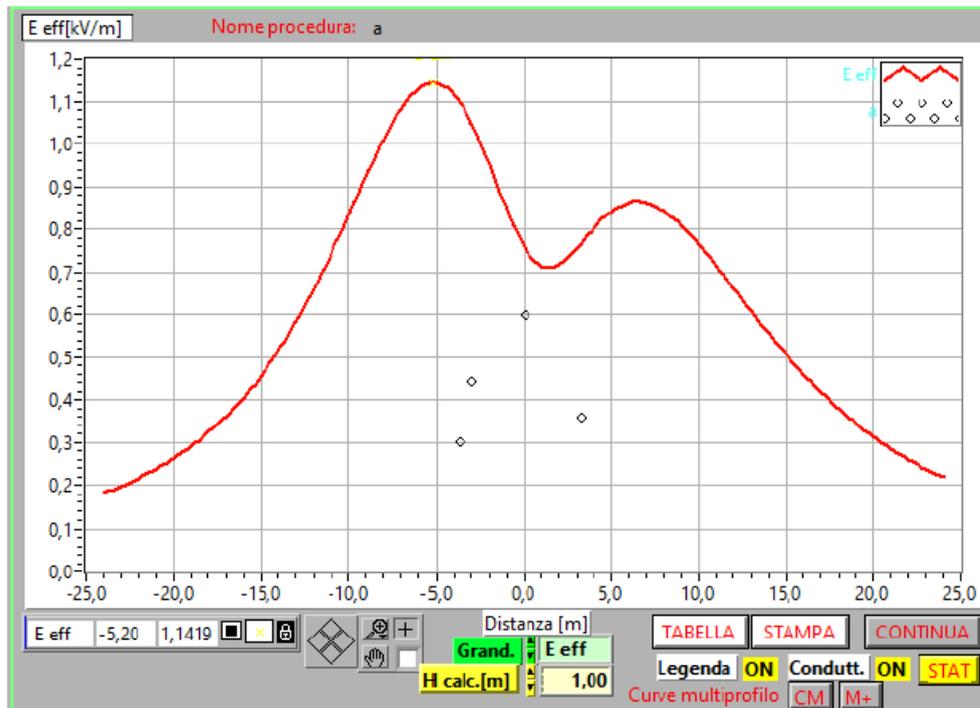


SMARTENERGY

Oggetto: Impianto Fotovoltaico Potenza Nominale 19.728,66 kW

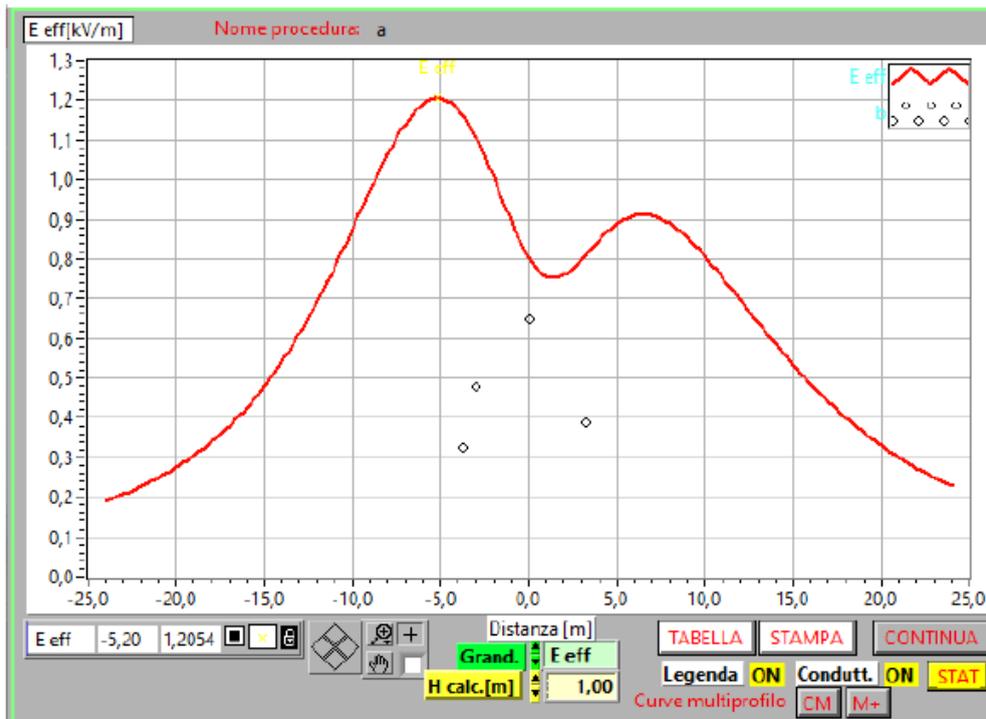
Elaborato: Relazione tecnica specialistica sull'impatto elettromagnetico

