



REGIONE PUGLIA

REGIONE PUGLIA PROVINCIA DI BRINDISI



COMUNE DI SAN PANCRAZIO SALENTINO

AUTORIZZAZIONE UNICA EX D.Lgs 387/2003 VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE EX. ART. 23 D.Lgs 152/2006

**INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA
FONTE SOLARE DENOMINATO "FATTORIA SOLARE SANTINO" DI
POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 5.999,00 kW E POTENZA DI PICCO
PARI A 10.064,99 kW**

Codice di rintracciabilità: 242111521 - POD: IT001E752928550 - Id AU: 82SHKJ7



Codice identificativo elaborato:

82SHKJ7_DocumentazioneSpecialistica_01

DATA

Gennaio 2022

Titolo elaborato

R06.1_Relazione impatto elettromagnetico

SCALA

-

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Progettazione:



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

Tecnici:

Dott. Ing. Calbi Francesco Rocco



Il Proponente:

REN 172 SRL

REN 172 S.R.L.
Salita Santa Caterina 2/1- 16123 Genova (GE)
C.F./P.IVA 02644690998

LEGALE RAPPRESENTANTE



Impianto fotovoltaico P = 10,06499 MW_p
“FATTORIA SOLARE SANTINO”
Comune di San Pancrazio Salentino (BR)

**RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL’IMPATTO
ELETTROMAGNETICO**

Fase di Valutazione d’Impatto Ambientale. ai sensi

D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii

REDATTO DA / WRITTEN BY

ING. FRANCESCO CALBI

REVISIONE	N°	DATA/DATE
Prima emissione	00	Gennaio 2022

Indice

Indice	2
1. INTRODUZIONE.....	3
1.1 GENERALITÀ.....	3
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 CAVI DOTTI	9
3. CAMPI ELETTRICI	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 ELETTRICI OPERE CONNESSE	15
4.1 LINEE ELETTRICHE IN CORRENTE ALTERNATA IN MEDIA TENSIONE PER LA CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE LOCALE	15
5. CONCLUSIONI	17

1. INTRODUZIONE

1.1 GENERALITÀ

Il progetto prevede la realizzazione di un parco fotovoltaico denominato "Fattoria Solare Santino" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare), avente potenza in immissione pari a 5.999,00 kW e una potenza installata pari a 10.064,99 kWp, unitamente a tutte le opere di connessione alla Rete di Distribuzione, ossia cavidotto MT di collegamento alla CP "San Pancrazio" a 20 kV, in parte interrato Al 3x1x185 mmq (circa 90 m), in parte aereo Al 3x150 +1x50 mmq (circa 1 km), nonché delle opere accessorie (strade, recinzioni, cabine elettriche) all'interno delle aree in cui è realizzato l'impianto.

L'impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Sud-Ovest del comune di San Pancrazio Salentino (BR), Strada Provinciale n. 65 e dista circa 1,0 Km dal centro del medesimo comune. Il sito su cui sorgerà l'impianto è individuato alle coordinate geografiche: 40°24'45.44"N, 17°49'36.94"E ed ha un'altitudine media di circa 56 m s.l.m.

Esso è raggiungibile percorrendo la SP n.65 sulla quale sono ubicati gli accessi del campo fotovoltaico. L'impianto FV sarà realizzato su terreni identificati catastalmente al foglio 42 p.lle 82, 389, 399, 400, 401, 402, 403, 405, 84, 83, 406, 390, 391 e 1947 dalla forma irregolare, di cui l'area di occupazione effettiva dell'impianto è pari a circa 11 ha. La cabina di consegna sarà ubicata al di fuori dell'area di impianto e in prossimità dell'accesso alla stessa, che avverrà dalla strada comunale e proseguirà su stradina podereale esistente.

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 di picco pari a 10.064,99 kWp, intesa come somma delle potenze 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 **FIMER PVS-175-TL** o equivalenti con potenza in uscita in AC di 175 kW. 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 JW-HD132N STC di Jolywood, o equivalenti, da 695 Wp, 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 trasformazione, di consegna e ricezione.

