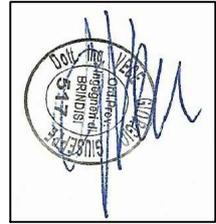


PROGETTO

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "BRUNO"  
CON POTENZA DI PICCO PARI A 17.458,00 KWp  
E CON POTENZA NOMINALE PARI A 17.000,00 KWn  
NEL COMUNE DI SALICE SALENTINO (LE)**

TITOLO

**Relazione impatto elettromagnetico**

PROGETTISTA	PROPONENTE	VISTI
 <b>INGVEPROGETTI s.r.l.</b> IMMAGINIAMO IL FUTURO  <b>Ingveprogetti s.r.l.</b> Sede legale e amministrativa: Via Federico II Svevo n.64  PEC: ingveprogetti@pec.it	<b>INERGIA SOLARE SUD S.r.l.</b>  Sede legale e Amministrativa: Piazza Manifattura n.1 38068 Rovereto (TN) Tel.: 0464/620010 Fax: 0464/620011  PEC: direzione.inergiasolaresud@legalmail.it	

PROGETTAZIONE


Scala	Formato Stampa	Cod.Elaborato	Rev.	Nome File	Foglio
	<b>A4</b>	DocumentazioneSpecialistica_03	<b>a</b>	DocumentazioneSpecialistica_03.pdf	<b>1 di 1</b>

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
a	29/04/2022	Prima Emissione	G.Vece	G.Vece	G.Vece

## Sommario

1. Premessa .....	2
1.1 Normativa di riferimento.....	2
1.2 Compatibilità elettrica .....	2
1.3 Compatibilità magnetica.....	2
1.4 Teoria sui campi elettromagnetici.....	3
1.4.1 Legge di Biot-Savart.....	4
1.5 Campi elettromagnetici opere di utenza in MT.....	5
1.5.1 Elettrodotto interrato a 30 kV .....	10
1.6 Campi elettromagnetici opere di utenza in MT.....	13
1.6.1 Configurazione per CEM generato da cabine elettriche con apparecchiature in aria 30/150kV..	14
2. CONCLUSIONI .....	19
2.1 Opere di Utenza in MT.....	19
2.2 Opere di Utenza in AT.....	19

## 1. Premessa

Lo studio di compatibilità sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici ha lo scopo di effettuare la valutazione del campo elettrico e dell'induzione magnetica generati dalle condutture e apparecchiature elettriche che compongono l'impianto elettrico in progetto con riferimento alle prescrizioni di cui al DPCM del 08.07.03 in materia di "*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 50 Hz generati dagli elettrodotti*".

La presente relazione afferisce dunque all'analisi d'impatto ambientale da campi elettromagnetici dell'impianto fotovoltaico denominato "Bruno", della società proponente **Inergia Solare Sud srl**, che sarà realizzato in aree agricole nel Comune di Salice Salentino, per quanto afferente all'area produttiva, con coinvolgimento, a causa del vettoriamento dell'energia, del Comune di Guagnano e Comune di Cellino San Marco, rispettivamente ricadenti nelle Province di Lecce e Brindisi.

### 1.1 Normativa di riferimento

Legge quadro n° 36 del 22 febbraio 2001. - Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici.

D.P.C.M. del 08 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.

Decreto Min Ambiente 29-05-08 - Metodologia calcolo fasce di rispetto elettrodotti.

Decreto Min Ambiente 29-05-08 - Approvazione procedure di misura e valutazione induzione magnetica.

### 1.2 Compatibilità elettrica

I livelli di campo elettrico non necessitano di alcuna valutazione in quanto gli schermi metallici dei cavi e gli involucri metallici di tutte le apparecchiature sono collegati francamente a terra e assumono pertanto il potenziale zero di riferimento. Il valore del campo elettrico è inferiore al limite di 5 kV/m fissato dall'art. 3 del D.P.C.M. 08/07/03.

### 1.3 Compatibilità magnetica

Per il nuovo elettrodotto si applicano le prescrizioni di cui all'art. 4 del D.P.C.M. 08/07/03 che fissa per il valore dell'induzione magnetica l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere.

L'utilizzo dei cavi ad elica visibile, come descritto negli elaborati progettuali, fa sì che detta tipologia di linea è esclusa dalla valutazione, in base a quanto prescritto dal D.M.29/05/2008 al punto 3.2 ed a quanto indicato nella norma CEI 106-11 ai punti 7.1.1 e 7.1.2 in quanto il rispetto della normativa tecnica

in vigore, DM 16.01.1991 e DM 21.3.1988 n.449 e s.m.i., garantisce anche il conseguimento dell'obiettivo di qualità prescritto dal DPCM 08/07/2003.

#### 1.4 Teoria sui campi elettromagnetici

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola ed entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza. Tuttavia, sia nel caso di cavi interrati che cavi isolati elicordati aerei, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il **campo elettrico** nullo ovunque; pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

Per quanto riguarda invece il **campo magnetico** si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto. Di seguito è esposto l'andamento del campo magnetico massimo lungo il tracciato della linea interrata a 30 kV.

La linea di connessione quindi, genera, con andamento radiale rispetto ai cavi, dei campi elettromagnetici dovuti al passaggio della corrente e ad essa proporzionali. In aria, l'andamento di tale campo in funzione dalla distanza dal cavo è proporzionale all'inverso del quadrato della distanza, ossia esso diminuisce fortemente la sua intensità con l'allontanarsi dalla sorgente. La presenza di rivestimenti di isolamento e schermature metalliche ne limitano ulteriormente l'intensità.

Non appena la linea viene esercita e posta in tensione, indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza, il sistema polifase, caratterizzato da cariche in gioco, produce il suo campo elettrico. Il campo magnetico **B** è invece associato alla corrente (e quindi alla potenza) trasportata dalla linea: esso scompare quando la linea è solo "in tensione" ma non trasporta energia.

I campi elettromagnetici, in base alla loro frequenza, possono essere suddivisi in:

- onde ionizzanti (IR): onde ad alta frequenza così chiamate in quanto capaci di modificare la struttura molecolare rompendone i legami atomici (l'esempio più ricorrente è quello dei raggi X) e perciò cancerogene;
- onde non ionizzanti (NIR): su cui sono tuttora in corso numerosi studi tesi a verificare gli effetti sull'uomo. Questo tipo di onde comprende, tra le varie frequenze, le microonde, le radiofrequenze ed i campi a frequenza estremamente bassa (ELF - Extremely Low Frequency da 0 a 10 kHz).

Fra questi campi a bassa frequenza (ELF) è compresa anche l'energia elettrica che è trasmessa a frequenza di 50 Hz. Le grandezze che determinano l'intensità e la distribuzione del campo magnetico nello spazio circostante una linea interrata sono fondamentalmente:

1. intensità delle correnti di linea;
2. distanza dai conduttori;
3. isolanti, schermature e profondità di interrimento del cavo;

4. disposizione e distanza tra conduttori.

Per mitigare il campo magnetico generato da una linea elettrica, dal momento che la schermatura mediante materiali ad alta permeabilità e/o conducibilità non è strada praticabile, è dunque necessario agire su una o più delle grandezze sopra elencate. L'influenza dei vari fattori si evince immediatamente dalla legge di Biot-Savart, secondo cui: *“il campo magnetico è direttamente proporzionale all'intensità di corrente e inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente”*.