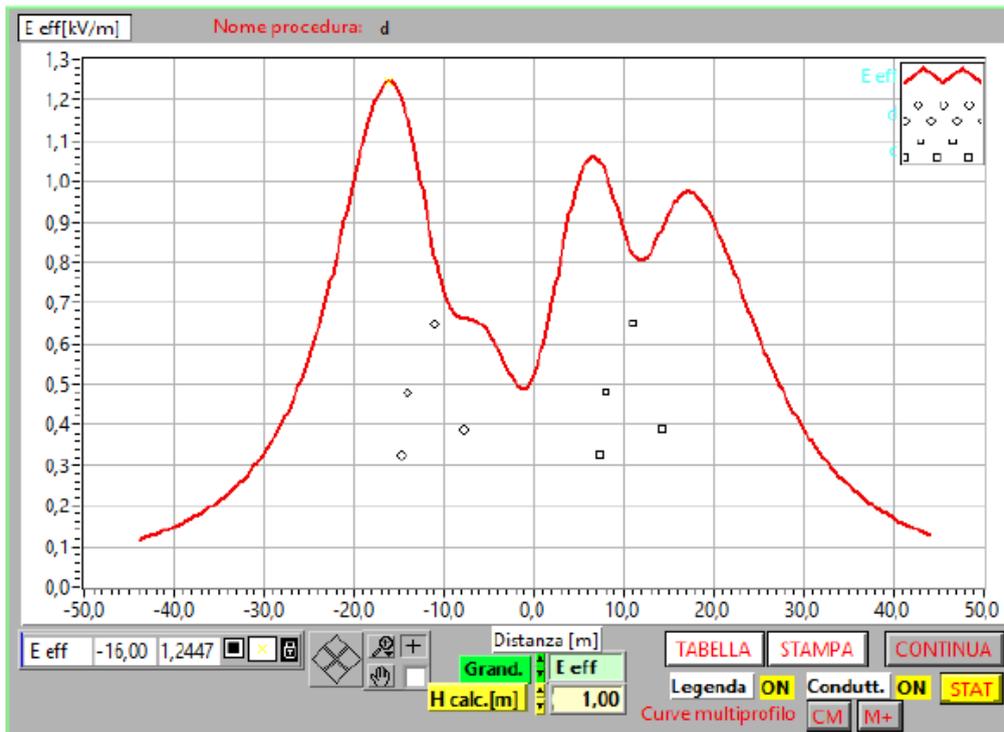
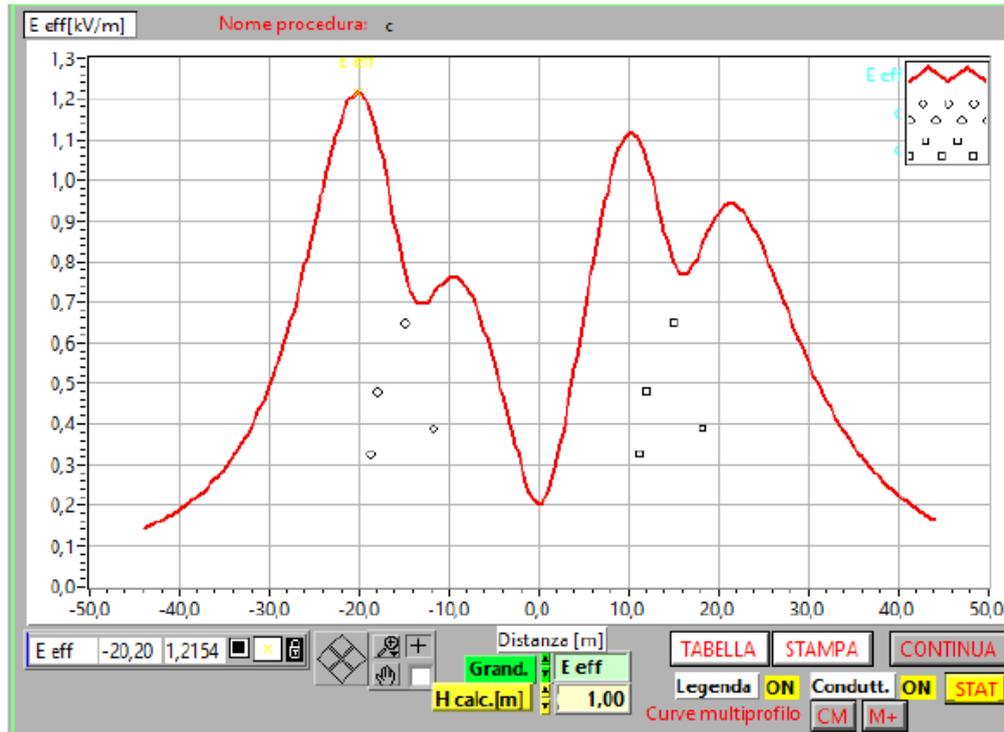
5.4.3.1 RACCORDI SULLA LINEA 150 kV "ITALCEMENTI-ITALCEMENTI MATERA"