Il numero di moduli necessari per la realizzazione del generatore è pari 14.482. L'impianto sarà suddiviso in n.4 sottocampi, per i quali si utilizzeranno n. 4 cabine di trasformazione, i quadri elettrici di bassa tensione, 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. Le stringhe fotovoltaiche saranno collegate in corrente continua e in parallelo a n. 34 inverter multistringa. 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.

I trasformatori saranno alloggiati all'interno delle cabine di trasformazione, disposte 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

e consentiranno di innalzare la tensione del generatore fotovoltaico al livello necessario per eseguire il collegamento con la sezione MT della cabina di consegna. All'interno di ciascuna cabina di trasformazione, nel locale di distribuzione MT, 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 n. 4 cabine di trasformazione saranno collegate tra di loro, in cavo interrato elettrificato a 20 kV in "entra-esci" e si collegheranno alla cabina di consegna con un cavo interrato a 20 kV. Dalla cabina di consegna avverrà il collegamento in MT alla CP "San Pancrazio".

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

- 14.482 moduli fotovoltaici installati su strutture di sostegno in acciaio di tipo mobile (inseguitori) con relativi motori elettrici per la movimentazione, ancorate al suolo tramite paletti in acciaio direttamente infissi nel terreno del tipo SUN HUNTER 18AB della Comal;
- 557 stringhe fotovoltaiche costituite da 26 moduli in serie;
- 34 inverter multistringa posizionati in prossimità degli inseguitori all'interno di appositi quadri elettrici;
- cavi elettrici di bassa tensione in corrente continua che dalle stringhe arrivano agli inverter e ai quadri elettrici BT;
- 4 trasformatori MT/BT da 2000 kVA e relative apparecchiature elettriche di comando e protezione sia in BT sia in MT, installati all'interno di appositi locali tecnici nell'area di impianto (Cabine di trasformazione/di campo);
- cavi interrati a 20kV in alluminio della sezione 3x1x120 mmq;
- cavi di bassa tensione interrati in rame della sezione da 70 mmq per il collegamento degli inverter alle 4 cabine di campo;
- 4 quadri elettrici di bassa tensione installati all'interno delle cabine di trasformazione, 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;
- 1 locale tecnico/officina prefabbricato delle dimensioni di 6,06x2,44x2,90 m;
 - 1 locale tecnico/supervisione prefabbricato delle dimensioni di 7,50x2,50x3,10 m;
 - 1 cabina di consegna, con apparecchiature di protezione MT delle linee MT in arrivo dall'impianto fotovoltaico ed in partenza da questo;
 - 1 linea di media tensione in cavo in parte interrato in parte aereo dalla cabina di consegna alla Cabina Primaria di proprietà del distributore locale; la linea in cavo interrata sarà in alluminio della sezione di 3x1x185 mmq mentre la linea in cavo aereo sarà in alluminio della sezione di 3x150+1x150 mmq;
 - 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 e dall'Accordo di Parigi del 2015 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".

- *Esposizione*: è la condizione di una persona soggetta a campi elettrici, magnetici, elettromagnetici, o a correnti di contatto, di origine artificiale;
- *Limite di esposizione*: è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori per le finalità di cui all'articolo 1, comma 1, lettera a);
- *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;

- *Elettrodotto*: 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 delle 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 μ 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 μ T.

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 aggiuntivi (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 μ 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 cavi sono avvolti ad elica visibile.

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 e sono avvolti ad elica visibile.

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/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12, EN 301 489-1, EN 301 489-17, EN 300 328, EN 62311.

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 µT.

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 3µT, anche in condizioni limite con conduttori di sezione elevata, venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 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.