#### 1.4.1 Legge di Biot-Savart

Il quarto fattore entra in gioco per il fatto che il sistema di trasmissione polifase, nella fattispecie trifase, risulta composto da una terna di correnti di uguale intensità seppure sfasate nel tempo e, poiché il campo magnetico in ogni punto dello spazio circostante è dato dalla composizione vettoriale dei contributi delle singole correnti alternate, ne deriva un effetto di mutua compensazione di tali contributi tanto maggiore quanto più vicine tra loro sono le sorgenti, fino ad avere una compensazione totale se le tre correnti fossero concentriche. Per le linee aeree, la distanza minima tra i conduttori è limitata dalla necessaria distanza che deve essere posta tra le fasi, in subordinazione della tensione di esercizio, mentre per le linee in cavo tale distanza può essere dell'ordine di 20-30 cm con un abbattimento sostanziale del campo magnetico già a poca distanza. Come avviene ormai sempre più di frequente, le linee di Media Tensione non vengono più costruite mediante linea aerea a conduttori nudi, ma (se non in conduttore isolato aereo) interrate, consentendo di ridurre drasticamente l'effetto dovuto ai campi elettromagnetici attenuati dal terreno che agisce da “schermatura naturale”; si riesce ad abbassare l'intensità di tali emissioni a valori addirittura inferiori ai più comuni elettrodomestici di uso quotidiano. Il calcolo è stato effettuato in aderenza alla Norma CEI 211-4.

$$B = \mu_0 \times I / 2\pi R$$

Le linee guida per la limitazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici variabili nel tempo ed ai campi elettromagnetici sono state indicate nel 1998 dalla ICNIRP. Il 12-7-99 il Consiglio dell'Unione Europea ha emesso una Raccomandazione agli Stati Membri volta alla creazione di un quadro di protezione della popolazione dai campi elettromagnetici, che si basa sui migliori dati scientifici esistenti; a tale proposito, il Consiglio ha avallato proprio le linee guida dell'ICNIRP. Successivamente nel 2001, a seguito di una ultima analisi condotta sulla letteratura scientifica, un Comitato di esperti della Commissione Europea ha raccomandato alla CE di continuare ad adottare tali linee guida. Successivamente è intervenuta, con finalità di riordino e miglioramento della normativa allora vigente in materia, la Legge 36/2001, che ha individuato ben tre livelli di esposizione ed ha affidato allo Stato il compito di determinare e di aggiornare periodicamente i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità, in relazione agli impianti suscettibili di provocare inquinamento elettromagnetico. L'art. 3 della Legge 36/2001 ha definito:

- **limite di esposizione:** *il valore di campo elettromagnetico da osservare ai fini della tutela della salute da effetti acuti;*
- **valore di attenzione:** *quel valore del campo elettromagnetico da osservare quale misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine;*
- **obiettivo di qualità:** *criterio localizzativo e standard urbanistico, oltre che come valore di campo elettromagnetico, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione.*

Tale legge quadro italiana (36/2001), come ricordato sempre dal citato Comitato, è stata emanata nonostante che le raccomandazioni del Consiglio della Comunità Europea del 12-7-99 sollecitassero gli Stati membri ad utilizzare le linee guida internazionali stabilite dall'ICNIRP; tutti i paesi dell'Unione Europea, hanno accettato il parere del Consiglio della CE, mentre l'Italia ha adottato misure più restrittive di quelle indicate dagli Organismi internazionali. In esecuzione della predetta Legge, è stato infatti emanato il D.P.C.M. dell' 8.7.2003, che ha fissato il limite di esposizione in 100 microtesla per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico; ha stabilito il valore di attenzione di 10 microtesla, a titolo di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere; ha fissato, quale obiettivo di qualità, da osservare nella progettazione di nuovi elettrodotti, il valore di 3 microtesla. È stato altresì esplicitamente chiarito che tali valori sono da intendersi come mediana di valori nell'arco delle 24 ore, in condizioni normali di esercizio (non si deve dunque fare riferimento al valore massimo di corrente eventualmente sopportabile da parte della linea). Si segnala come i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità stabiliti dal Legislatore italiano siano rispettivamente 10 e 33 volte più bassi di quelli internazionali. Al riguardo è opportuno anche ricordare che, in relazione ai campi elettromagnetici, la tutela della salute viene attuata – nell'intero territorio nazionale – esclusivamente attraverso il rispetto dei limiti prescritti dal D.P.C.M. dell'08.7.2003, al quale soltanto può farsi utile riferimento. Infatti il DM del MATTM del 29.05.2008, che definisce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto degli elettrodotti, riprende l'art. 6 di tale D.P.C.M.

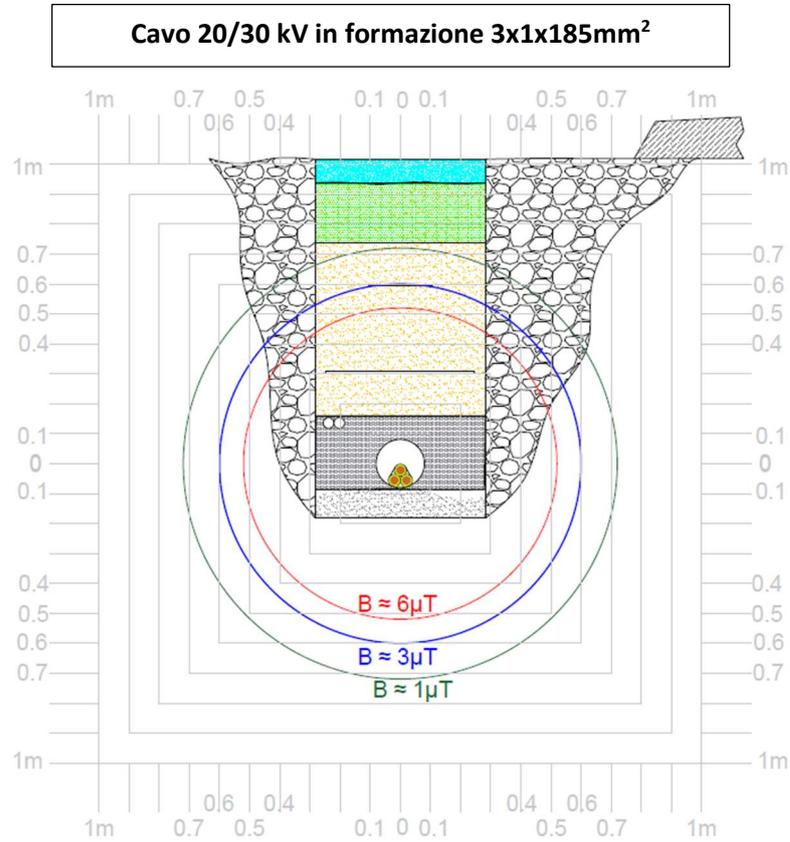
## 1.5 Campi elettromagnetici opere di utenza in MT

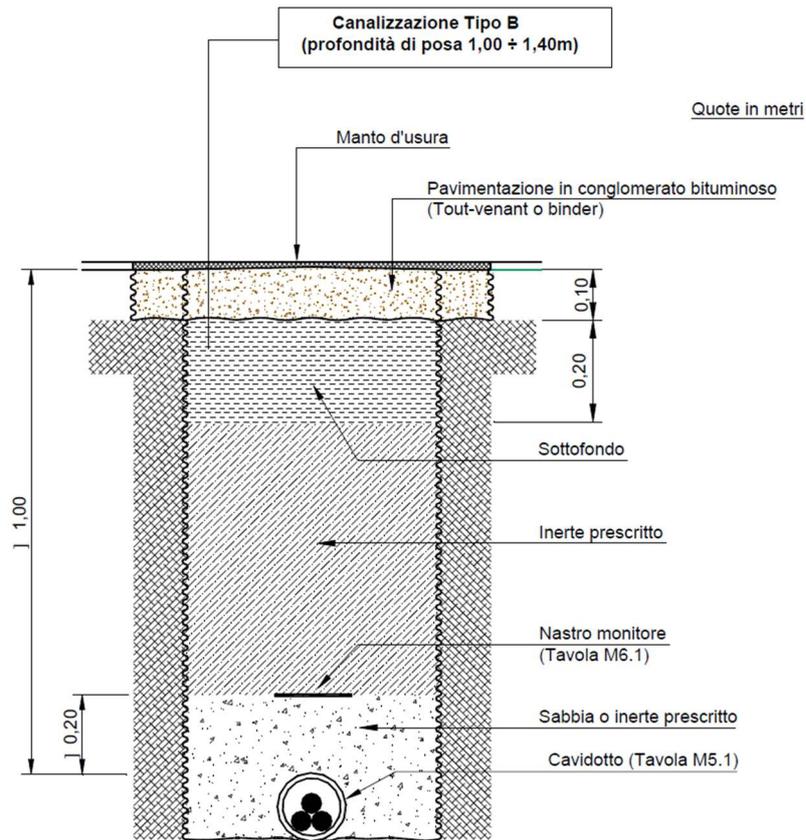
In linea con il dettato dell'art. 4 del DPCM 08/07/2003 di cui alla Legge. n° 36 del 22/02/2001, in materia di rispetto delle distanze da ambienti presidiati ai fini dei campi elettrici e magnetici, il tracciato è stato eseguito tenendo conto del limite di qualità dei campi magnetici, fissato dalla suddetta legislazione a **3  $\mu T$** .

La disposizione delle fasi sarà quella indicata nella sezione cavidotto interrato, sopra esplicitata. In particolare, ai fini del calcolo, la tipologia di cavidotti presenti nell'impianto di rete si può riassumere nella sola tipologia afferente alla posa di cavi elicordati.

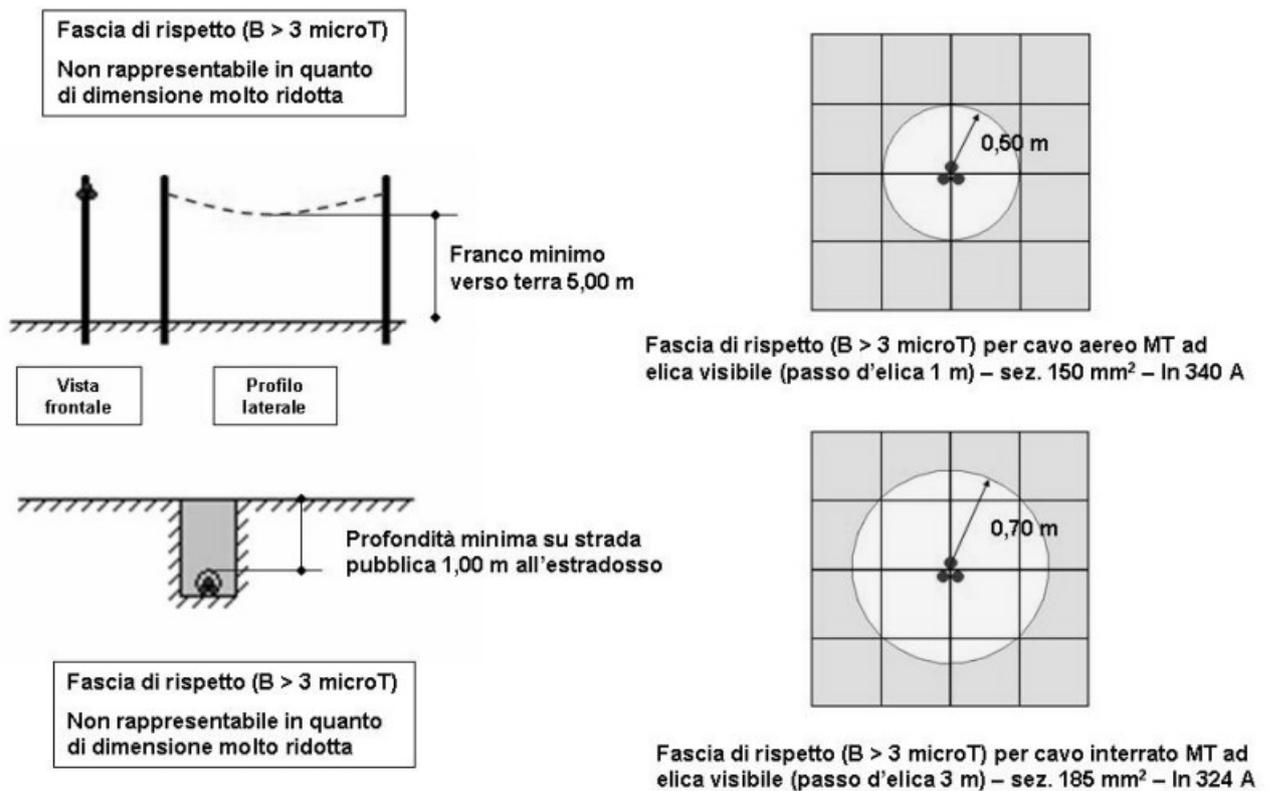
Nei cavidotti nei quali siano posati solo cavi elicordati così come per gli elettrodotti aerei con medesimi conduttori isolati, vale quanto riportato nella norma CEI 106-11 e nella norma CEI 11-17. Infatti, come

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 nelle condizioni limite di conduttori di sezione maggiore e relativa "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza (50-80 cm) dall'asse del cavo stesso (Figure 1a e 1b).





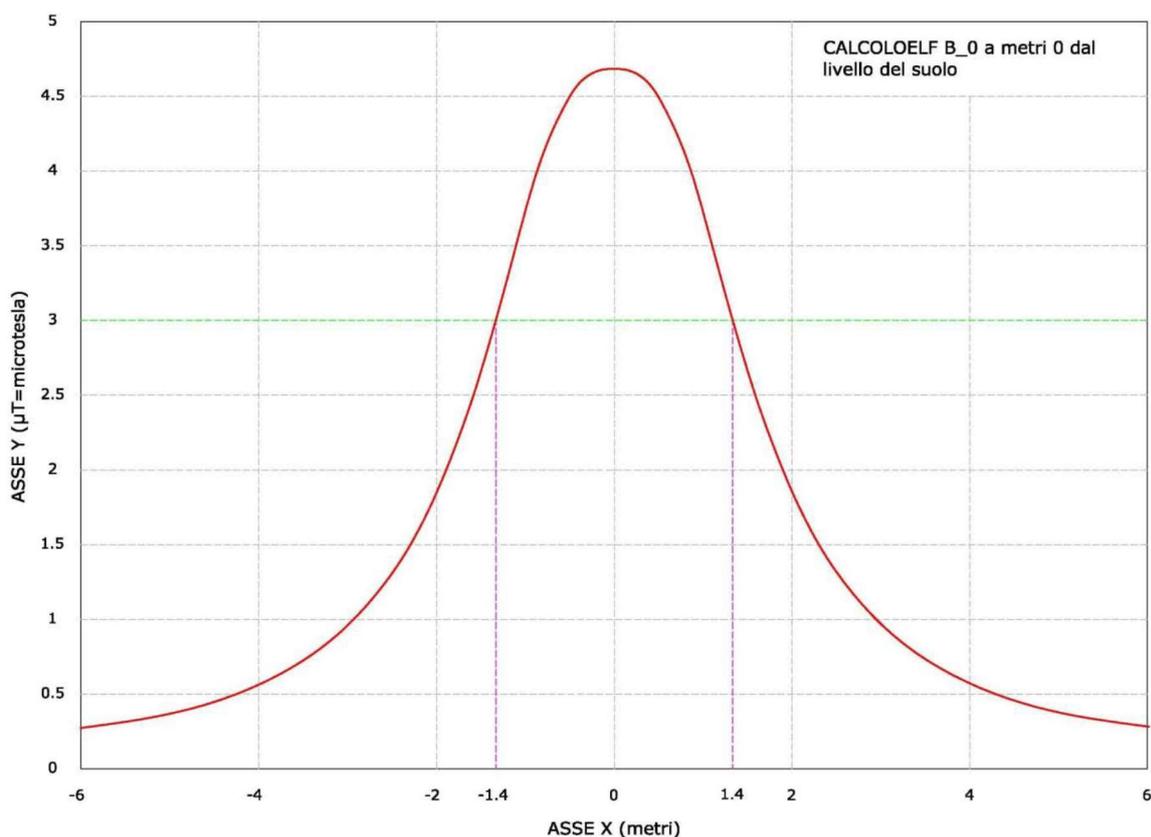
**Fig. 1a** Curve di equipotenziale per il campo magnetico di una linea interrata in MT con cavo elicordato (rif. Norma CEI 106-11)



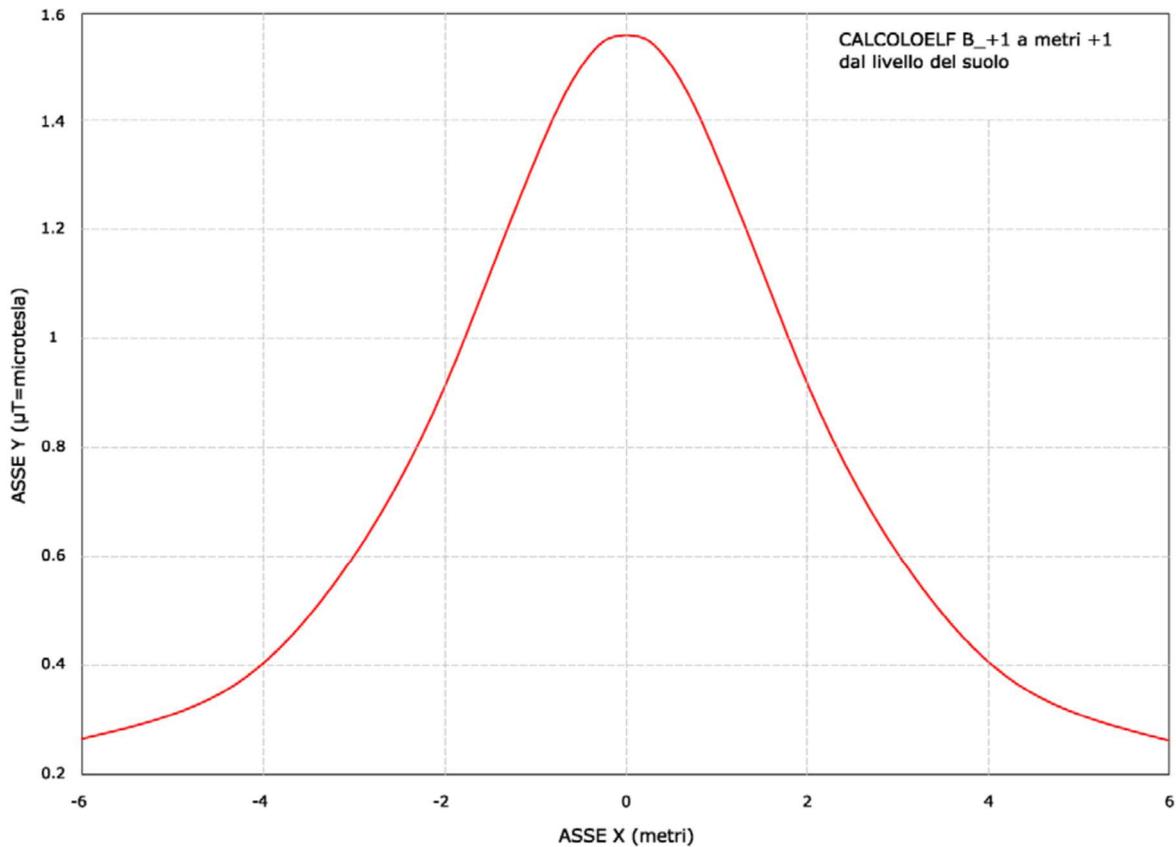
**Fig. 1b** Curve di livello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con il modello tridimensionale “Elico” della piattaforma “EMF Tools”, che tiene conto del passo d’elica.

Si fa notare in proposito che anche il recente decreto del 29.05.2008, sulla determinazione delle fasce di rispetto, ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi elicordati, pertanto a tali fini si ritiene valido quanto riportato nella norma richiamata. Ne consegue che in tutti i tratti realizzati mediante l'uso di cavi elicordati si può considerare che l'ampiezza della fascia di rispetto sia pari a 2 m, a cavallo dell'asse del cavidotto, uguale alla fascia di asservimento della linea. Al proposito si precisa che una linea da 20 kV in conduttori nudi aerei genera un campo a terra di 4,5  $\mu\text{T}$  che, impiegando la più costosa realizzazione in cavo elicordato aereo, si riduce a 0,2  $\mu\text{T}$ .

Di seguito, in ottemperanza alle norme vigenti per il calcolo degli effetti a lunga esposizione sui recettori sensibili, si raffigurano i diagrammi ottenuti dal software di calcolo "Calcolo Elf\_versione 1.0", con riferimento a terna esercita a 20kV e formazione della conduttura 3x1x600mm<sup>2</sup> percorsa dalla corrente di 547 A, calcolati su due livelli: a quota zero dal suolo (Fig. 2a) e a quota +1 metro dal suolo (Fig. 2b). Sull'asse y dei diagrammi avremo il valore dell'intensità del campo magnetico espressi in microtesla ( $\mu\text{T}$ ), sull'asse x avremo le distanze in metri (m).



**Fig. 2a** Diagramma campo magnetico delle linee MT interrate in cavo elicordato a quota 0 m dal suolo.



**Fig. 2b** Diagramma campo magnetico delle linee MT interrate in cavo elicordato a quota +1 m dal suolo.

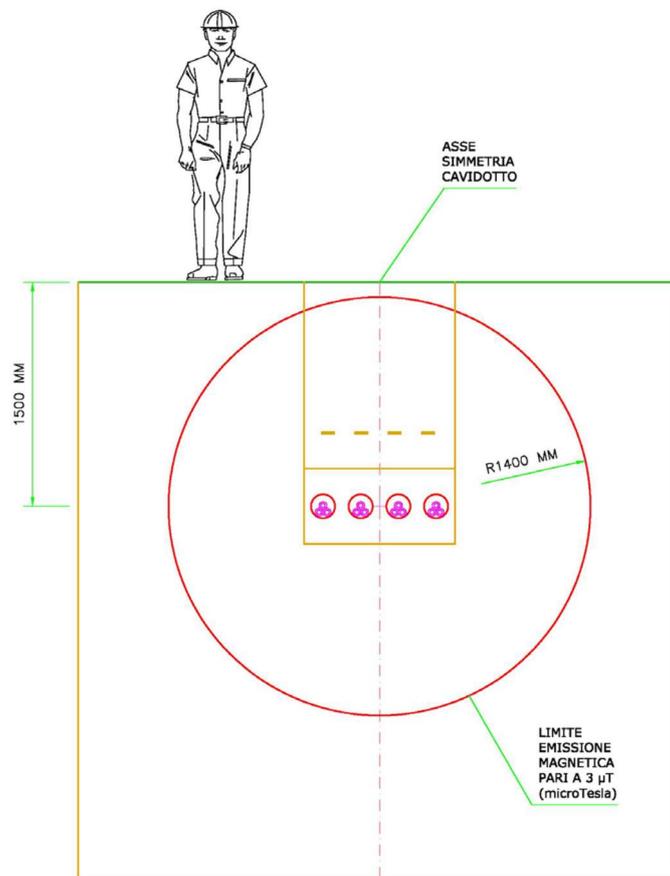
Pertanto, per quanto concerne il calcolo del campo magnetico delle linee MT interrate, considerando che il vettoriamento avviene alla tensione di esercizio di 30 kV e quindi, a parità di potenza trasportata, con corrente di impiego minore si individua come volume di rispetto relativo al cavidotto MT interrato il volume cilindrico in asse col cavidotto con raggio pari a 1,4 metri e come fascia di rispetto la sua proiezione al suolo. Si evince chiaramente dall'immagine in (Figura 3) che **il volume di rispetto cilindrico non oltrepassa la quota zero e quindi non esiste alcuna interazione con recettori sensibili pertanto, ritrovandoci nel pieno rispetto dei limiti vigenti non sussistono pericoli per la salute umana.**

Il calcolo dei campi elettrici non è stato condotto in quanto tutti i cavi in media tensione impiegati sono dotati di armatura metallica connessa a terra, che scherma l'effetto del campo elettrico, di conseguenza **il campo elettrico esterno allo schermo è nullo.**

In relazione alla specifica ubicazione degli impianti e/o del locale cabina di consegna sulla citata area di progetto della centrale FV ed in prossimità delle cabine di sezionamento allocate lungo la strada a percorrenza pubblica comunale, con attraversamenti alla SS7ter e provinciali, è applicabile il criterio basato sulla DPA, distanza di prima approssimazione.

La Distanza di prima approssimazione (Dpa) è stata calcolata sulla base della tabella riportata nell'articolo 5.2.1

dell'allegato al D.M. 29 maggio 2008, considerando che il limite fissato dall'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  di cui all'art. 4 del D.P.C.M. dell'08/07/2003 risulta rispettato per le aree ad una distanza superiore a quanto riportato nelle allegate rappresentazioni grafiche della fascia di rispetto e della D.P.A. (fig. 4÷8).



**Fig.3:** Volume di rispetto campo magnetico delle linee MT in cavo elicordato.

### 1.5.1 Elettrodotti interrati a 30 kV

Stabilita la poco significativa rilevanza dei campi elettromagnetici laddove si ricorre all'uso di cavi elicordati (interno campi fotovoltaici) non si può affermare lo stesso per il tratto di collegamento, composto fino a 2 terne da  $630 \text{ mm}^2$ , che provvede al vettoriamento dell'energia prodotta fino al punto di immissione in RTN che si traduce, di fatto, con la connessione alla Stazione di Utente in condivisione. 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. Il vantaggio più immediato è determinato dal decrescere molto più rapidamente dei valori di intensità di campo magnetico con la distanza, mentre si denota una perdita di energia a causa della potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione). Altri metodi con i quali ridurre i valori di intensità di campo elettrico e magnetico possono essere quelli di usare "linee compatte", pertanto si preferisce, contando sull'elevato isolamento dei rivestimenti, avvicinare quanto possibile tra di loro i conduttori attivi. 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 circa 1,2 metri dal suolo, linearmente sullo stesso piano oppure a triangolo (disposizione a trifoglio). Confrontando quindi 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 riferimento ai cavi MT interrati e per un sistema monofase bilanciato (corrente nulla al centro stella), come nel nostro caso il campo di induzione magnetica "B" ad una certa distanza "r" può essere calcolato con la formula:

$$B = 0,346 (I \times d) / r^2$$

Dove:

<b>I</b>	corrente che percorre il cavo espressa in ampere A
<b>D</b>	distanza tra i conduttori che supporremo con buona approssimazione pari a 0,1 m (10 cm)
<b>r</b>	distanza dal conduttore.
<b>B</b>	l'induzione magnetica espressa in $\mu T$

Nel nostro caso ponendo  $B = 3 \mu T$ , che indica il valore dell'induzione magnetica per il quale è rispettato il limite normativo di qualità, e calcolando la corrente massima che attraversa i conduttori MT con la formula

$$I = \frac{P_n}{V_n \times 1.73 \times \cos\phi} = 345 A$$

Dove

<b>P<sub>n</sub></b>	17 x 10 <sup>6</sup>	W
<b>V<sub>n</sub></b>	30 x 10 <sup>3</sup>	V
<b>cos<math>\phi</math></b>	0.95	

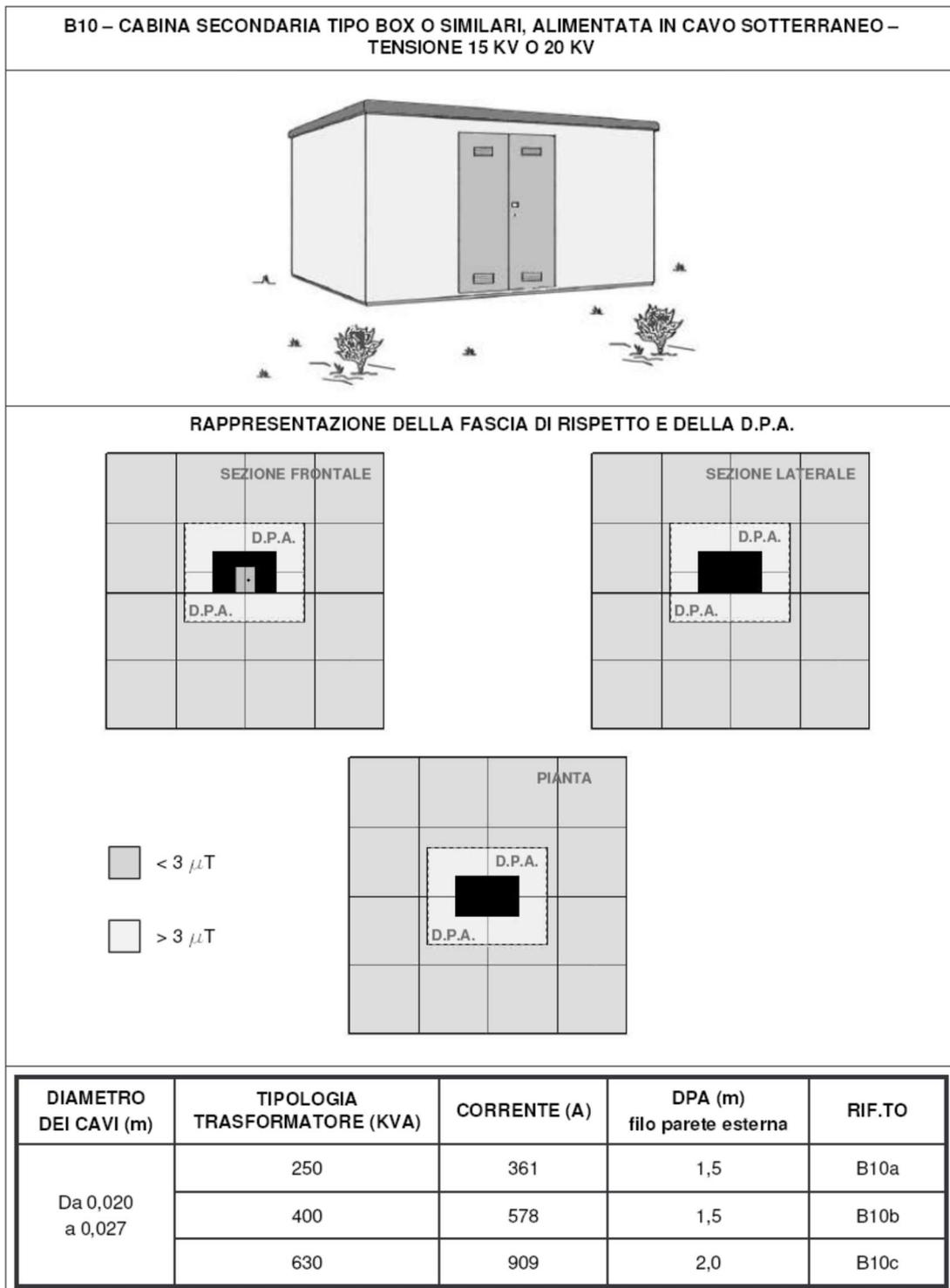
Pertanto

$$r = \sqrt{[0.346 * (I * d) / B]} = 1.99 m$$

Da quanto sopra esposto si può affermare che ad una distanza di circa 1.99 metri dal cavo il valore dell'induzione magnetica raggiunge il valore di qualità pari a 3  $\mu T$ .

In considerazione del fatto che l'interramento dei conduttori ad una profondità minima di 1.2 metri attenua il valore del campo magnetico possiamo affermare che già a livello del piano stradale, ad una

distanza di poco meno di 80 centimetri dal piano di calpestio, gli effetti del campo magnetico stesso diventano irrilevanti. Le aree in cui avviene la posa dei cavi sono agricole, e la posa dei cavi avviene di solito al di sotto di strade esistenti (interpoderali, comunali e l'attraversamento di una strada provinciale), aree dove ovviamente non è prevista la permanenza stabile di persone per oltre 4 ore e/o la costruzione di edifici. Possiamo pertanto concludere che l'impatto elettromagnetico indotta dai cavi MT è praticamente nullo.



**Fig. 8**

## 1.6 Campi elettromagnetici opere di utenza in MT

Secondo il medesimo principio di tutela della salute pubblica e dei lavoratori, anche nella sezione di AT si farà riferimento alle prescrizioni contenute nelle disposizioni legislative vigenti, pertanto l'impianto di elevazione in AT che afferisce alla pertinenza della società proponente **Inergia Solare Sud srl** nella sezione dedicata della Stazione di Utenza in condivisione è stato progettato in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente (Legge 36/2001 e D.P.C.M. 08/07/2003).

Si rileva, inoltre, che la Stazione stessa sarà normalmente esercita in teleconduzione, pertanto non è prevista la presenza di personale se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria, quindi non si ravvisa presenza di strutture potenzialmente sensibili, o se presenti non certamente classificabili come **recettori sensibili** (ovvero luoghi adibiti alla permanenza non inferiore a quattro ore giornaliere).

È da osservare, come riportato al paragrafo 5.2.2 dell'allegato al Decreto Ministeriale 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" (pubblicato in G.U. 5/07/2008 n. 156, S.O. n. 160), che per gli impianti eserciti in "Stazioni/Cabine Primarie" la **Dpa** (Distanza di prima approssimazione) e quindi la fascia di rispetto rientra, generalmente, nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso, seppure l'autorità competente, laddove ritenesse necessario, potrebbe richiederne il rilievo strumentale in prossimità degli elementi perimetrali (es. portali, sbarre, trasformatori, ecc.).

Le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici al suolo nelle diverse condizioni di esercizio, con particolare attenzione alle zone di transito del personale (strade interne). I valori di campo elettrico al suolo risultano massimi nelle zone di uscita linee con valori attorno a qualche kV/m, ma si riducono a meno di 0,5 kV/m a ca. 20 m di distanza dalla proiezione dell'asse della linea.

Nelle medesime zone i valori di campo magnetico al suolo assumono entità importanti e decisamente dipendenti dalle grandezze in gioco, in particolare della corrente in esercizio: sulle linee percorse da correnti di valore prossimo alla massima portata si riscontrano campi magnetici pari a qualche decina di microtesla; gli stessi si riducono fino al raggiungimento dell'*obiettivo di qualità* (circa 3 $\mu$ T) già alla distanza di 22 m dalla proiezione dell'asse della linea elettrica a quota zero.

Mantenere quindi una determinata distanza degli apparati e componenti elettromeccanici eserciti in AT dalla recinzione perimetrale della pertinente "sezione di elevazione MT/AT" [che nel presente studio si determinano in metri 14 dall'asse delle sbarre in AT e metri 7 dalle condutture in aria (lato ingresso trasformatore di potenza)] **assicurerà**, in corrispondenza dei confini del fabbricato stesso, la presenza di valori di campo notevolmente ridotti ed ampiamente sotto i limiti di legge.

### 1.6.1 Configurazione per CEM generato da cabine elettriche con apparecchiature in aria 30/150kV

La sezione di elevazione 30/150 kV dell'impianto di generazione elettrica da fonte solare della *Inergia Solare Sud srl* è stata progettata in modo da rispettare i valori di campo elettrico e magnetico, previsti dalla normativa statale vigente sopra riportata e certamente già rispettata per le opere esistenti. Si rileva che nella Stazione di Utenza in condivisione, normalmente esercita in teleconduzione, non è prevista la presenza di personale, se non per interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria.

A scopo cautelativo, si riporta uno studio specifico su stazione di trasformazione 380/150 kV esercita, quindi, con tensioni superiori (AAT/AT) al caso in specie (MT/AT); appare evidente che le considerazioni conclusive, afferendosi a condizioni più restrittive dello studio in progetto, potranno essere applicabili a maggior ragione alla evidentemente più contenuta, sia nelle dimensioni che nei parametri di esercizio (tensioni e correnti di impiego), stazione di elevazione condivisa in oggetto di studio.

Le figure di seguito rappresentate (figg. 9 e 11) mostrano la planimetria di una tipica stazione di trasformazione 380/150kV ed una di trasformazione 150/20kV con elettromeccanici in isolamento in aria (AIS), all'interno delle quali sono state effettuate una serie di misure di campo elettrico e magnetico al livello zero (suolo).

Le stesse figure forniscono l'indicazione delle principali distanze fase – terra e fase – fase, nonché la tensione sulle sbarre e le correnti nelle varie linee confluenti nella stazione, registrate durante l'esecuzione delle misure.

Sono evidenziate, inoltre, le aree interne presso le quali sono state effettuate le misure; in particolare, sono evidenziate le zone ove i campi sono stati rilevati per punti utilizzando strumenti portabili (aree A, B, C, e D), mentre sono contrassegnate in tratteggio le vie di transito lungo le quali la misura dei campi è stata effettuata con un'opportuna unità mobile (furgone completamente attrezzato per misurare e registrare con continuità i campi).

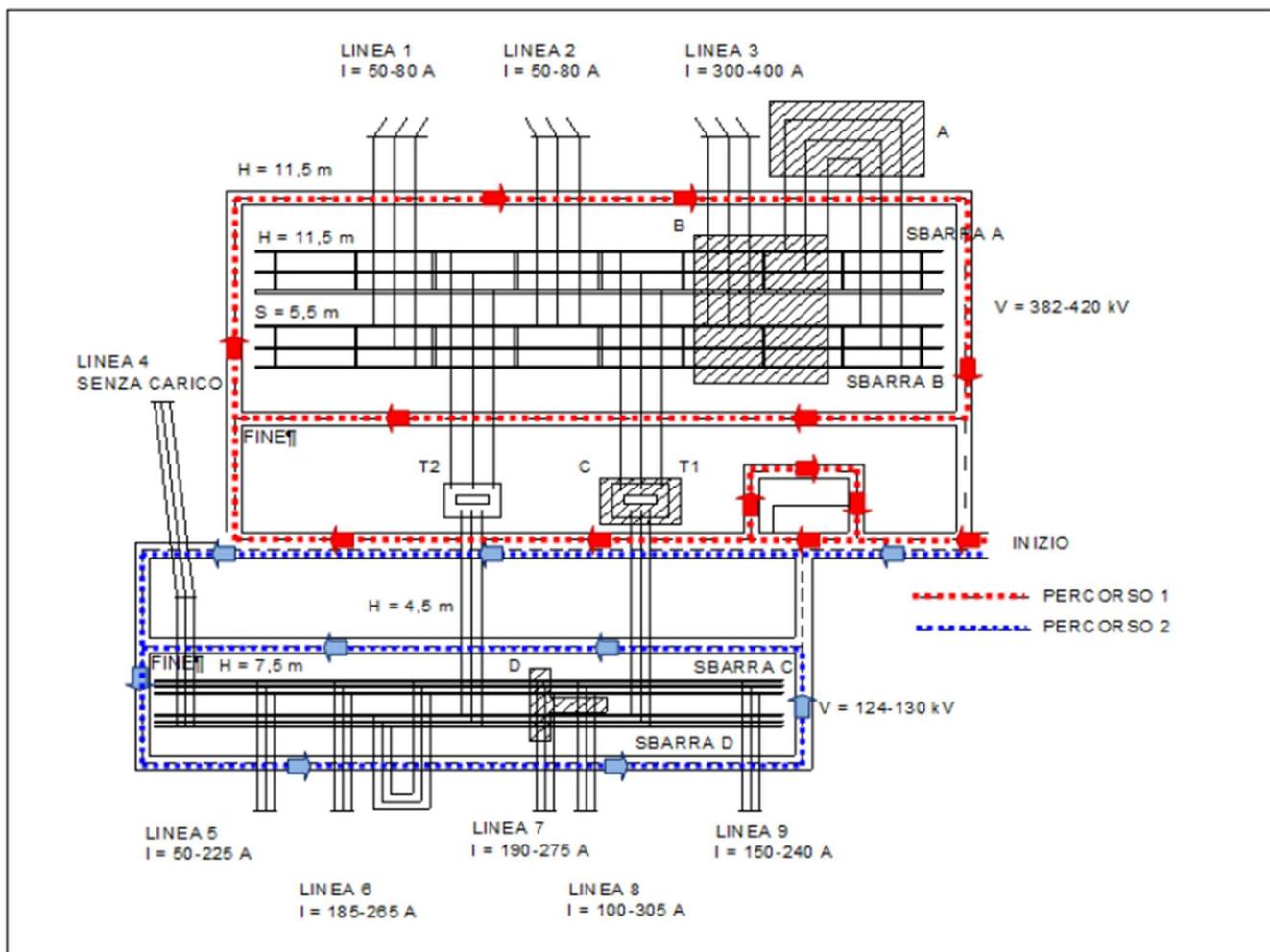
Va sottolineato che, grazie alla modularità degli impianti della stazione, i risultati delle misure effettuate nelle aree suddette, sono sufficienti a caratterizzare in modo abbastanza dettagliato tutte le aree interne alla stazione stessa, con particolare attenzione per le zone di più probabile accesso da parte del personale. Nella tabella 1 è riportata una sintesi dei risultati delle misure di campo elettrico e magnetico effettuate nelle aree A, B, C e D.

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con l'unità mobile (assunte come riferimento di studio), la fig. 2 illustra, giusto per completezza espositiva, i profili del campo elettrico e di quello magnetico rilevati lungo il percorso n. 1, quello cioè che interessa prevalentemente la parte esercita alla massima tensione di 380kV della medesima stazione.

**I valori massimi di campo elettrico e magnetico si riscontrano in prossimità degli ingressi linea in AAT** tuttavia, in tutti i casi, i valori del campo elettrico e di quello magnetico riscontrati al suolo all'interno delle aree di stazione sono risultati compatibili con i limiti di legge.

A supporto di quanto riferito si riportano di seguito i lavori di simulazione ed elaborazione delle DPA effettuate con software **EMT Tolls v. 3.0 del CESI**.

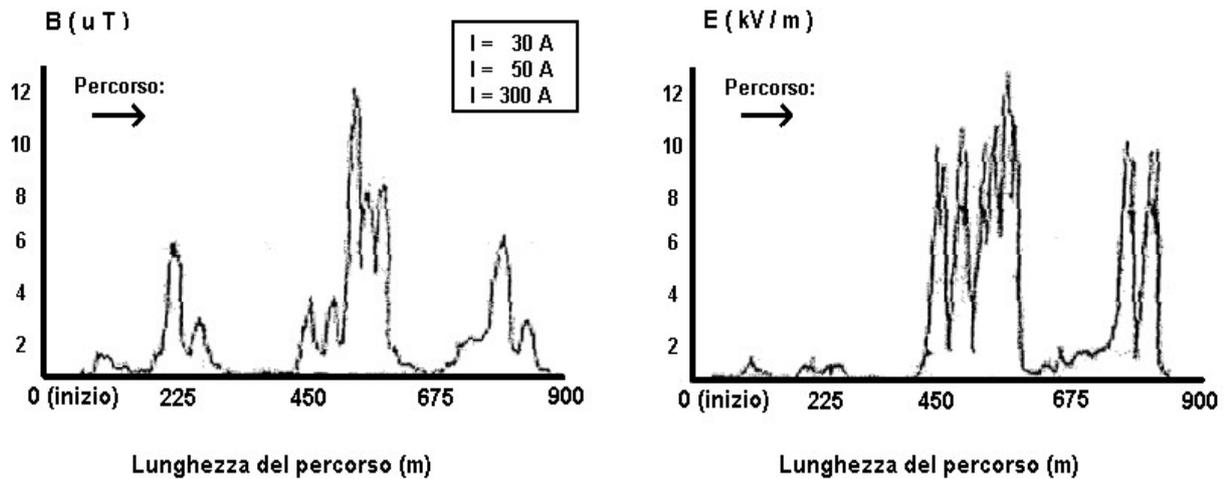
La modellizzazione delle sorgenti fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4; bidimensionale per le linee elettriche e tridimensionale per le cabine e stazioni elettriche; sarà pertanto osservata una fascia di rispetto dalla recinzione interna della Stazione di almeno 14 m (Figg. 9, 11, 12).



**Fig. 9 – Pianta di una tipica stazione 380/150 kV: indicazione delle principali distanze fase-fase (S) e fase-terra (H) e delle variazioni delle tensioni e delle correnti durante le fasi di misurazioni di campo elettrico e magnetico**

Area	Numero di punti di misura	Campo Elettrico (kV/m)			Induzione Magnetica ( $\mu\text{T}$ )		
		E max	E min	E medio	B min	B max	B medio
A	93	11,7	5,7	8,42	8,37	2,93	6,05
B	249	12,5	0,1	4,97	10,22	0,73	3,38
C	26	3,5	0,1	1,13	9,31	2,87	5,28
D	19	3,1	1,2	1,96	15,15	3,96	10,17

**Tab. 1 - Risultati della misura del campo elettrico e dell'induzione magnetica nelle aree A, B, C, e D di fig. 1a**



**Fig. 10 - Risultati della misura dei campi elettrici e magnetici effettuate lungo le vie interne della sezione a 380 kV della stazione riportata in fig. 9**

Fermo restando le elaborazioni di simulazione già descritte si riportano, in aggiunta, le deduzioni rappresentate del documento di riferimento di Enel SpA inerenti il "Rapporto CESI-ISMES A8021317"; in esso viene ancora riprodotto lo studio che afferisce alla "Valutazione teorica e sperimentale della fascia di rispetto per Cabine Primarie". Si conferma pertanto il valore della fascia di rispetto, pari cioè a **metri 14** dalla recinzione interna della Stazione di Utenza (Fig11a ÷ 11c, 12).

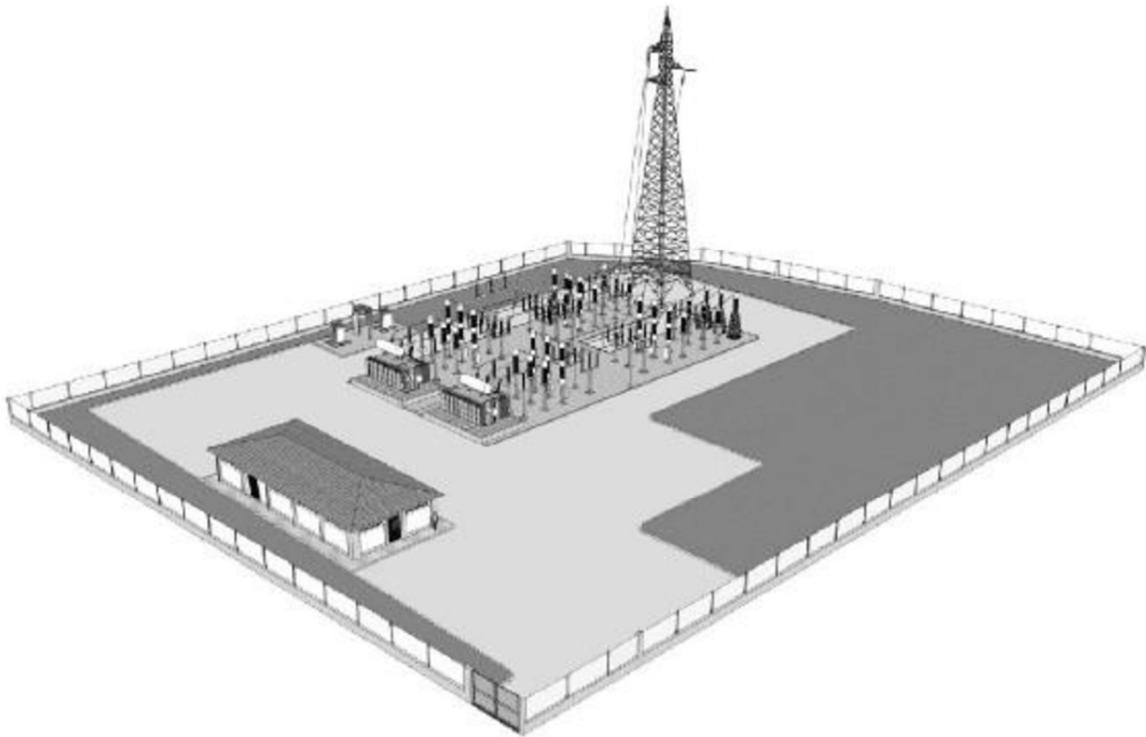


Fig. 11a: Rappresentazione di una tipica Stazione di Utente 150/20 kV con apparecchiature isolate in aria

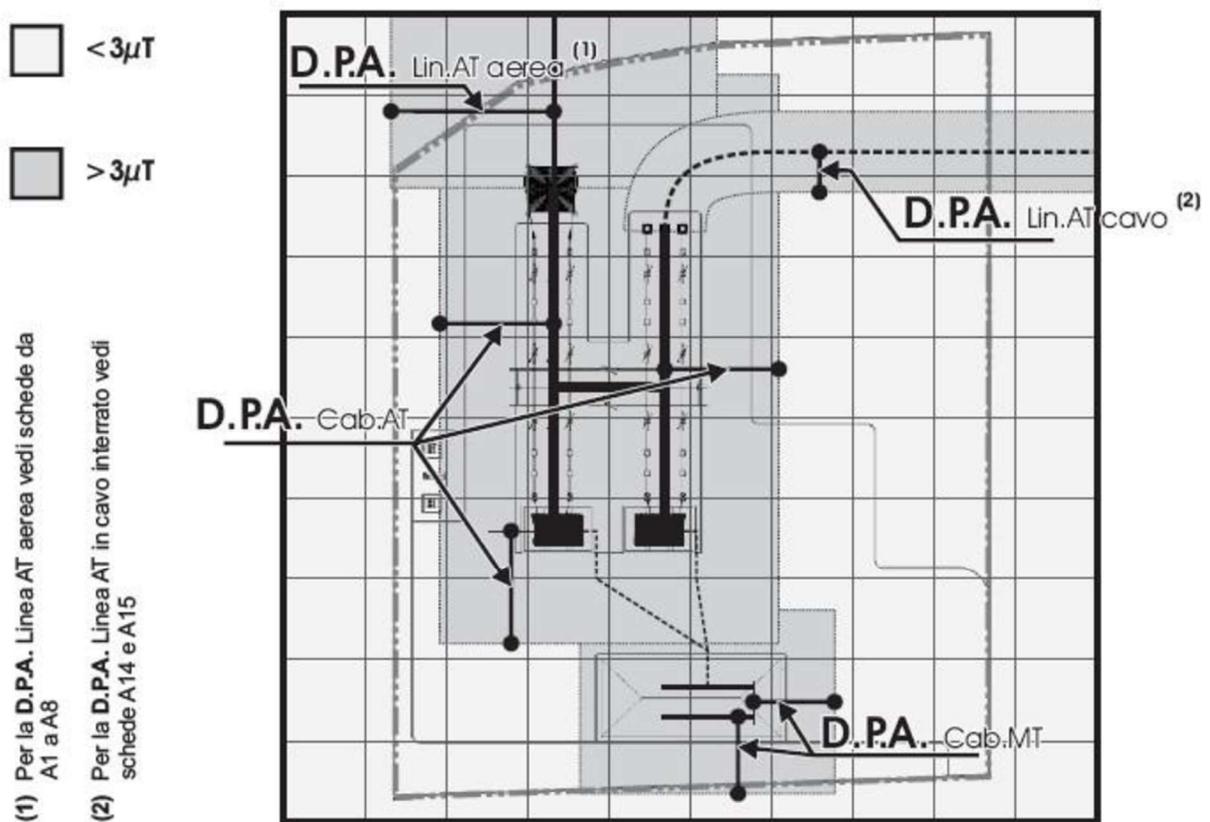
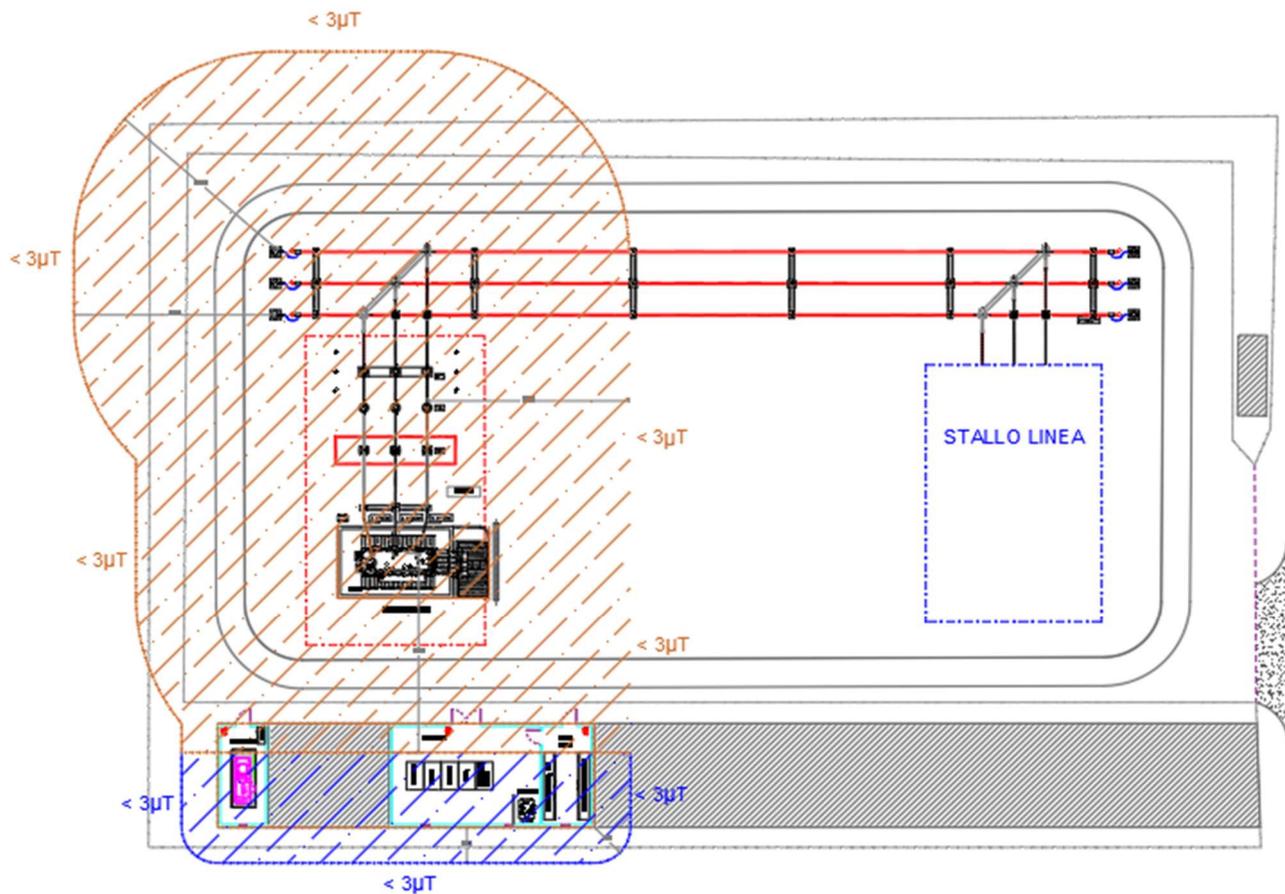


Fig. 11b: Rappresentazione della fascia di rispetto e della DPA

Tipologia trasformatore [MVA]	CABINA PRIMARIA						
	D.P.A. Cab. da centro sbarre AT	Distanza tra le fasi AT	Corrente	D.P.A. Cab. da centro sbarre MT	Distanza tra le fasi MT	Corrente	Riferimento
	m	m	A	m	m	A	
63	14	2.20	870	7	0.38	2332	A16

Fig. 11c – Rappresentazione dei valori risultanti nel caso di Trasformatore di potenza da 63 MVA



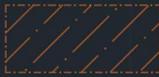
Secondo modellazione delle sorgenti in rif. CEI 211-4		
	tipo Sorgente	
	AT	Influenza dell'intensità magnetica $B > 3\mu T$
	MT	Influenza dell'intensità magnetica $B > 3\mu T$

Fig. 12 – Rappresentazione dei valori risultanti nella sezione di elevazione 30/150 kV impianto "Bruno"

## 2. CONCLUSIONI

### 2.1 Opere di Utenza in MT

Alla luce di quanto sopra esposto, in considerazione di quanto segue:

- ✓ che il percorso della conduttura elettrica di vettoriamento energia elettrica all'interno dei campi fotovoltaici è realizzato con cavi MT del tipo cordato ad elica visibile a tensione  $U_0/U=18/30$  kV, isolamento ridotto e schermo in tubo di alluminio, di formazione  $3 \times 1 \times 185 \text{mm}^2$  con conduttori in Al (ARE4H5EX/ARG7H1RNRX 18/30 KV) - tabella DC 4385 matricola 332284,
- ✓ che l'interramento della conduttura di vettoriamento principale dell'energia, realizzata con cavi MT del tipo cordato ad elica visibile a tensione  $U_0/U=18/30$  kV, isolamento ridotto e schermo in tubo di alluminio, di formazione fino a  $2 \times (3 \times 1 \times 630 \text{mm}^2)$  con conduttori in Al (ARG7H1RNR 18/30 KV), posati alla profondità superiore a 1,20 m produce effetti del campo magnetico sicuramente irrilevanti già alla distanza di circa 0,80 m dal piano stradale, in corrispondenza dell'interramento dei cavi stessi,
- ✓ che le aree in cui avviene la posa dei cavi sono a destinazione agricola ed avviene al di sotto di strade esistenti (interpoderali, comunali e provinciali, con attraversamento delle stesse),
- ✓ che, per quanto afferisce alle cabine di raccolta e di sezionamento esercite in MT, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza delle medesime cabine,
- ✓ che nelle aree in oggetto di intervento non è prevista la permanenza stabile di persone per oltre 4 ore e/o la costruzione di edifici, pertanto si è nelle condizioni di assenza di **recettori sensibili**,

si può asserire che per quanto afferente alle opere di utenza di media tensione, **l'impatto elettromagnetico indotto dai cavi e componenti eserciti in MT è praticamente non significativo;**

### 2.2 Opere di Utenza in AT

Le uniche radiazioni associabili a questo tipo di impianti sono le radiazioni non ionizzanti costituite dai campi elettrici e magnetici a bassa frequenza (50 Hz), prodotti rispettivamente dalla tensione di esercizio degli elettrodotti e dalla corrente che li percorre. I valori di riferimento, per l'esposizione ai campi elettrici e magnetici, sono stabiliti dalla Legge n. 36 del 22/02/2001 e dal successivo DPCM 8 Luglio 2003. Alla luce di quanto sopra esposto, non si riscontrano, in merito all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici, problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti in implementazione di potenza della cabina Primaria in oggetto di studio. Al fine di rassicurare le conclusioni esplicitate nella presente relazione, a lavori ultimati, si potranno eseguire prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte. Lo studio appena descritto conferma la conformità dell'impianto dal punto di vista degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana. Per quanto concerne i cavi interrati all'interno della CP infatti, considerati gli accorgimenti di progetto adottati relativi a:

- minimizzazione dei percorsi della rete

- disposizione a fascio delle linee trifase

si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate. Per quanto concerne lo “Stallo TR” (Trasformatore di potenza da 25 MVA) e l’interfacciamento alle Sbarre principali comuni, si è verificato che la **D.P.A.** ricade di fatto all’interno della medesima stazione di elevazione MT/AT; pertanto, la sezione di elevazione 30/150 kV della Stazione di Utenza in condivisione non genera rischi di esposizione prolungata ai campi elettromagnetici dal momento che si tratta di area a cui è consentito l’accesso di personale specializzato, peraltro in modo saltuario e non continuativo.

Appare utile ribadire che le opere elettriche in progetto e relative DPA non interferiscono con alcun **recettore sensibile**, non interessando aree gioco per l’infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall’art.4 del D.P.C.M 8 luglio 2003. Inoltre, sono rispettate ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 “*Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell’ambiente esterno*”.

Si può asserire che, all’interno della Stazione di Utenza in condivisione, **l’impatto elettromagnetico indotto dai componenti elettrici ed elettromeccanici della sezione di pertinenza della Inergia Solare Sud srl, eserciti in AT ed MT, è praticamente non significativo.**

Il progettista