Campo elettrico al suolo massimo pari a 1,15 kV/m.

5.4.3.2 RACCORDI SULLA LINEA 150 kV "FILATURA - PISCTICCI CP"



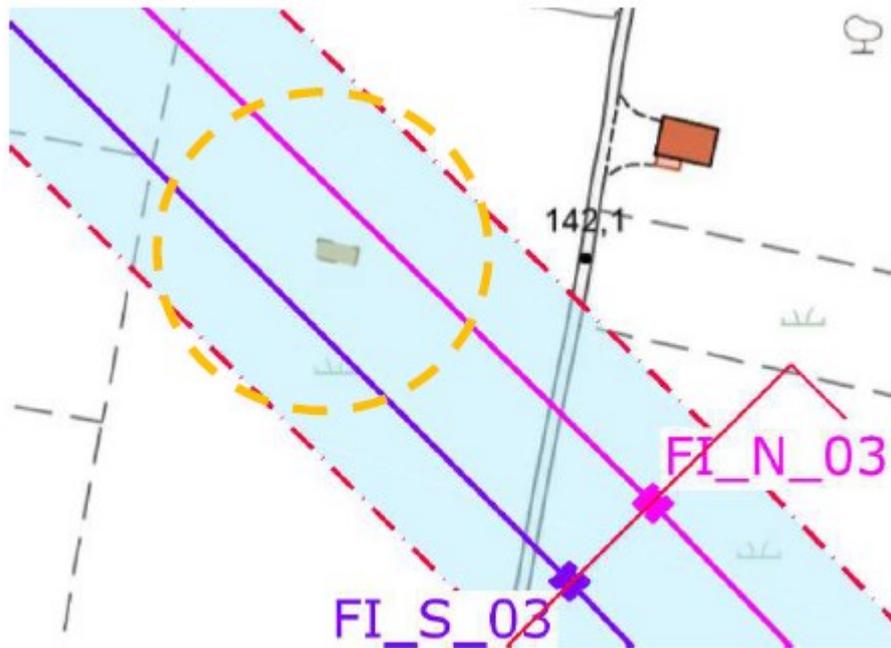


Campo elettrico al suolo massimo pari a 1,25 kV/m.