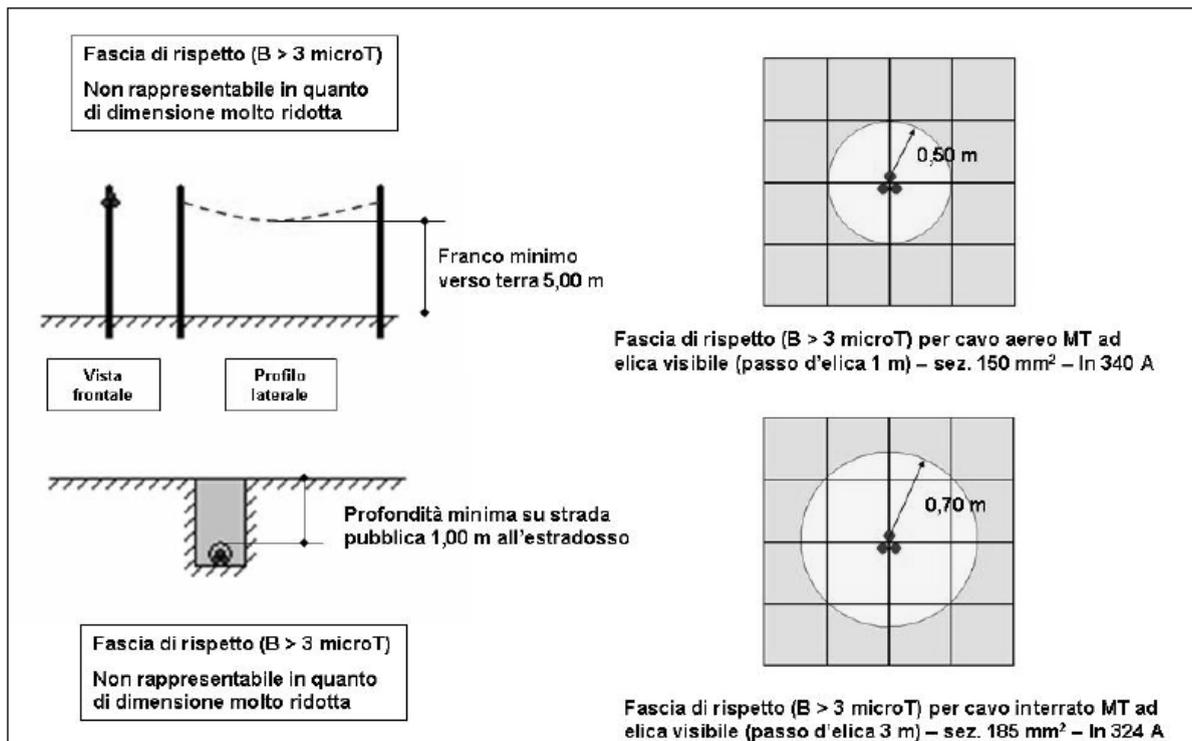


Figura 1 – Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale "Elico" della piattaforma "EMF Tools", che tiene conto del passo d'elica.

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.

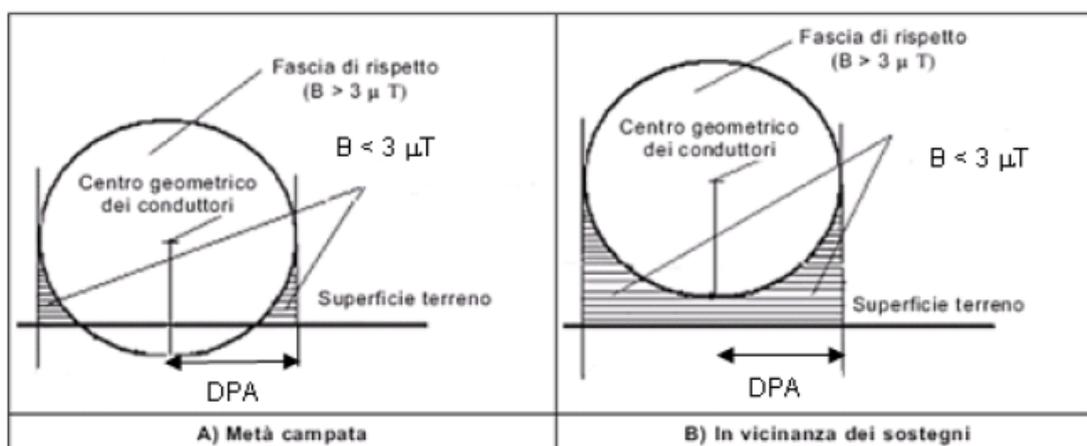


Figura 2 - Schema Fasce di rispetto e DPA in corrispondenza di metà campata e in vicinanza dei sostegni.

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 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:

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

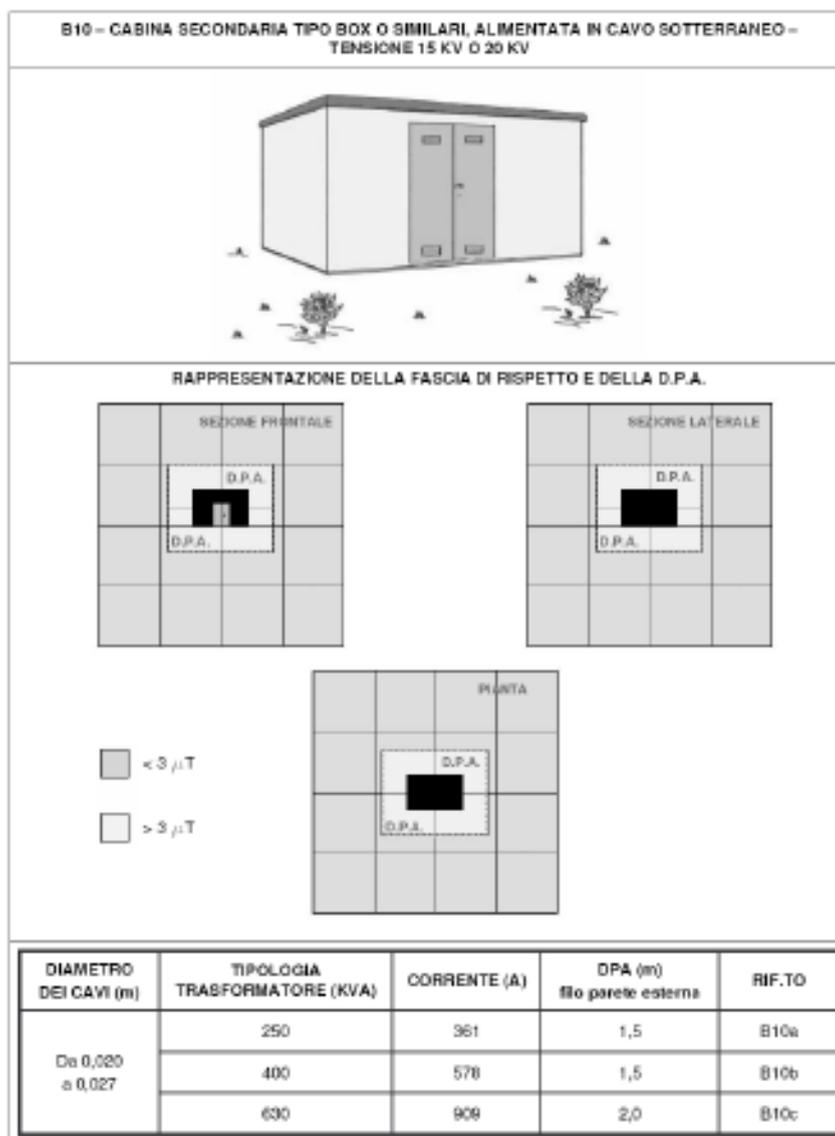
dove:

DPA = distanza di prima approssimazione (m)

Pi = potenza dei singoli trasformatori (kVA)

Considerando n. 1 trasformatori da 2000 kVA per ciascuna delle n.4 cabine di trasformazione, si ottiene una DPA dell'ordine di 4 m. Quindi, la curva a 3µT è rappresentata da un buffer di circa 4 m dalle pareti di ciascuna cabina di trasformazione con trasformatore da 2000 kVA.

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



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 RETE DI DISTRIBUZIONE LOCALE

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 interrato, esso è da ritenersi insignificante grazie anche all'effetto schermante del rivestimento del cavo e del terreno.

Nel seguito verranno pertanto espone 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 Cabina Primaria "San Pancrazio".

All'interno del cavidotto in esame si trova una terna di cavi MT isolati a 20 kV di tipo tripolare ad elica con conduttori in alluminio, aventi isolamento estruso (HEPR o XLPE) e schermo in alluminio avvolto a cilindro longitudinale, adatti per posa interrato, e che trasferisce l'intera potenza dell'impianto FV verso il punto di consegna. Si prevede l'impiego di cavi di sezione pari a 120 mm². La corrente massima che può interessare la linea di collegamento MT per l'impianto è il seguente:

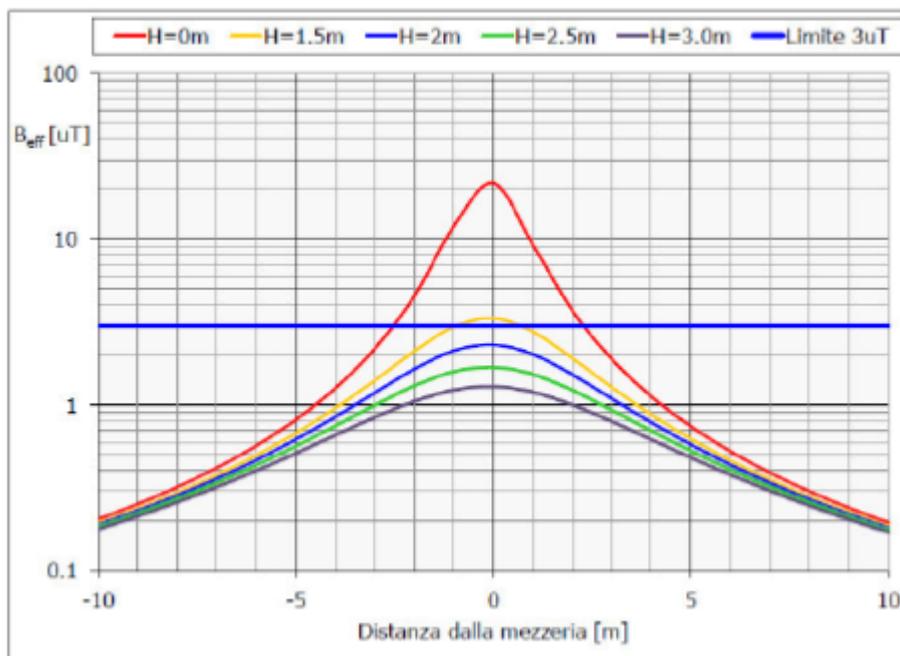
$$I_B = P_{n \text{ generatore}} / (\sqrt{3} \cdot V_n \cdot \cos\phi) = 8,000 \times 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,95) = 240 \text{ A}$$

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 ad elica visibile, ad una profondità di almeno 1,0 m, con un valore di corrente pari a 280 A, corrispondente alla portata massima della linea elettrica in cavo, secondo la Norma CEI 20-21. La configurazione dell'elettrodotta 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 $3 \mu\text{T}$ 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 che fluirà nei cavidotti sarà quella prodotta dall'impianto fotovoltaico che, come detto, è pari a 170 A nelle condizioni di massima erogazione.



Per profondità di 1.50 m, il valore di $3 \mu\text{T}$ 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.

5. CONCLUSIONI

In base alle considerazioni ed ai calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti del parco fotovoltaico in oggetto 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 in media tensione 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 ha 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.

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 e nei pressi dei terreni interessati dalla linea di connessione dall'impianto FV alla Cabina Primaria.

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.