5.4.4 RECETTORI E MANUFATTI

Dall'esame della planimetria di progetto e dalle carte catastali risulta che il tracciato dell'elettrodotto si sviluppa prevalentemente su aree verdi adibite a prati coltivati e prati stabili, e strade di servizio degli stessi.

Per quanto riguarda il limite massimo di esposizione di $3\mu T$, si segnala che lungo entrambi i raccordi con la linea esistente "Filatura – Pisticci CP", tra i sostegni 02 e 03 nella planimetria catastale e sulla CTR è riportato un fabbricato. Quest'ultimo, risulta accatastato, (solamente al catasto terreni), al Foglio 84 del comune di Montescaglioso, particella 18, come "AREA FAB DM", ovvero area fabbricato demolito.



Ciò viene confermato dalle foto aeree e dall'immagine fotografica in sito.





Pertanto, NON si identifica quanto rappresentato in mappa come recettore sensibile ai sensi della normativa.

Il limite massimo di esposizione di $3\mu\text{T}$, quindi, non interessa lungo tutto il tracciato, recettori sensibili come definiti dalla norma.

Il metodo di calcolo adottato e le scelte cautelative operate sono conformi alle indicazioni del Decreto Ministeriale 29/05/2008 "Approvazione delle metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto".

In conclusione, l'analisi effettuata ha permesso di evidenziare il pieno rispetto dell'obiettivo di qualità dettato dal DPCM del 8 luglio 2003.

È stato inoltre dimostrato il rispetto del limite di esposizione per il campo elettrico, così come fissato nel DPCM del 8 luglio 2003.

6. CONCLUSIONI

In base alle considerazioni ed ai calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti del parco fotovoltaico e delle opere di connessione in merito all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici.

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 d.p.c.m. 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 esso è notevolmente inferiore a 5 kV/m (valore imposto dalla normativa).

Mentre per quel che riguarda il campo di induzione magnetica, il calcolo e le considerazioni fatte in relazione alle varie sezioni di impianto hanno dimostrato come non ci siano fattori di rischio per la salute umana a causa delle azioni di progetto e dei materiali utilizzati, poiché è esclusa la presenza di ricettori sensibili entro le fasce per le quali i valori di induzione magnetica attesa non dovessero essere inferiori agli obiettivi di qualità fissati per legge. Invece, 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.

Tutte le tipologie di cavi a media tensione saranno di tipo cordato, i cavi di bassa rientrano nella classe "zero" e "prima" e quindi esclusi dalla verifica prevista dal DM del 28 maggio 2008 ma, in ogni caso, rispettano ampiamente l'obiettivo di "qualità" di 3 micro tesla.

I livelli d'induzione magnetica, corrispondenti ai valori di corrente presunta circolanti negli stalli e nelle sbarre, confermano che i valori sono entro le soglie legislative di riferimento.

Si evidenzia come, anche con le correnti nominali, gli effetti dovuti alla stazione, al di fuori della sua recinzione determinano in generale valori del campo magnetico B inferiori a 10 μ T ed in generale rispettano gli obiettivi di qualità dei 3 μ T. Si precisa che i calcoli sono stati effettuati con riferimento a condizioni cautelative, prendendo per la sezione AT la corrente nominale delle sbarre (2000 A) e degli stalli linea (1250 A), mentre di fatto le correnti effettive sono nettamente inferiori (non superano di media la metà di questi valori).

La tipologia dell'impianto di produzione consente di escludere la presenza per più di 4 ore giornaliere di personale sia nell'area dell'impianto stesso sia nei pressi delle cabine, dei terreni interessate dalla opere di connessione alla rete.

Pertanto, alla luce delle considerazioni fatte è possibile confermare la rispondenza alle norme vigenti dell'impianto dal punto di vista degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana.