



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI FOGGIA  
 COMUNI DI FOGGIA E MANFREDONIA



PROGETTO IMPIANTO SOLARE AGRI-VOLTAICO DA  
 REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) C.DA TITOLO, E  
 RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEL COMUNE DI  
 MANFREDONIA, DI POTENZA PARI A **62.452,04 kWp**,  
 DENOMINATO "**FOGGIA - MANFREDONIA**"

PROGETTO DEFINITIVO

Valutazione previsionale C.E.M.



livello prog.	Codice Pratica STMG	N. ELABORATO	DATA	SCALA
PD	201901116	VF6FYQ3_A18	15.09.2021	

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

HF Solar 3 S.r.l.



ENTE

PROGETTAZIONE



Arch. A. Calandrino  
 Arch. M. Gullo  
 Arch. S. Martorana  
 Arch. F. G. Mazzola  
 Arch. G. Vella  
 Arch. Y. Kokalah

Ing. D. Siracusa  
 Ing. A. Costantino  
 Ing. C. Chiaruzzi  
 Ing. G. Schillaci  
 Ing. G. Buffa



Il Progettista

Il Progettista

**Impianto di produzione di energia elettrica da fonte  
energetica rinnovabile attraverso tecnologia fotovoltaica  
denominato  
“Foggia-Manfredonia”**

**Codice Pratica STMG 201901116**

**Progetto definitivo**

**Relazione tecnica campi elettromagnetici  
e calcolo delle distanze di prima approssimazione**

## Sommario

Premessa .....	3
Riferimenti Normativi .....	7
Descrizione sintetica dell'impianto di produzione .....	8
Valutazione previsionale dei campi elettromagnetici .....	11
Moduli Fotovoltaici.....	12
Inverter .....	17
Cabine elettriche di trasformazione BT/MT .....	20
Linee elettriche di media tensione .....	23
Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT 30/150kV.....	32
Elettrodotto AT 150 kV di collegamento con la SE di Mafredonia .....	41
Conclusioni .....	45

## Premessa

La presente relazione tecnica è parte integrante del Progetto definitivo delle Opere di Utenza e di Rete necessarie per la connessione alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale RTN, di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte energetica rinnovabile, che la Società “**HF Solar 3 S.r.l.**” intende realizzare nel Territorio Comunale **Foggia** (FG), in contrada Titolo, su lotti di terreno distinti al N.T.C. Foglio 163, p.lle 38, 43, 62, 75, 131, 215 – 25, 105, 210, 219, 214, 208, 207, 206, 222, 218, 277, 229, 209, 39, 44, 28, 211 – 32, 226, 228, 212, 90, 61, 93 – 24, 34, 72, 74, 89, 205, 227 – 4, 81, 82, 92, 176 - 31 e annesse opere di connessione nel territorio comunale di Manfredonia. su lotti di terreno distinti al N.C.T. Foglio 129 p.la 486. Gli impianti saranno collegati alla rete tramite cavidotti interrati.

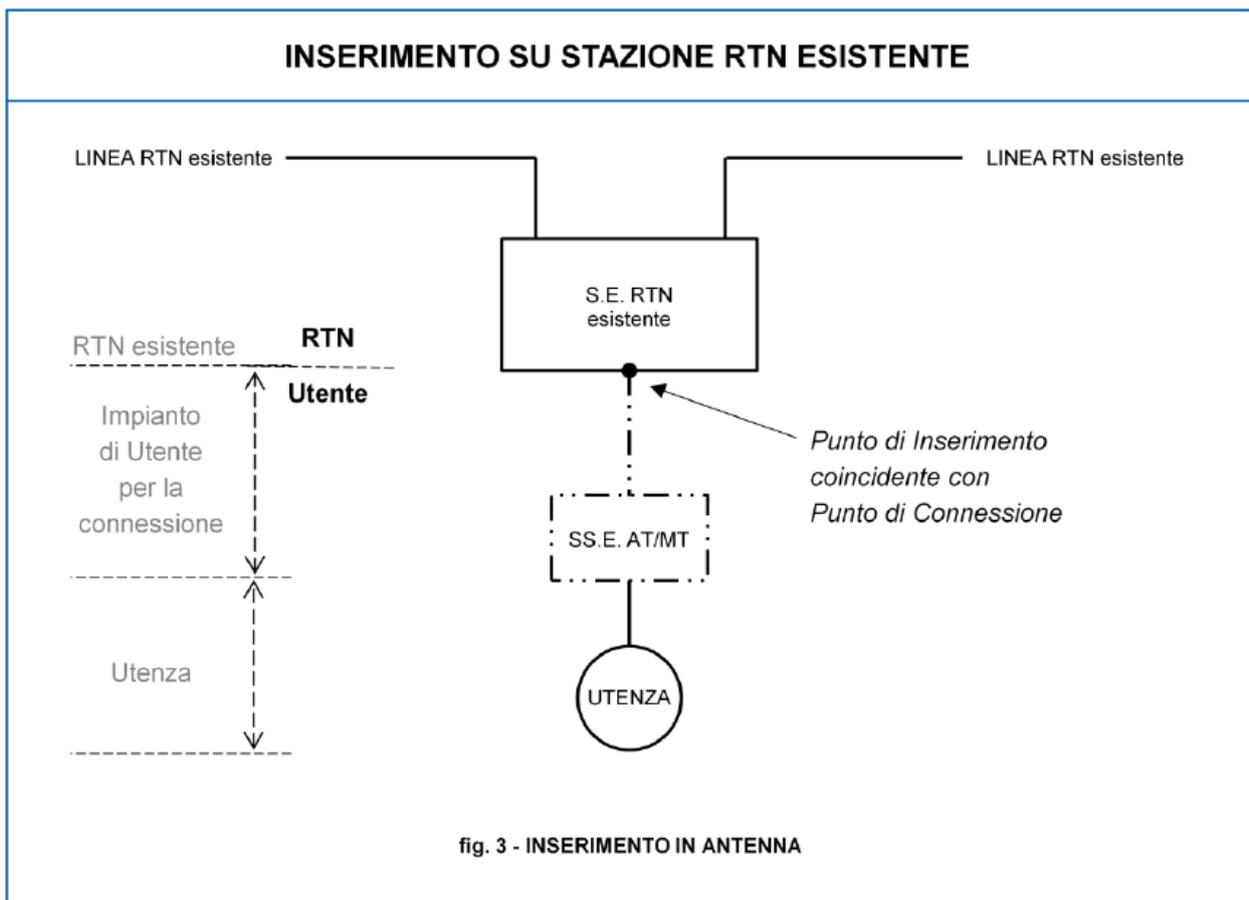
L'impianto ha una di picco<sup>1</sup> pari a **62.452,040 kWp** e in base quanto prescritto dal Gestore di Rete identificato con Codice Pratica 201901116 verrà connesso in antenna a 150 kV su uno stallo a 150 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV della RTN di Manfredonia.

Ai sensi dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/ 99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della centrale alla citata SE costituisce **Impianto di Utenza per la Connessione**, mentre lo stallo arrivo produttore nella suddetta stazione costituisce **Impianto di Rete per la Connessione**. La restante parte di impianto, a valle dell'impianto di utenza per la connessione, si configura, ai sensi della Norma CEI 0-16, come **Impianto di Utenza**.

Per una maggiore comprensione di quanto descritto, viene riportato lo schema tipico di inserimento in antenna su stazione RTN esistente, riportato nella Guida agli Schemi di Connessione del Codice di Rete Terna:

---

<sup>1</sup> Per potenza di picco del Campo Fotovoltaico si intende, ai sensi della Norma CEI 0-16, la somma delle potenze nominali dei moduli fotovoltaici installati valutate in condizioni STC.



*Figura 1: schema tipico di inserimento in antenna su Stazione RTN esistente*

Le infrastrutture elettriche a mezzo delle quali la centrale di produzione di energia elettrica verrà collegata alla Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale RTN a 150 kV, sono quelle di seguito elencate:

- dorsali MT a 30 kV, di collegamento con la sezione MT della Sottostazione Elettrica di UtENZA 30/150 kV;
- sottostazione Elettrica di UtENZA 30/150 kV, con esecuzione in aria ed equipaggiata con un singolo stallo di trasformazione da 70 MVA;
- sottostazione elettrica condivisa, consistente in un sistema di sbarre AT predisposto per la connessione degli stalli di trasformazione degli altri Produttori con cui la Società Proponente dovrà condividere lo Stallo Arrivo Produttore a 150 kV da realizzare presso la Stazione Elettrica di Trasformazione della RTN di Manfredonia, e da uno stallo partenza linea anch'esso da condividere;
- nuovo elettrodotto in cavo interrato a 150 kV di collegamento tra lo stallo partenza linea della Sottostazione Elettrica condivisa e lo Stallo Arrivo Produttore in SE Terna.

Il presente elaborato illustra i risultati della valutazione dei campi magnetici associabili al progetto dell'impianto di produzione e delle infrastrutture necessarie per la connessione alla RTN, al fine di verificare il rispetto degli obiettivi di qualità fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003. L'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici infatti è stata, negli ultimi anni, oggetto di numerosi provvedimenti legislativi.

A livello Nazionale, la situazione normativa, è formata dai seguenti provvedimenti:

- Legge 2270272001 n° 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- D.P.C.M. 08/07/2003 “Fissazione dei limiti di esposizione, del valore 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 Ministeriale 29/05/2008 “Approvazione delle metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto”;
- Decreto Ministeriale 29/05/2008 “Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica”.

Considerando che l'impianto oggetto dell'iniziativa intrapresa dalla Società “**HF Solar 3 S.r.l.**” sarà esercito in corrente alternata a frequenza industriale (50 Hz), i campi elettrici e magnetici generati durante l'esercizio rientrano nella banda ELF (30 – 300 Hz, bassa frequenza) e quindi regolati dal D.P.C.M. 8 luglio 2003 per la determinazione delle fasce di rispetto.

In particolare, ai fini della protezione della popolazione dall'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati da linee e cabine elettriche, il D.P.C.M. sopra citato fissa, in conformità alla Legge 36/2001:

- i **limiti di esposizione** del campo elettrico (**5 kV/m**) e del campo magnetico (**100 µT**) per la protezione da possibili effetti a breve termine;
- il **valore di attenzione** (**10 µT**) e l'obiettivo di qualità (**3 µT**) del campo magnetico, da intendersi come mediana nelle 24 ore in normali condizioni di esercizio, per la protezione da possibili effetti a lungo termine connessi all'esposizione nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

*Il valore di attenzione* si riferisce ai luoghi tutelati esistenti nei pressi di elettrodotti esistenti, mentre *l'obiettivo di qualità* si riferisce alla progettazione di nuovi elettrodotti in prossimità di luoghi tutelati esistenti o alla progettazione di nuovi luoghi tutelati nei pressi di elettrodotti esistenti.

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003, in attuazione della Legge 36/01 (articolo 4 comma 1 lettera h), introduce la metodologia di calcolo delle fasce di rispetto, definita nell'allegato al Decreto 29 maggio 2008. Detta fascia, comprende tutti i punti nei quali, in normali condizioni di esercizio, il valore di induzione magnetica può essere maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

***Al fine di agevolare/semplificare l'iter autorizzativo relativo alla costruzione ed esercizio di linee e cabine elettriche, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto, prevede una procedura semplificata di valutazione, con l'introduzione della Distanza di Prima Approssimazione (DPA)<sup>2</sup>, la quale permette, nella maggior parte delle situazioni, una valutazione esaustiva dall'esposizione ai campi magnetici.***

Nella presente relazione tecnica, applicando la procedura semplificata, vengono calcolate le fasce di rispetto e le DPA delle cabine e linee elettriche oggetto di progettazione, ai fini della valutazione dell'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici.

---

<sup>2</sup> Per le linee elettriche è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le Cabine Secondarie è la distanza, in pianta sul livello suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

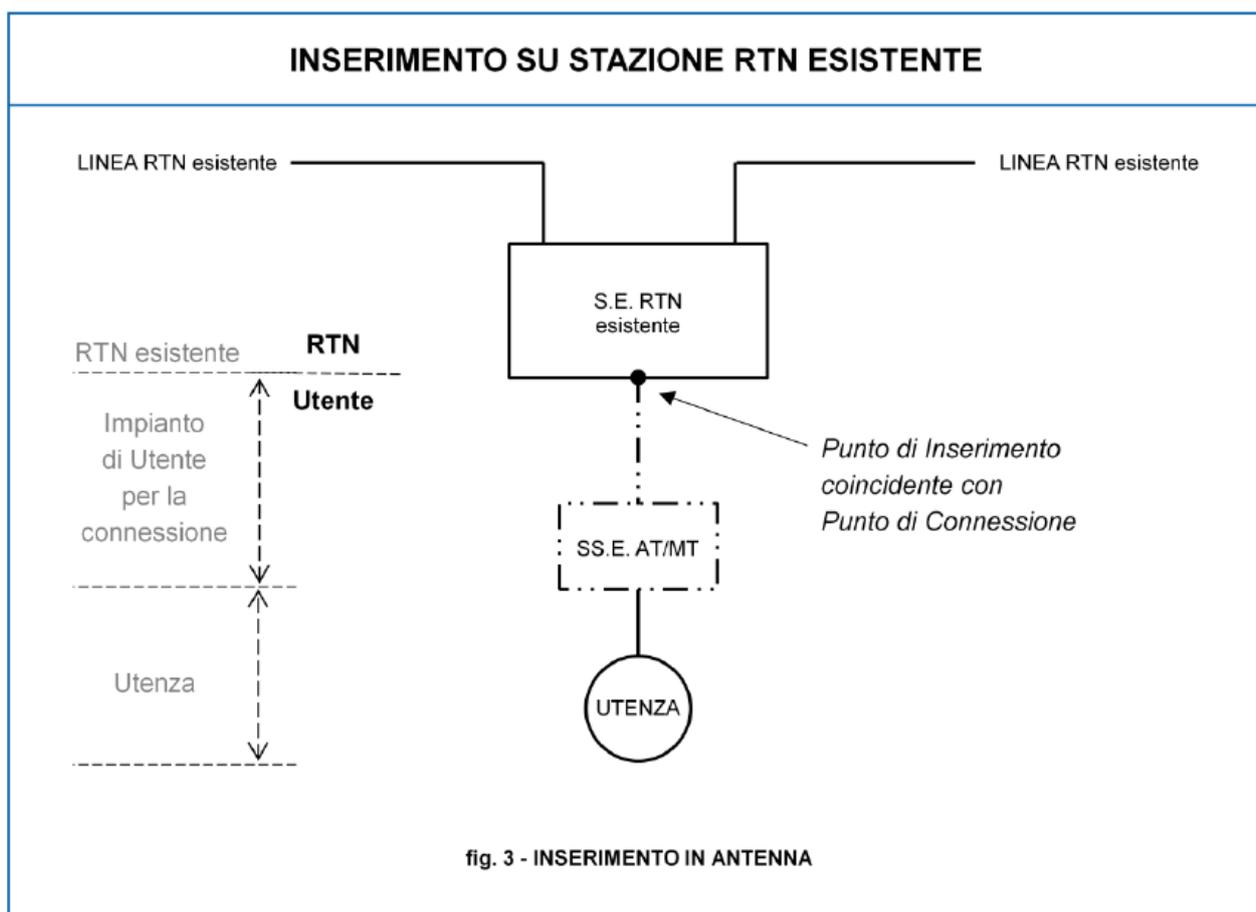
## **Riferimenti Normativi**

I principali riferimenti normativi da presi in considerazione per la progettazione, la costruzione e l'esercizio dell'intervento oggetto del presente documento, sono di seguito elencati:

- Norma CEI 106-11 (Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6));
- D.P.C.M. 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 a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449;
- Guida e-Distribuzione Distanza di prima approssimazione da linee e cabine elettriche;
- Norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”;
- DM 29.05.2008 “Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”.

## Descrizione sintetica dell'impianto di produzione

La Società "HF Solar 3 S.r.l." ha intrapreso l'iniziativa per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica attraverso tecnologia fotovoltaica da **62.452,040 kWp**, il quale, conformemente a quanto prescritto dal Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale identificato con Codice Pratica 201901116 Prot. Terna verrà collegata in antenna a 150 kV su un nuovo stallo a 150 kV della Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV della RTN di Manfredonia.



**Figura 2: Schema di inserimento in antenna su stazione RTN esistente**

Ai sensi dell'art. 21 dell'allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento della centrale alla stazione elettrica della RTN, costituisce **Impianto di Utenza per la Connessione**, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce **Impianto di Rete per la Connessione**. La restante parte di impianto, a valle dell'impianto di utenza per la connessione, si configura, ai sensi della Norma CEI 0-16, come **Impianto di Utenza**.

Il generatore fotovoltaico, ovvero la parte di impianto che converte la radiazione solare in energia elettrica direttamente sfruttando l'effetto fotovoltaico, è stato dimensionato applicando il criterio della superficie utile disponibile, tenendo dei distanziamenti da mantenere tra i filari di tracker per evitare fenomeni di auto-ombreggiamento e degli spazi necessari per l'installazione delle stazioni di conversione e trasformazione dell'energia elettrica.

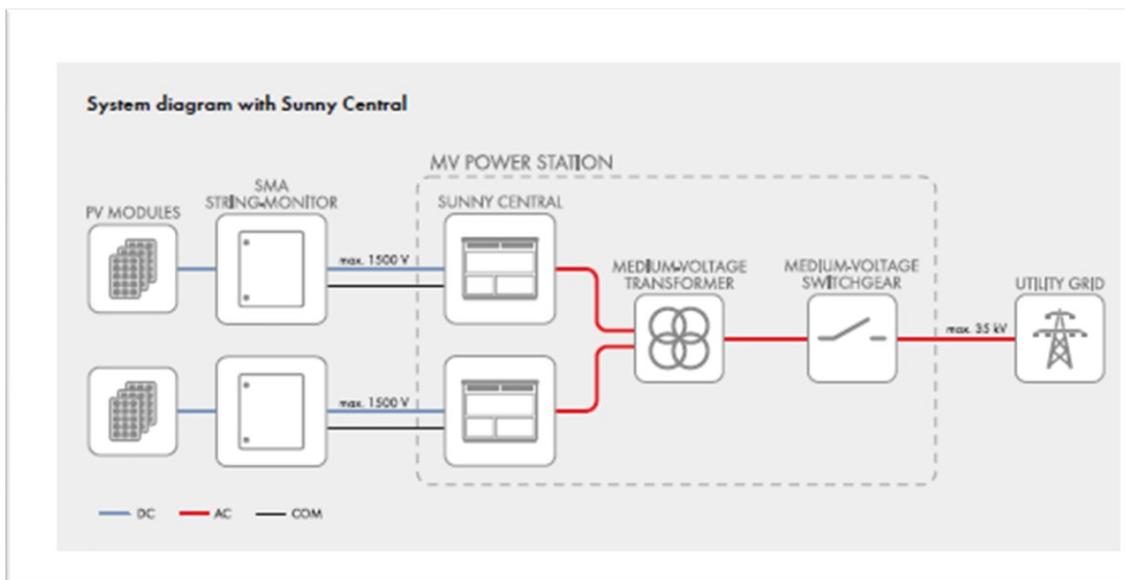
Per la realizzazione del campo di generazione, in questa fase della progettazione, si è scelto di utilizzare moduli fotovoltaici **Vertex Bifacial Dual Glass in silicio monocristallino, costituiti da 132 celle.**

Al fine di massimizzare la producibilità annua dell'impianto, si è scelto di utilizzare **strutture tracker monoassiali del tipo 1-V** da 56 moduli e 84 moduli, con pitch pari a 5,2 m. Come riscontrabile dal layout di impianto sono state disposte complessivamente 3329 stringhe elettriche da 28 moduli, tenendo conto della potenza nominale del singolo, la potenza complessiva dell'impianto sarà pari a **62.452,04 kWp.**

Il campo fotovoltaico è stato suddiviso in **14 sottocampi fotovoltaici**, per ognuno dei quali è prevista la realizzazione di un locale di conversione e trasformazione dell'energia elettrica prodotta. Le cabine di trasformazione MT/BT di campo, verranno interconnesse tra loro in entra-esce mediante linee elettriche di media tensione in cavo interrato, secondo l'ordine di seguito indicato:

- Linea MT n° 1: interconnette le cabine n° 1, 2 e 3;
- Linea MT n° 2: interconnette le cabine n° 4, 5 e 6;
- Linea MT n° 3: interconnette le cabine 7, 8 e 9;
- Linea MT n° 4: interconnette le cabine 10, 11 e 12;
- Linea MT n° 5: interconnette le cabine 13 e 14;

Le Stazioni di Conversione e Trasformazione dell'Energia Elettrica prodotta scelte in fase di progettazione definitiva, sono del tipo MW POWER STATION 5000 SMA, ciascuna delle quali risulta equipaggiata con n° 2 inverter centralizzati SMA da 2500 kVA e un trasformatore BT/MT da 5000 kVA dotato di due avvolgimenti secondari distinti:



*Figura 3: schema di principio Power Station SMA*

Le stazioni di conversione e trasformazione sopra menzionate, verranno collegate al quadro elettrico generale di media tensione installato all'interno della cabina di raccolta, da cui partiranno le dorsali di media tensione in cavo interrato per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta verso la Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT 30/150 kV, che la Società proponente intende realizzare in territorio comunale di Manfredonia in località Macchiarotonda, su foglio 129 particella 486.

Nella Sottostazione Elettrica di Utenza, a mezzo di un trasformatore MT/AT, verrà innalzato il livello di tensione al valore del punto di connessione alla RTN (150 kV). Il collegamento tra la Sottostazione Elettrica di Utenza e lo stallo arrivo produttore a 150 kV da realizzare presso la SE di Manfredonia, verrà realizzato a mezzo di un elettrodotto in cavo interrato elettrificato a 150 kV.

## **Valutazione previsionale dei campi elettromagnetici**

Lo scopo del presente elaborato è quello di stimare i campi elettromagnetici generati durante l'esercizio dalle varie apparecchiature elettriche facenti parte dell'Impianto di Utenza<sup>3</sup> ai fini della valutazione dell'esposizione umana, e dimostrare che i livelli di emissione non costituiranno rischi per la popolazione.

Gli elementi di impianto oggetto di valutazione, sono quelli di seguito elencati:

- Moduli fotovoltaici;
- Inverter;
- Cabine di trasformazione;
- Linee elettriche MT;
- Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT 30/150 kV;
- Elettrodotto AT 150 kV di collegamento con la SE di Oppido.

I risultati ottenuti, vengono riportati nei successivi paragrafi.

---

<sup>3</sup> Ai sensi della Norma CEI 0-16 si definisce Impianto di Utenza l'impianto di produzione nella disponibilità dell'Utente.

# 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 transistori 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.

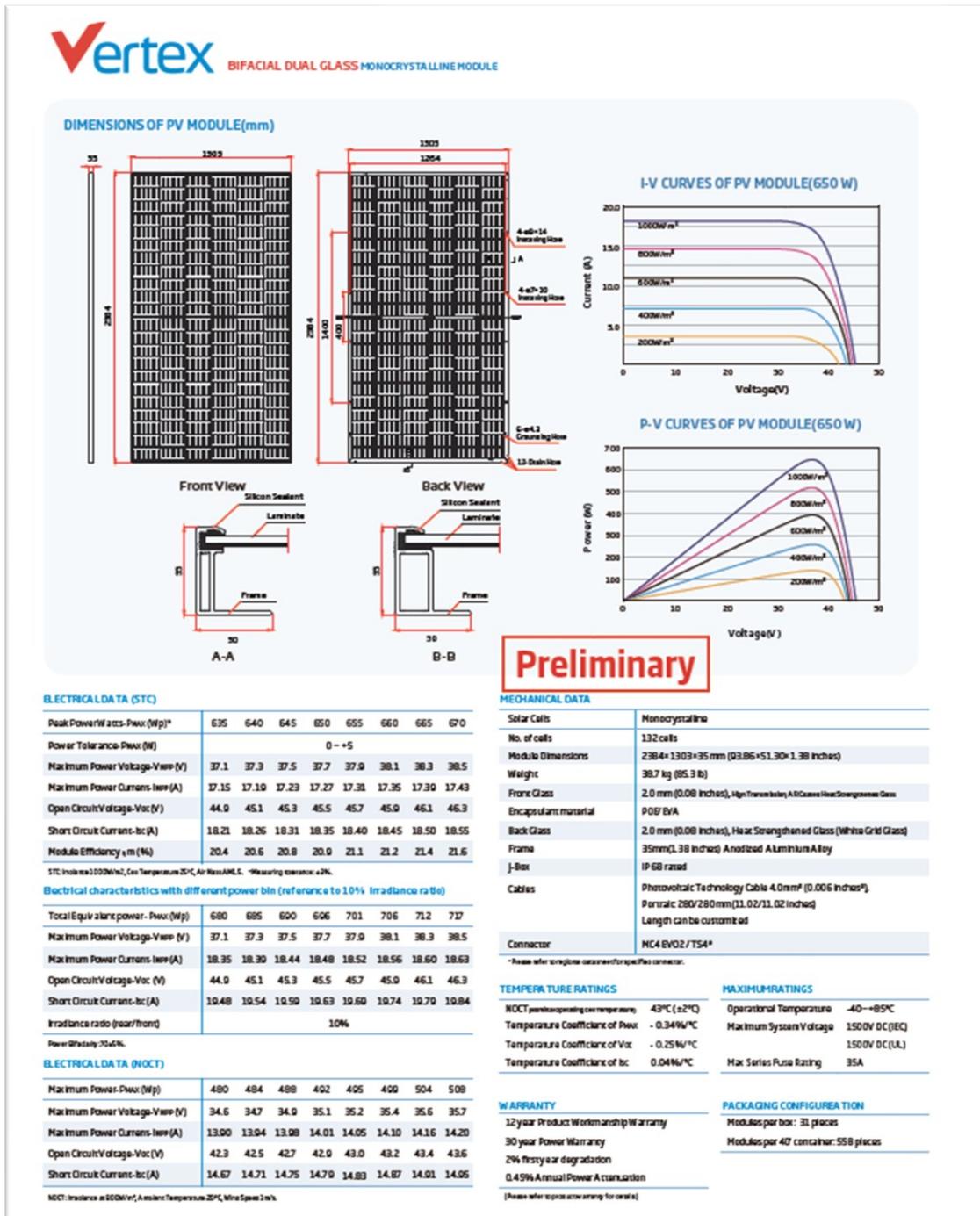


Tabella 1: datasheet moduli fotovoltaici

Durante l'esercizio generano "campi elettrici e campi magnetici statici". In relazione all'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici statici, ai sensi della Norma CEI EN 50499 essi sono classificabili come **sorgenti giustificabili**, ovvero conformi a priori ai livelli di riferimento per l'esposizione della popolazione di cui alla Raccomandazione 1999/519/CE.

<b>Luoghi e apparecchiature conformi a priori</b>	
Tipo di apparecchiatura/luogo	Note
Luoghi di lavoro accessibili al pubblico	Sono ritenuti conformi i luoghi di lavoro aperti al pubblico che rispettano i limiti di esposizione indicati nella Raccomandazione del Consiglio Europeo 1999/519/EC (ad esempio a 50 Hz il limite di induzione magnetica è di 100 $\mu$ T)
Uso di apparecchiature a bassa potenza (così come definite dalla norma EN 50371: con emissione di frequenza 10 MHz ÷ 300 GHz e potenza media trasmessa fino a 20 mW e 20 W di picco), anche in assenza di marcatura CE	Non sono comprese le attività di manutenzione
<p>Uso di apparecchiatura con marcatura CE valutata utilizzando le norme armonizzate per la protezione dai CEM. L'elenco delle norme, che è comunque in frequente aggiornamento, è indicato nell'allegato C della norma EN 50499:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EN 50360: telefoni cellulari;</li> <li>▪ EN 50364: sistemi di identificazione (RFID) e antitaccheggio (EAS);</li> <li>▪ EN 50366: elettrodomestici;</li> <li>▪ EN 50371: norma generica per gli apparecchi elettrici ed elettronici di bassa potenza;</li> <li>▪ EN 50385: stazioni radio base e stazioni terminali fisse per sistemi di telecomunicazione senza fili;</li> <li>▪ EN 50401: apparecchiature fisse per trasmissione radio (110 MHz - 40 GHz) destinate a reti di telecomunicazione senza fili;</li> <li>▪ EN 60335-2-25: forni a microonde e forni combinati per uso domestico e similare;</li> <li>▪ EN 60335-2-90: forni a microonde per uso collettivo</li> </ul>	<p>L'apparecchiatura deve essere installata e utilizzata in conformità alle istruzioni del costruttore.</p> <p>Non sono comprese le attività di manutenzione che vanno valutate separatamente.</p> <p>Il datore di lavoro deve verificare sul libretto di uso e manutenzione che l'attrezzatura sia dichiarata conforme alla pertinente norma di prodotto.</p> <p>Non tutte le apparecchiature con marcatura CE sono però state valutate ai fini della protezione dai CEM, e può essere necessario raccogliere informazioni, ad esempio dal costruttore o dal fornitore, sulla valutazione dell'apparecchiatura.</p> <p>Non è comunque necessaria la valutazione rispetto alle norme per la protezione dai CEM per tutte le apparecchiature con la marcatura CE. Inoltre, per alcune apparecchiature e installazioni non è richiesta la marcatura CE.</p>

Usò di apparecchiatura immessa nel mercato europeo in conformit� alla Raccomandazione Europea 1999/519/CE, che non richiede marcatura CE	Alcune apparecchiature immesse nel mercato europeo possono anche essere conformi alla Raccomandazione Europea 1999/519/EC pur non avendo ricevuto il marchio CE, per esempio, se fanno parte di un impianto (vedi punto precedente)
Apparecchiature di illuminazione (lampade)	Escluse le illuminazioni speciali alimentate in RF
Computer e apparecchiature IT	
Apparecchiature da ufficio	I dispositivi per la cancellazione in blocco di nastri magnetici possono necessitare di ulteriori valutazioni
Telefoni mobili (cellulari, ecc.) e cordless (DECT, ecc.)	
Radio ricetrasmittenti	Solo quelle con potenze medie inferiori a 20 mW
Basi per telefoni DECT e reti Wlan (es. Wi-Fi)	Limitatamente alle apparecchiature destinate all'utilizzo da parte della popolazione
Apparecchiature e reti di comunicazione escluse quelle wireless	
Apparecchi elettrici portatili e trasportabili	Ad esempio conformi alle EN 60745-1 e EN 61029-1 inerenti la sicurezza degli utensili a motore trasportabili
Apparecchiature portatili per riscaldamento (escluso il riscaldamento a induzione e dielettrico)	Ad esempio conformi alla EN 60335-2-45 (es. pistole per colla a caldo)
Caricabatterie	Trattati nel campo di applicazione della norma EN 60335-2-29 la quale tratta i caricabatteria per il normale uso domestico e quelli destinati all'utilizzo in garage, nei negozi, nell'industria leggera e nelle aziende agricole
Attrezzature elettriche per il giardinaggio	
Apparecchiature audio e video	Alcuni particolari modelli che fanno uso di trasmettitori radio nelle trasmissioni radio/TV possono necessitare di ulteriori valutazioni

Apparecchiature portatili a batteria esclusi i trasmettitori a radiofrequenza	
Apparecchiature elettriche per il riscaldamento di locali	Esclusi i riscaldatori a microonde
Tutte le apparecchiature non elettriche e di conseguenza tutte le attività che si svolgono unicamente in ambienti privi di impianti e apparecchiature elettriche e di magneti permanenti	
<p>Reti di alimentazione elettrica (50 Hz) nei luoghi di lavoro e circuiti di distribuzione e trasmissione dell'elettricità che attraversano o sorvolano il luogo di lavoro. Le esposizioni ai campi elettrici e magnetici vanno considerate separatamente.</p> <p>I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi magnetici:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ tutte le installazioni elettriche con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A;</li> <li>▪ tutti i circuiti singoli all'interno di un'installazione, con un valore nominale della corrente di fase non superiore a 100 A;</li> <li>▪ tutti i circuiti i cui conduttori sono vicini e hanno una corrente netta non superiore a 100 A;</li> <li>▪ sono compresi tutti i componenti delle reti che soddisfano i criteri precedenti (inclusi i cablaggi, le apparecchiature di manovra, i trasformatori, ecc.);</li> <li>▪ tutti i conduttori aerei nudi.</li> </ul>	<p>I criteri qui riportati per dimostrare la conformità ai limiti di esposizione nel luogo di lavoro sono basati sulla dimostrazione che le esposizioni sono inferiori ai limiti minimi della Raccomandazione CE (1999) sulle esposizioni EMF per la popolazione. Tali criteri sono sufficienti a dimostrare la conformità per la maggior parte dei luoghi di lavoro.</p> <p>I criteri di valutazione basati direttamente sui limiti di esposizione della Direttiva CE per il luogo di lavoro, sono indicati nell'Allegato F (vedi capitolo 14) della norma EN 50499. Essi utilizzano 500 A al posto di 100 A, 200 kV invece di 100 kV e 250 kV invece di 125 kV. Le liste di controllo indicate nell'allegato F della norma (vedi capitolo 14) possono quindi essere utilizzate per dimostrare la conformità ai campi magnetici ed elettrici in qualsiasi luogo di lavoro.</p>
<p>I seguenti elementi sono conformi per l'esposizione ai campi elettrici:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ tutti i circuiti di cavi sotterranei o isolati, con qualsiasi tensione nominale</li> <li>▪ tutti i circuiti aerei nudi con tensione nominale non superiore a 100 kV, o le linee aeree non superiori a 125 kV che sorvolano il luogo di lavoro, o di qualsiasi</li> </ul>	

tensione se il luogo di lavoro è all'interno.	
Strumentazione e apparecchiature di misura e controllo	
Elettrodomestici	<p>Sono inclusi anche gli elettrodomestici professionali, come piani cottura, lavabiancheria, forni a microonde, ecc., utilizzati in ristoranti, negozi, ecc.</p> <p>I piani cottura professionali a induzione sono esclusi e necessitano di ulteriori valutazioni</p>
Computer e terminali IT con comunicazioni wireless	Esempi sono: WLAN (es Wi-Fi), WMAN (es WiMAX), bluetooth e tecnologie analoghe, limitatamente all'utilizzo da parte della popolazione
Trasmettitori a batteria	Limitatamente alle apparecchiature destinate all'utilizzo da parte della popolazione
Antenne di stazioni radio base	Un'ulteriore valutazione è importante solo qualora i lavoratori possano avvicinarsi all'antenna più della distanza di sicurezza stabilita per l'esposizione del pubblico
Tutte le apparecchiature mediche che, nei luoghi di lavoro medici, non irradiano intenzionalmente con esposizione elettromagnetica o applicazione di correnti	
Tutti i luoghi di lavoro interessati dalle emissioni di sorgenti CEM autorizzate ai sensi della normativa nazionale per la protezione della popolazione, con esclusione delle operazioni di manutenzione o altre attività svolte a ridosso delle sorgenti o sulle sorgenti stesse	<p>Il datore di lavoro deve verificare se è in possesso di autorizzazione in base alla legge 36/2001 e relativi decreti attuativi (DPCM 08/07/03) oppure richiedere</p> <p>all'ente gestore una dichiarazione del rispetto della legislazione nazionale in materia</p>

*Tabella 2: elenco delle sorgenti giustificabili- Tabella 1 della Norma CEI EN 50499*

Di conseguenza, possiamo affermare i valori di campo elettrico e magnetico generati durante l'esercizio non costituiscono pericoli per la popolazione.

## **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) (CEI EN 50273 (CEI 95-9), CEI EN 61000-6-3 (CEI 210-65), CEI EN 61000-2-2 (CEI 110-10), CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31), CEI EN 61000-3-3 (CEI 110-28), CEI EN 55022 (CEI 110-5), CEI EN 55011 (CEI 110-6)).

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.

## SUNNY CENTRAL 2200 / 2475 / 2500-EV / 2750-EV / 3000-EV



SC2200-10 / SC2475-10 / SC2500-EV-10 / SC2750-EV-10 / SC3000-EV-10



Full power  
up to 35°C

### Efficient

- Up to 4 inverters can be transported in one standard shipping container
- Overdimensioning up to 225% is possible
- Full power at ambient temperatures of up to 35°C

### Robust

- Intelligent air cooling system OptiCool for efficient cooling
- Suitable for outdoor use in all climatic ambient conditions worldwide

### Flexible

- Conforms to all known grid requirements worldwide
- O on demand
- Available as a single device or turnkey solution, including medium-voltage block.

### Easy to Use

- Improved DC connection area
- Connection area for customer equipment
- Integrated voltage support for internal and external loads

## SUNNY CENTRAL 2200 / 2475 / 2500-EV / 2750-EV / 3000-EV

The new Sunny Central: more power per cubic meter

With an output of up to 3000 kVA and system voltages of 1100 V DC or 1500 V DC, the SMA central inverter allows for more efficient system design and a reduction in specific costs for PV power plants. A separate voltage supply and additional space are available for the installation of customer equipment. True 1500 V technology and the intelligent cooling system OptiCool ensure smooth operation even in extreme ambient temperature as well as a long service life of 25 years.

# SUNNY CENTRAL 1500 V

Technical Data	Sunny Central 2500-EV	Sunny Central 2750-EV	Sunny Central 3000-EV
<b>Input (DC)</b>			
MPP voltage range $V_{DC}$ (at 25°C / at 35°C / at 50°C)	850 V to 1425 V / 1200 V / 1200 V	875 V to 1425 V / 1200 V / 1200 V	956 V to 1425 V / 1200 V / 1200 V
Min. input voltage $V_{DC, min}$ / Start voltage $V_{DC, start}$	778 V / 928 V	849 V / 999 V	927 V / 1077 V
Max. input voltage $V_{DC, max}$	1500 V	1500 V	1500 V
Max. input current $I_{DC, nom}$ (at 25°C / at 50°C)	3200 A / 2956 A	3200 A / 2956 A	3200 A / 2970 A
Max. short-circuit current rating	6400 A	6400 A	6400 A
Number of DC inputs	32	32	32
Max. number of DC cables per DC input (for each polarity)	2 x 800 kcmil, 2 x 400 mm <sup>2</sup>	2 x 800 kcmil, 2 x 400 mm <sup>2</sup>	2 x 800 kcmil, 2 x 400 mm <sup>2</sup>
Integrated zone monitoring	○	○	○
Available DC fuse sizes (per input)	200 A, 250 A, 315 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A		
<b>Output (AC)</b>			
Nominal AC power at cos $\varphi$ = 1 (at 35°C / at 50°C)	2500 kVA / 2250 kVA	2750 kVA / 2500 kVA	3000 kVA / 2700 kVA
Nominal AC power at cos $\varphi$ = 0.8 (at 35°C / at 50°C)	2000 kW / 1800 kW	2200 kW / 2000 kW	2400 kW / 2160 kW
Nominal AC current $I_{AC, nom}$ = Max. output current $I_{AC, max}$	2624 A	2646 A	2646 A
Max. total harmonic distortion	< 3% at nominal power	< 3% at nominal power	< 3% at nominal power
Nominal AC voltage / nominal AC voltage range <sup>1)</sup>	550 V / 440 V to 660 V	600 V / 480 V to 690 V	655 V / 524 V to 721 V <sup>1)</sup>
AC power frequency		50 Hz / 47 Hz to 53 Hz 60 Hz / 57 Hz to 63 Hz	
Min. short-circuit ratio at the AC terminals <sup>10)</sup>		> 2	
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable <sup>11)</sup>		● 1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited ○ 1 / 0.0 overexcited to 0.0 underexcited	
<b>Efficiency</b>			
Max. efficiency <sup>2)</sup> / European efficiency <sup>2)</sup> / CEC efficiency <sup>2)</sup>	98.6% / 98.3% / 98.0%	98.7% / 98.5% / 98.5%	98.8% / 98.6% / 98.5%
<b>Protective Devices</b>			
Input-side disconnection point		DC loadbreak switch	
Output-side disconnection point		AC circuit breaker	
DC overvoltage protection		Surge arrester, type I	
AC overvoltage protection (optional)		Surge arrester, class I	
Lightning protection (according to IEC 62305-1)		Lightning Protection Level III	
Ground-fault monitoring / remote ground-fault monitoring		○ / ○	
Insulation monitoring		○	
Degree of protection: electronics / air duct / connection area (as per IEC 60529)		IP65 / IP34 / IP34	
<b>General Data</b>			
Dimensions (W / H / D)	2780 / 2318 / 1588 mm (109.4 / 91.3 / 62.5 inch)		
Weight	< 3400 kg / < 7496 lb		
Self-consumption (max. <sup>4)</sup> / partial load <sup>5)</sup> / average <sup>6)</sup> )	< 8100 W / < 1800 W / < 2000 W		
Self-consumption (standby)	< 370 W		
Internal auxiliary power supply	Integrated 8.4 kVA transformer		
Operating temperature range <sup>7)</sup>	-25 to 60°C / -13 to 140°F		
Noise emission <sup>7)</sup>	67.8 dB(A)		
Temperature range (standby)	-40 to 60°C / -40 to 140°F		
Temperature range (storage)	-40 to 70°C / -40 to 158°F		
Max. permissible value for relative humidity (condensing / non-condensing)	95% to 100% (2 month / year) / 0% to 95%		
Maximum operating altitude above MSL <sup>11)</sup> 1000 m / 2000 m / 3000 m	● / ○ / ○ (earlier temperature-dependent derating)		
Fresh air consumption	6500 m <sup>3</sup> /h		
<b>Features</b>			
DC connection	Terminal lug on each input (without fuse)		
AC connection	With busbar system (three busbars, one per line conductor)		
Communication	Ethernet, Modbus Master, Modbus Slave		
Communication with SMA string monitor (transmission medium)	Modbus TCP / Ethernet (PO MM, Cat5)		
Enclosure / roof color	RAL 9016 / RAL 7004		
Supply transformer for external loads	○ (2.5 kVA)		
Standards and directives complied with	CE, IEC / EN 62109-1, IEC / EN 62109-2, BDEW-MGR, IEEE1547, Article du 23/04/08		
EMC standards	CISPR 11, CISPR 22, EN55011:2017, EN 55022, IEC/EN 61000-6-4, IEC/EN 61000-6-2, IEC 62920, FCC Part 15 Class A	CISPR 11, CISPR 22, EN55011:2017, EN 55022, IEC 62920, FCC Part 15 Class A	
Quality standards and directives complied with	VDI/VDE 2862 page 2, DIN EN ISO 9001		
● Standard features ○ Optional			
Type designation	SC-2500-EV-10	SC-2750-EV-10	SC-3000-EV-10
<p>1) At nominal AC voltage, nominal AC power decreases in the same proportion</p> <p>2) Efficiency measured without internal power supply</p> <p>3) Efficiency measured with internal power supply</p> <p>4) Self-consumption at rated operation</p> <p>5) Self-consumption at &lt; 75% Ph at 25°C</p> <p>6) Self-consumption averaged out from 5% to 100% Ph at 35°C</p> <p>7) Sound pressure level at a distance of 10 m</p> <p>8) Values apply only to inverters. Permissible values for SMA MV solutions from SMA can be found in the corresponding data sheets.</p> <p>9) AC voltage range can be extended to 753V for 50Hz grids only (option „Aux power supply: external“ must be selected, option „housekeeping“ not combinable).</p> <p>10) A short-circuit ratio of &lt; 2 requires a special approval from SMA.</p> <p>11) Depending on the DC voltage</p>			

Tabella 3: datasheet inverter SMA 2500 kVA

## Cabine elettriche di trasformazione BT/MT

L'indagine del campo magnetico generato all'interno e nelle immediate vicinanze delle cabine elettriche di conversione e trasformazione BT/MT, esula dagli scopi della presente relazione, trattandosi di siti interclusi alla libera circolazione e nei quali il tempo di permanenza agli addetti ai lavori è tale da non costituire significativo rischio per la salute. Ciò nonostante, se ne riporta uno studio in condizioni di portata di corrente in servizio normale, intesa, ai sensi della Norma CEI 11-60, come la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento, in quanto, ai sensi dell'art. 6 del D.P.C.M. 8 luglio 2008, i proprietari devono comunicare non solo l'ampiezza delle fasce di rispetto ma anche i dati per il calcolo delle stesse ai fini delle verifiche delle Autorità Competenti.

Per la determinazione della Distanza di Prima Approssimazione delle cabine elettriche di trasformazione BT/MT, è stata applicata la procedura di calcolo definita dal Decreto Ministeriale 29 maggio 2008.

*La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la DPA, intesa come distanza da ciascuna delle pareti (tetto, pavimento e pareti laterali), è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale dell'avvolgimento di bassa tensione, e con distanza tra le fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore stesso.*

Sotto queste ipotesi, l'espressione che consente di determinare la DPA è quella di seguito riportata:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 X^{0,5241} \quad (1)$$

dove:

- DPA è la distanza di prima approssimazione [m];
- I è la corrente nominale dell'avvolgimento di bassa tensione del trasformatore [A];
- X è il diametro dei cavi in uscita dal trasformatore [m].

Per l'impianto in esame, in fase di progettazione definitiva, si è scelto di utilizzare Power Station SMA equipaggiate con trasformatori BT/MT da 5000 kV, aventi un rapporto di trasformazione nominale pari a 0,55 kV/30 kV.

Pertanto, la corrente nominale dell'avvolgimento di bassa tensione, da prendere ai fini del calcolo della distanza di prima approssimazione, vale:

$$I_{nBT} = 5255 \text{ A}$$

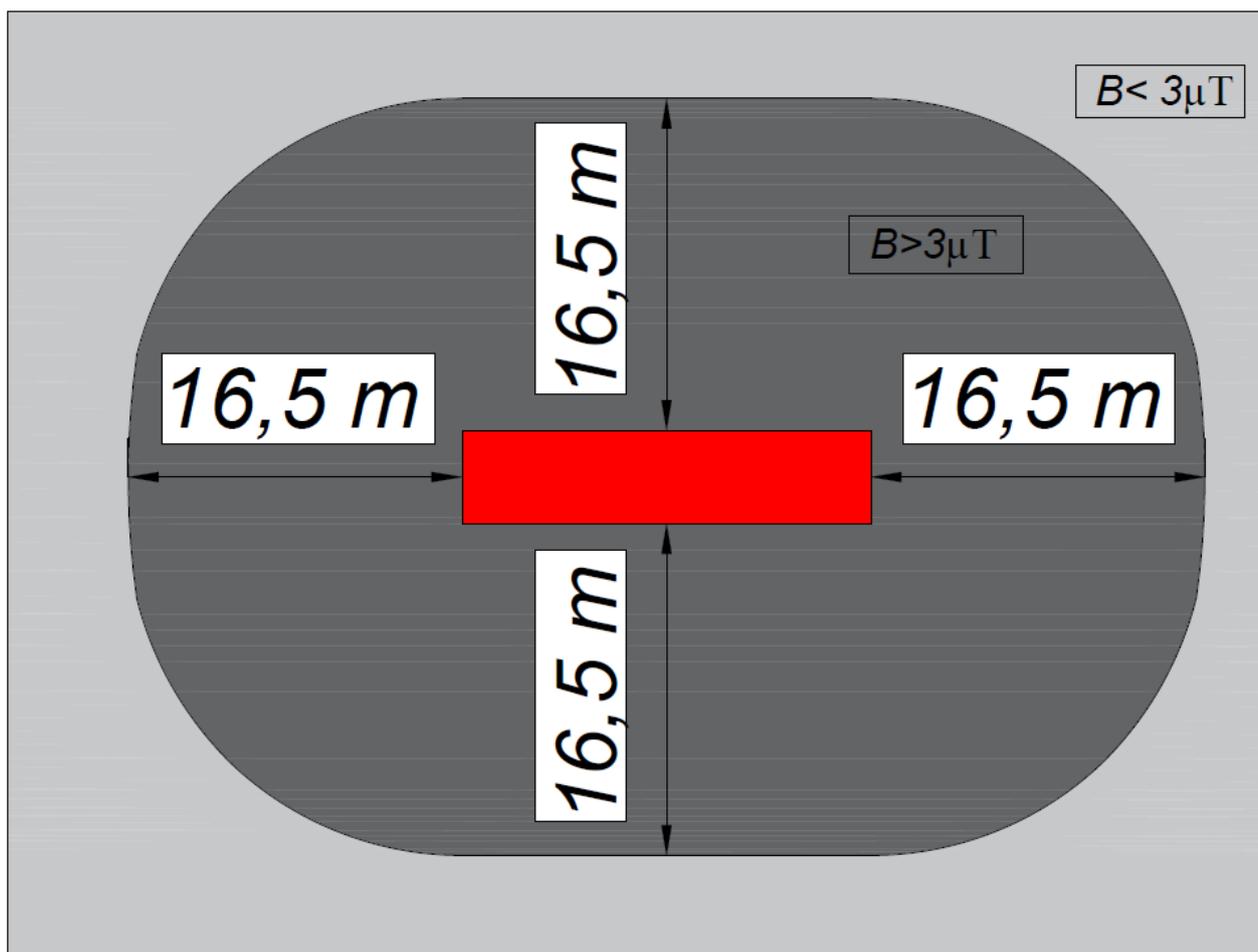
Assumendo che ciascuna fase BT sarà costituita da n° 9 cavi unipolari da 400 mm<sup>2</sup>, utilizzando la tabella sotto allegata, si può determinare il diametro del cavo da prendere in considerazione ai fini dell'applicazione della (1) per il calcolo della DPA:

Numero conduttori	Sezione nominale	Diametro indicativo conduttore	Spessore medio isolante	Diametro est. indicativo di produzione	Peso indicativo del cavo	Resistenza Elettrica a 20°C	Portate di corrente (A)	
Cores number	Cross section	Approx conductor diameter	Insulation medium thickness	Approx external production diameter	Approx cable weight	Electric resistance at 20°C	Current carrying capacities (A)	
(N°)	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(Ohm/km)	30°C in tubo o in aria in air or pipe	(*) 20°C interato in ground
1x	1.5	1.6	0.7	6.05	51	13.3	20	21
	4	2.6	0.7	7.15	84	4.95	37	35
	6	3.4	0.7	7.5	104	3.3	48	44
	10	4.4	0.7	7.99	152	1.91	66	59
	16	5.7	0.7	9.1	211	1.21	88	77
	25	6.9	0.9	10.4	301	0.78	117	100
	35	8.1	0.9	11.7	396	0.554	144	121
	50	9.8	1	14.05	556	0.386	175	150
	2.5	2	0.7	6.5	63	7.98	28	27
	70	11.6	1.1	15.9	761	0.272	222	184
	95	13.3	1.1	17.59	991	0.206	269	217
	120	15.1	1.2	19.9	1219	0.161	312	259
	150	16.8	1.4	22.01	1517	0.129	355	287
	185	18.6	1.6	24.2	1821	0.106	417	323
240	21.4	1.7	26.88	2366	0.0801	490	379	
300	23.9	1.8	31.7	2947	0.0641	-	429	
400	27.5	2	35.1	3870	0.0486	-	541	
2x	1.5	1.6	0.7	9.6	125	13.3	22	23
	2.5	2	0.7	10.1	151	7.98	30	30
	4	2.6	0.7	11.9	210	4.95	40	39
	6	3.4	0.7	12.7	260	3.3	51	49
	10	4.4	0.7	14.27	395	1.91	69	66
	16	5.7	0.7	16.3	576	1.21	91	86
	25	6.9	0.9	19	806	0.78	119	111
	35	8.1	0.9	21.4	1052	0.554	146	136
	50	9.8	1	25.5	1465	0.386	175	169
	70	11.6	1.1	30.8	2282	0.272	221	207
	95	13.3	1.1	33.9	2917	0.206	265	245
120	15.1	1.2	37.9	3678	0.161	305	284	
150	16.8	1.4	42	4028	0.129	-	324	
3x	1.5	1.6	0.7	9.9	142	13.3	19.5	19
	2.5	2	0.7	11	185	7.98	26	25
	4	2.6	0.7	12.5	246	4.95	35	32
	6	3.4	0.7	13.5	317	3.3	44	41
	10	4.4	0.7	16.5	503	1.91	60	55
	16	5.7	0.7	18.5	690	1.21	80	72
	25	6.9	0.9	21.9	991	0.78	105	93
	35	8.1	0.9	23.99	1370	0.554	128	114
	50	9.8	1	29.5	1941	0.386	154	141
	70	11.6	1.1	33.9	2680	0.272	194	174
	95	13.3	1.1	37.8	3487	0.206	233	206
	120	15.1	1.2	42.66	4406	0.161	268	238
	150	16.8	1.4	46.87	5440	0.129	300	272
185	18.6	1.6	53.5	6750	0.106	340	306	
240	21.4	1.7	60.65	8778	0.0801	398	360	

**Tabella 4: Scheda tecnica cavi elettrici BT**

Tenendo conto del diametro del singolo cavo e del numero di cavi costituenti ciascuna fase BT, si ricava un diametro equivalente del fascio di cavi in uscita dai trasformatori di 316 mm, pertanto, applicando la (1) si ottiene una distanza di prima approssimazione, arrotondata al mezzo metro superiore, pari a:

$$DPA = 16,5 \text{ m}$$



*Figura 4: Distanza di prima approssimazione cabina elettrica equipaggiata con trasformatori da 5000 kVA*

*Considerando che le cabine saranno realizzate all'interno di un sito intercluso alla libera circolazione, che non saranno presidiate e che l'eventuale tempo di permanenza degli operatori in occasione di manutenzione ordinaria e/o straordinaria sarà inferiore alle 4 ore giornaliere, si può affermare che i livelli di emissione non costituiscono pericoli per la popolazione.*

Ciò nonostante, in fase di costruzione dell'impianto, al fine di mitigare il campo magnetico generato durante l'esercizio, si potranno adottare i seguenti provvedimenti:

- 1) si utilizzeranno cavi cordati per la realizzazione dei collegamenti;
- 2) le sorgenti di campo verranno allontanate dai muri della cabina confinanti con l'ambiente esterno;
- 3) verranno individuate e delimitate le diverse zone in cui sono rispettate le restrizioni statuite dalla legge, come prescritto dalla Norma CEI EN 50499 (**zonizzazione**).

Con riferimento al punto 2, l'attenzione maggiore verrà rivolta ai collegamenti in bassa tensione tra trasformatore e quadri BT e tra questi ultimi e le linee uscenti, essendo tali componenti quelli interessati dalle correnti più elevate.

In relazione all'esposizione al campo elettrico generato dalle apparecchiature installate all'interno delle cabine, poiché tutti i componenti sono dotati di schermo metallico collegato all'impianto di terra locale, i campi elettrici risultanti risultano trascurabili.

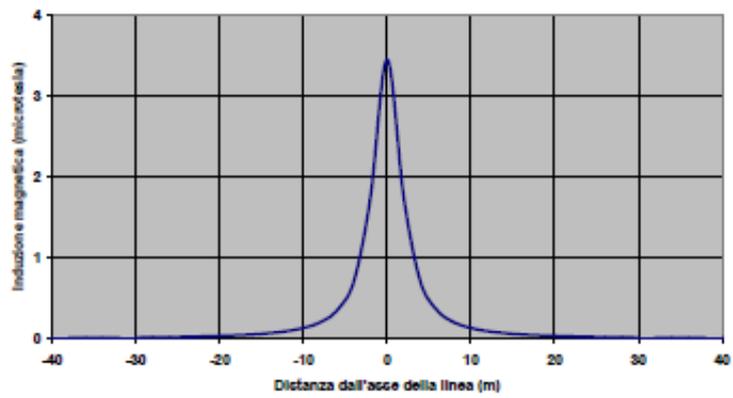
### **Linee elettriche di media tensione**

Come descritto nella relazione tecnica generale, è prevista la realizzazione di ***n° 5 linee elettriche di media tensione*** in cavo interrato del tipo ARE4H5E 18/30 kV a mezzo delle quali le cabine elettriche di trasformazione verranno collegate al quadro elettrico generale di media tensione, installato all'interno della cabina di raccolta. Quest'ultima, a sua volta, verrà collegata con la sezione di media tensione della Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT 30/150 kV, a mezzo di una dorsale MT opportunamente dimensionata.

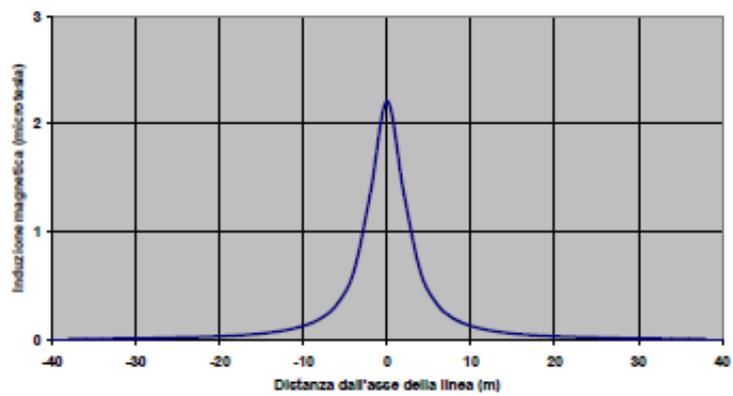
Il profilo trasversale del campo magnetico generato dalle linee elettriche in cavo interrato, misurato a 1 m dal piano di calpestio, ha un andamento del tipo indicato nelle figure seguenti, dove:

- le curve della figura a si riferiscono a linee trifasi con conduttori distanziati tra loro di 0,20 m posati rispettivamente a 1,00 m, 1,50 m e 2,00 m di profondità, paralleli tra loro e alla superficie di calpestio. La corrente di ogni fase è di 200 A;
- le tre curve di figura b sono riferite a linee con fasi disposte a trifoglio e distanti tra loro 0,05 m con profondità di posa per fase di cui alla precedente figura.

Profilo trasversale dell'induzione magnetica - Fasce complanari -  $p = 1,0$  m



Profilo trasversale dell'induzione magnetica - Fasce complanari -  $p = 1,5$  m



Profilo trasversale dell'induzione magnetica - Fasce complanari -  $p = 2,0$  m

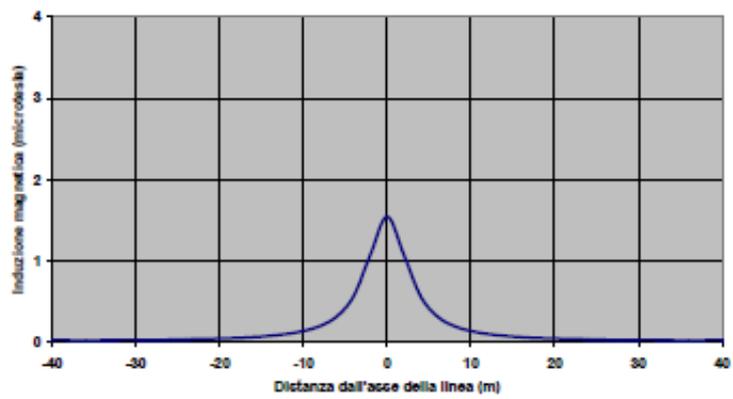
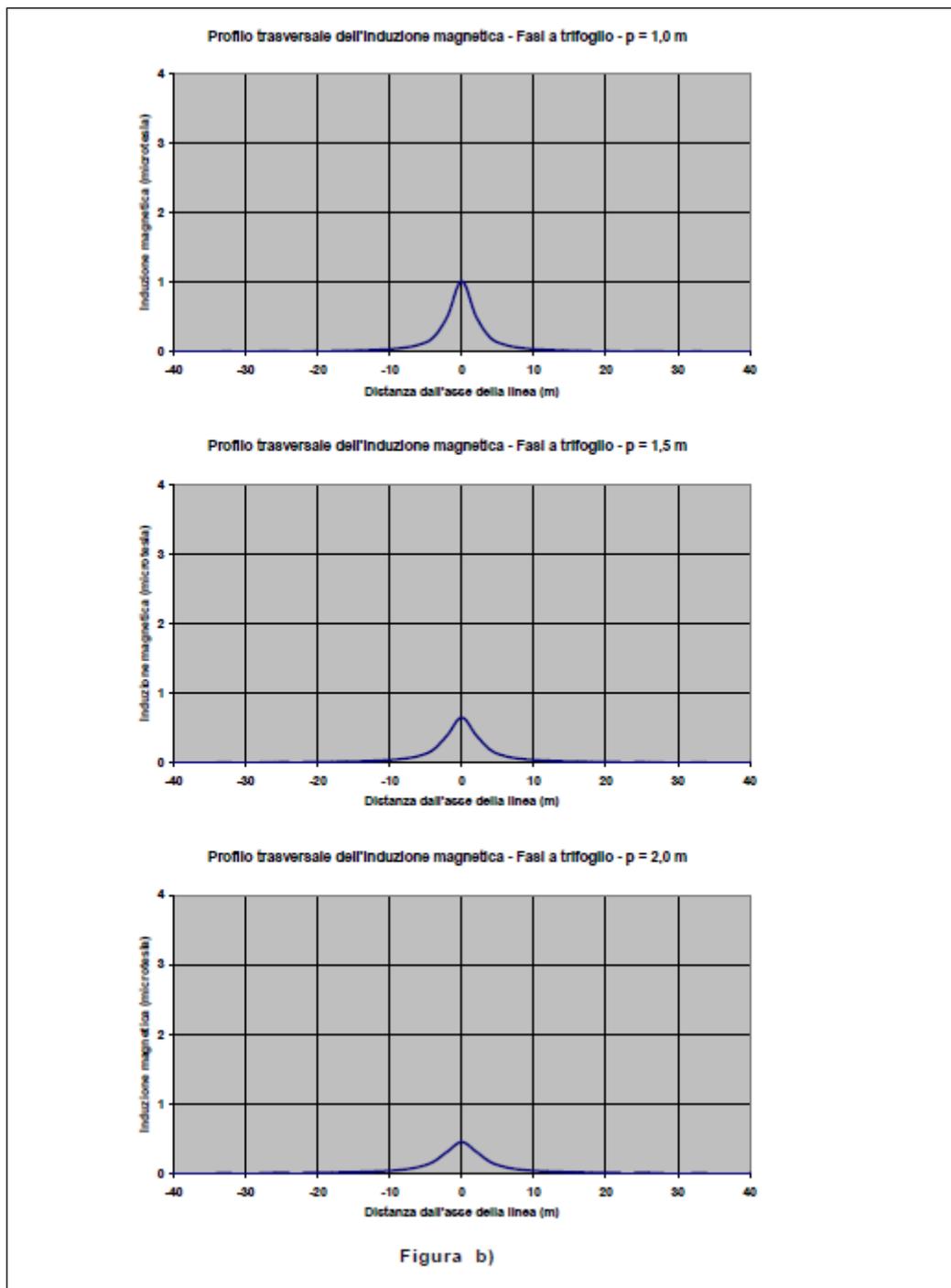


Figura a)



Analizzando i grafici sopra rappresentati, si nota che l'intensità del campo magnetico generato decresce rapidamente con la distanza e che l'incremento della profondità di posa e l'avvicinamento delle fasi e la loro disposizione a trifoglio, a parità di altre condizioni, attenua il campo.

**Al contrario, nel caso di linea in doppia terna, a parità di profondità di posa, la configurazione con le fasi disposte in piano e a contatto è, in genere, migliore di quella a trifoglio, se le fasi delle due terne sono disposte in maniera ottimale, soprattutto per quanto riguarda i valori di induzione magnetica ad una certa distanza dall'asse della linea. Inoltre, in questi casi, anche la distanza tra**

le due terne rappresenta un fattore importante ai fini della mitigazione del campo magnetico. I risultati di calcolo riportati nella figura seguente, tratta dalla Norma CEI 106-11, illustrano tali affermazioni ed evidenziano come, nel caso della posa a trifoglio, i valori dell'induzione magnetica diminuiscano all'aumentare della distanza tra le due terne, mentre con la posa in piano si verifici esattamente l'opposto.

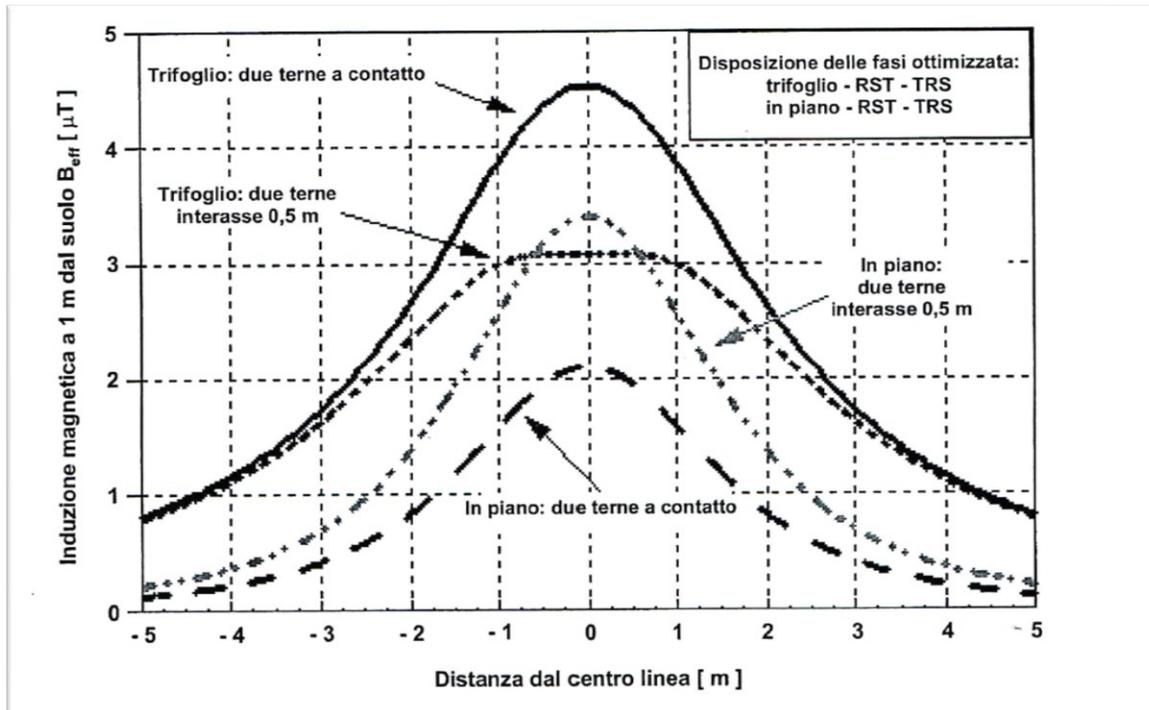
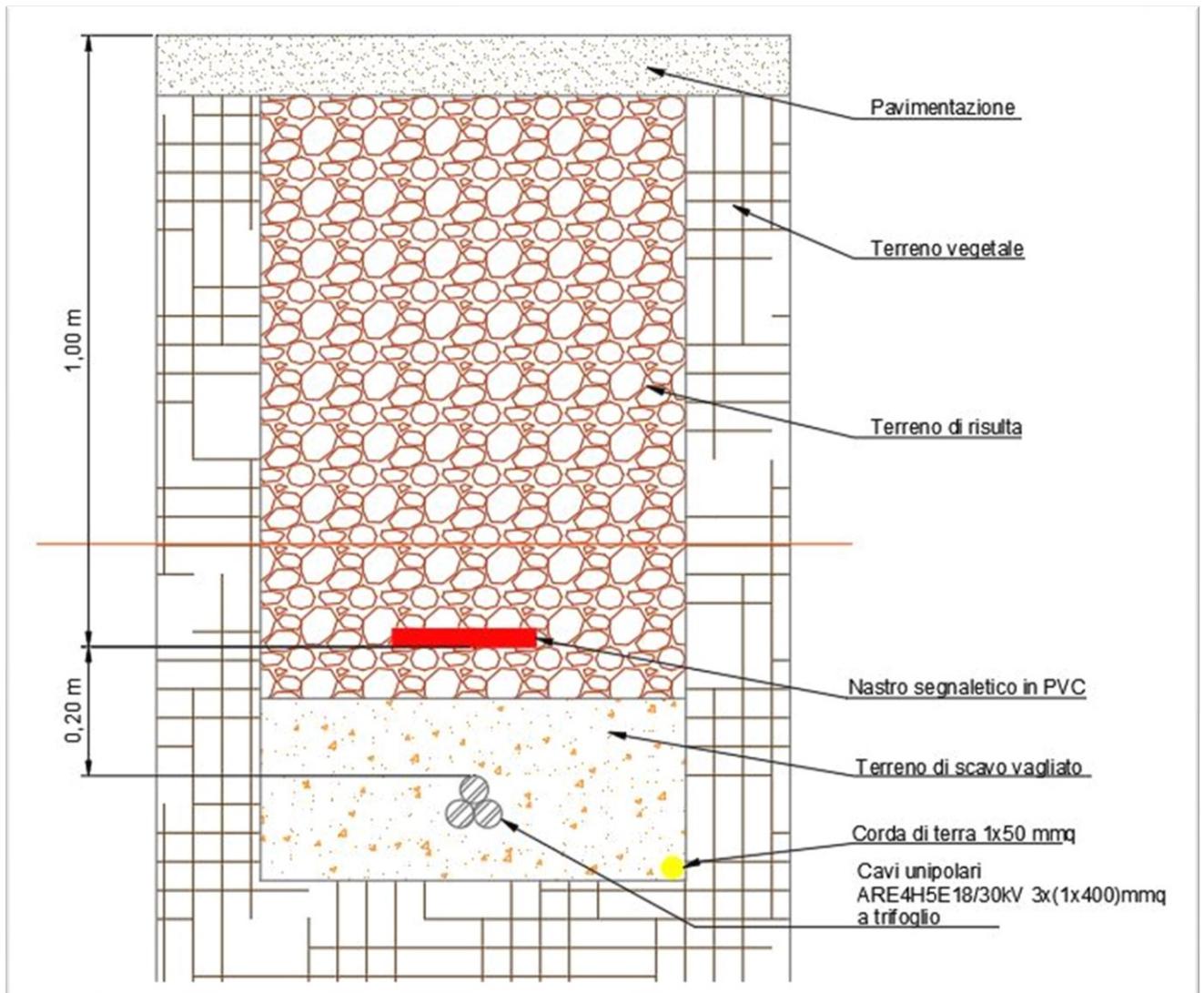


Figura 15: Confronto tra i profili laterali dell'induzione magnetica a 1 m da terra di due terne poste rispettivamente a trifoglio e in piano a contatto,  $I=1000$ ; profondità di posa= 1,2 m; diametro cavi 100 mm

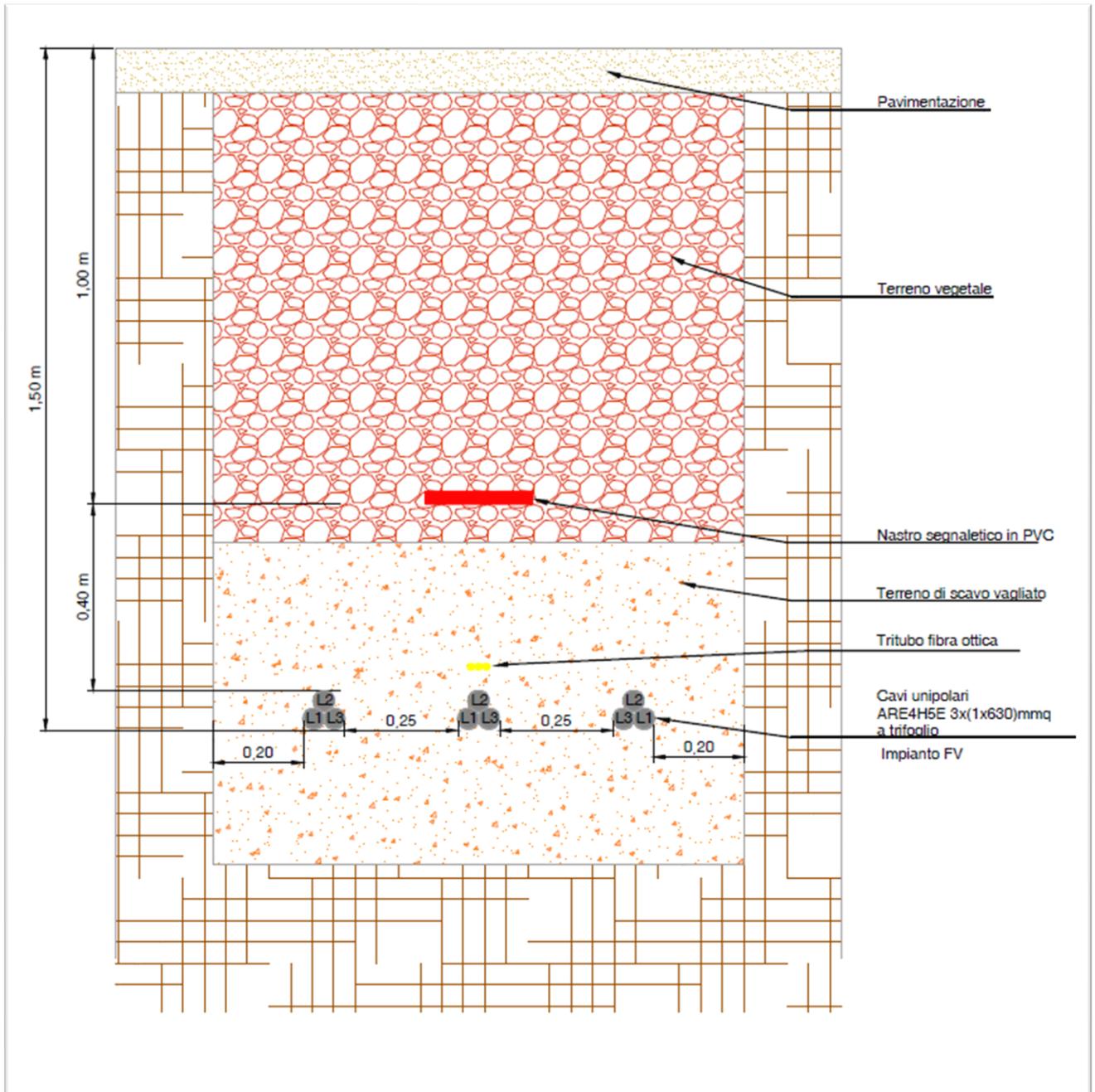
L'esempio riportato sopra dimostra inoltre come, nel caso dei cavi disposti in doppia terna, le combinazioni dei parametri geometrici ed elettrici che entrano in gioco nella determinazione della distribuzione del campo magnetico siano in pratica più numerose e/o maggiormente modificabili di quelle precedentemente individuate per tipiche linee elettriche aeree. Infatti, come è facilmente intuibile, esiste una maggior libertà nella scelta della geometria di posa delle due terne e nella disposizione delle fasi dei cavi.

*In fase di progettazione definitiva, per la realizzazione degli elettrodotti di media tensione si è scelto di utilizzare cavi ARE4H5E 18/30 kV adatti per posa interrata, dimensionati in funzione della potenza da trasmettere.*

*Per limitare il valore dell'induzione magnetica generata nelle condizioni limite di portata a livello del suolo sulla verticale del cavo, si è scelto di adottare la disposizione delle fasi a trifoglio:*



*Figura 5: particolare di posa linee MT di campo - profondità di posa non inferiore a 1,20 m, fasi disposte a trifoglio*



**Figura 6: Particolare di posa dorsali MT di collegamento con la Sottostazione Elettrica di Utenza – profondità di posa minima 1,40 m; fasi disposte a trifoglio; terne distanziate di 25 cm**

Applicando la metodologia di calcolo prevista dalla norma CEI 211-4 “Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche”, è stata calcolata l’induzione magnetica generata durante l’esercizio.

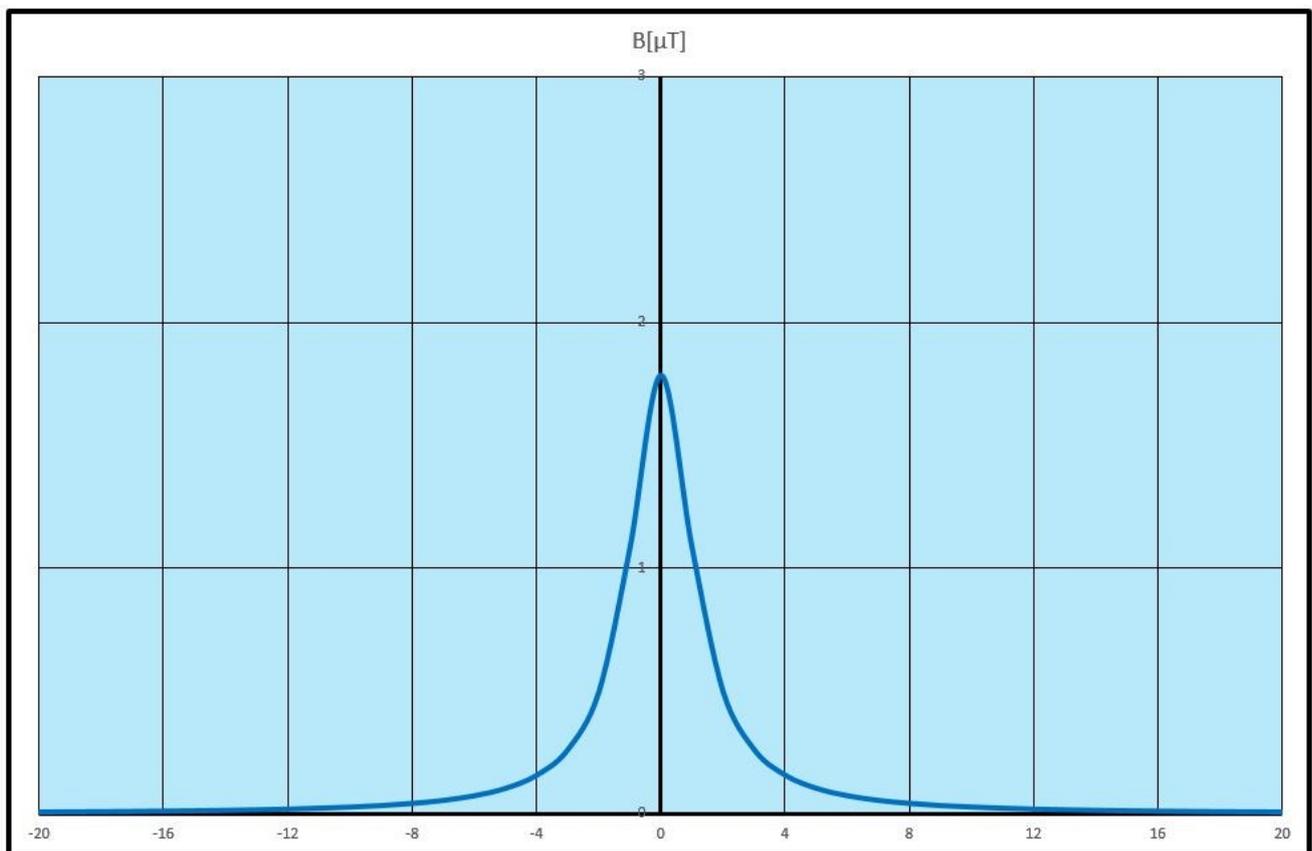
Si tratta di un modello di calcolo di tipo bidimensionale che applica la legge di Biot e Savart per determinare l’induzione magnetica dovuta a ciascun conduttore percorso da corrente e quindi il

principio di sovrapposizione degli effetti per determinare l'induzione magnetica totale, tenendo ovviamente conto delle fasi delle correnti, supposte simmetriche ed equilibrate.

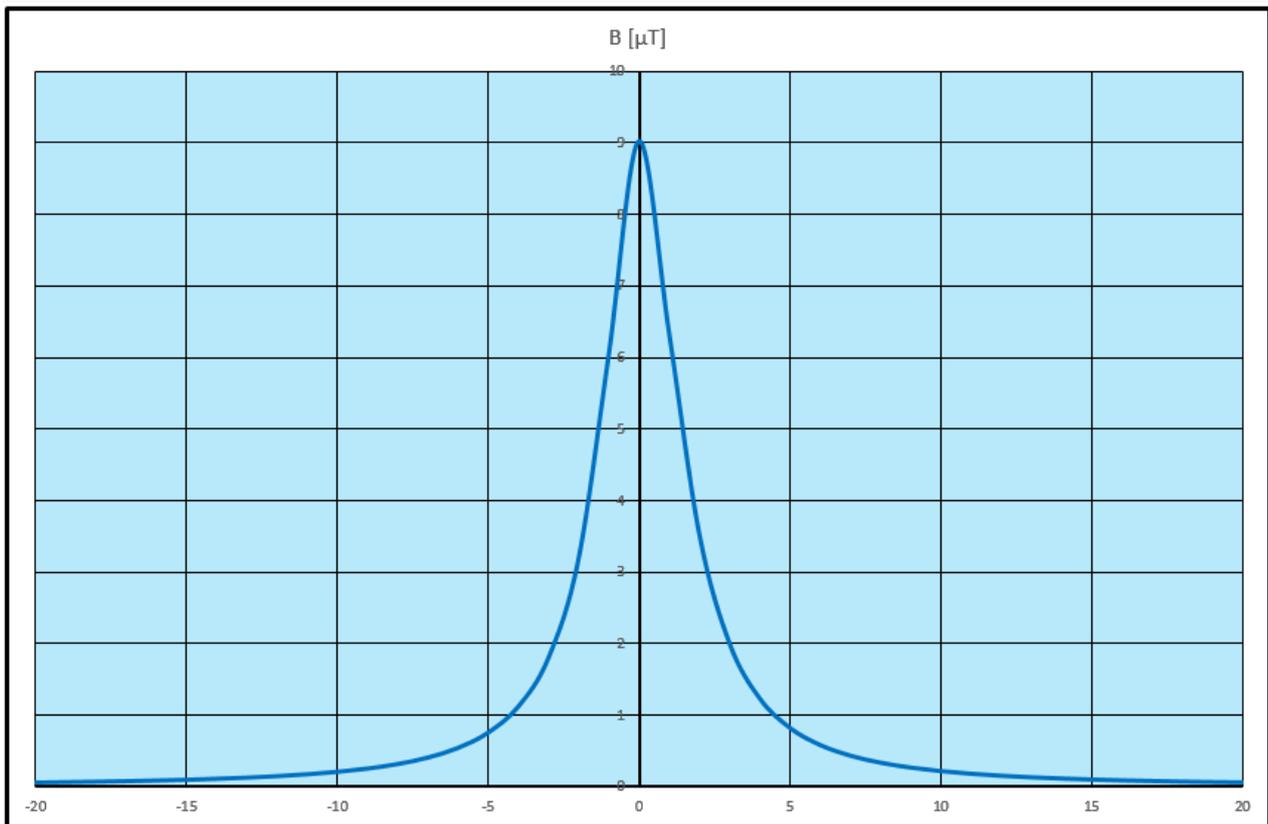
Per l'applicazione del modello, sono state assunte le seguenti schematizzazioni della linea:

- tutti i conduttori sono stati considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra loro;
- le correnti sono state considerate concentrate negli assi centrali dei conduttori;
- non sono state considerate le correnti indotte negli schermi;
- il terreno è stato considerato perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e quindi sono state trascurate le immagini dei conduttori rispetto al suolo.

I risultati ottenuti vengono mostrati nelle figure seguenti:



**Figura 7: Induzione magnetica generata durante l'esercizio dalle linee MT interne al campo; fasi disposte a trifoglio,  $I = 300 A$  circa, profondità di posa 1,20 m.**



**Figura 8: induzione magnetica generata durante l'esercizio dalle dorsali MT di collegamento con la Sottostazione Elettrica di Utenza; n° 3 terne di cavi in parallelo disposti a trifoglio distanziate di 25 cm, I = 1350 A circa, profondità di posa non inferiore a 1,40 m.**

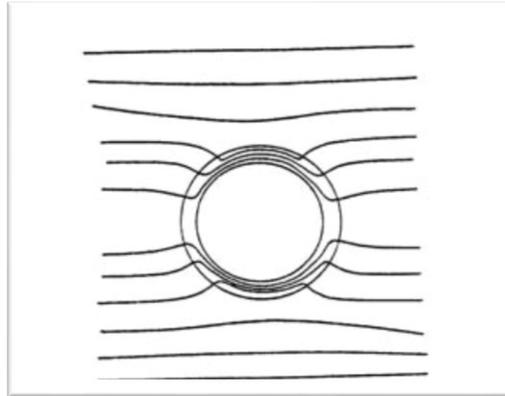
L'analisi dei grafici sopra rappresentati, mostra che le linee elettriche di media tensione interne al campo generano, durante l'esercizio a livello del suolo sulla verticale del cavo, un valore di induzione magnetica non superiore all'obiettivo di qualità di  $3\mu\text{T}$  fissato dal DPCM 8 luglio 2003. Bisogna inoltre considerare che le linee si sviluppano all'interno di un sito intercluso alla libera circolazione ove il tempo di permanenza degli addetti ai lavori in occasione di manutenzione ordinaria e/o straordinaria è tale da non costituire significativo rischio per la salute, ai sensi del D.lgs. 159/2016.

Per quanto riguarda le dorsali di collegamento con la Sottostazione Elettrica di Utenza, dato che sono previste n° 5 terne di cavi in parallelo, al fine di ridurre l'entità del campo magnetico a livello del suolo è stata privilegiata la posa a trifoglio con terne ad una profondità di posa non inferiore a 1,40 m e distanziate di 25 cm. Per maggiori dettagli si rimanda ai particolari di posa linee MT riportati nelle tavole di progetto allegate.

Al fine di mitigare il campo magnetico generato durante l'esercizio, in fase di costruzione dell'impianto, si potranno utilizzare materiali schermanti, entrambi costituiti da fogli, nastri o piattine opportunamente sagomate e dimensionate:

- materiali ferromagnetici ad alta permeabilità;
- materiali conduttori ad elevata conducibilità.

I materiali ferromagnetici, avendo una permeabilità magnetica superiore a quella dell'aria, offrono una via preferenziale alle linee di forza del campo magnetico, sottraendo linee di flusso dalla zona intorno alla sorgente da schermare:



*Figura 9: andamento qualitativo della deformazione delle linee di forza di un campo magnetico uniforme per effetto di un nucleo in materiale ferromagnetico*

Gli schermi conduttori, a differenza degli schermi ferromagnetici, agiscono in maniera differente rispetto agli schermi ferromagnetici. In essi vengono indotte correnti parassite che a loro volta generano un campo magnetico che si oppone a quello inducente.

La scelta del tipo di materiale schermante da impiegare verrà fatta in fase di progettazione esecutiva dell'impianto.

In merito all'esposizione ai campi elettrici, poiché i cavi sono dotati di schermo metallico collegato a terra, i livelli di campo generato risultano trascurabili e pertanto non costituiscono un pericolo per la popolazione.

## Sottostazione Elettrica di Utenza MT/AT 30/150kV

Al fine di ottimizzare l'utilizzo delle infrastrutture di Rete, il Gestore della Rete Elettrica di Trasmissione Nazionale ha prescritto la condivisione dello Stallo Arrivo Produttore a 150 kV da realizzare presso la SE 380/150 kV di Manfredonia con altre iniziative. Per questa necessità di condividere lo stallo, la Società proponente ha raggiunto un accordo di condivisione con i Produttori con cui dovrà condividere la connessione e lanciato la progettazione, oltre che del proprio stallo di trasformazione, di una Sottostazione condivisa, consistente in un sistema di sbarre AT a 150 kV, a cui afferiranno gli altri Produttori, e un uno stallo partenza linea AT anch'esso da condividere.



*Figura 10: inquadramento territoriale su Ortofoto del complesso delle Sottostazioni elettriche di Trasformazione dei vari Produttori che condividono la connessione alla RTN*

La Sottostazione Elettrica di Trasformazione MT/AT 30/150 kV oggetto dell'iniziativa intrapresa dalla Società "HF Solar 3 S.r.l.", risulta isolata in aria ed equipaggiata con un trasformatore da 70 MVA.

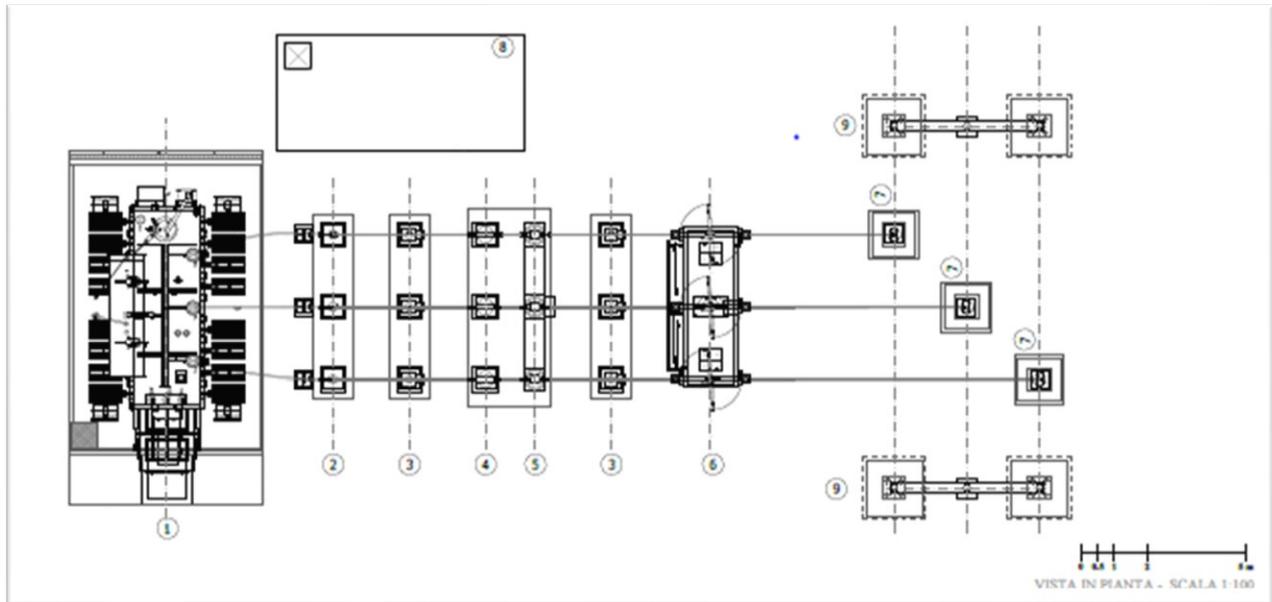


Figura 11: vista in pianta Stallo di Trasformazione MT/AT della Società HF Solar 3 S.r.l.

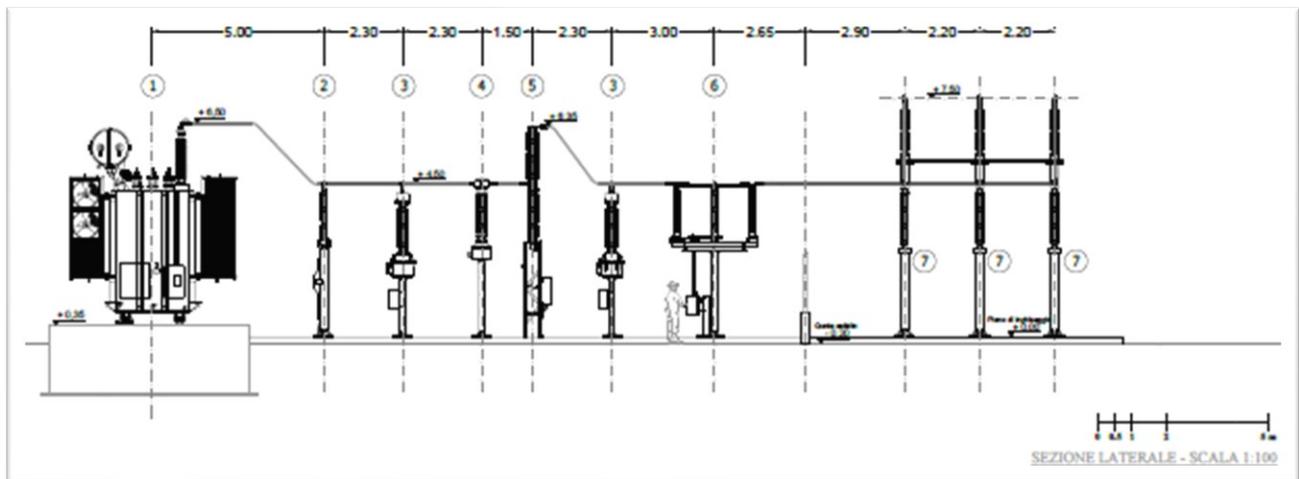


Figura 12: vista laterale Stallo di Trasformazione MT/AT della Società HF Solar 3 S.r.l.

Per questa tipologia di impianti la DPA e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente, nei confini di pertinenza dell'impianto stesso. Quanto affermato, trova riscontro nella "Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche", elaborata da Enel Distribuzione S.p.A. quale supporto tecnico

all'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti":

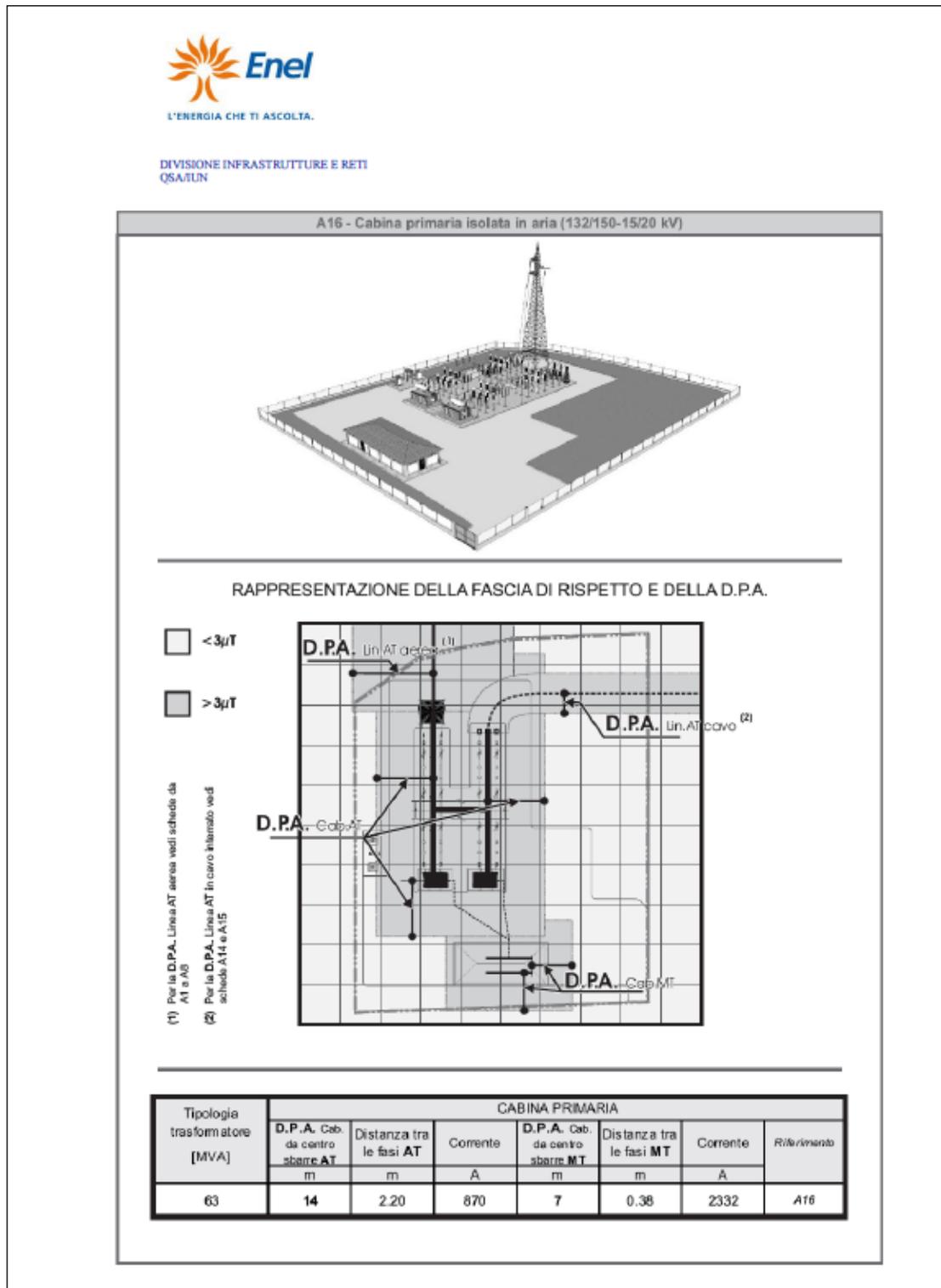


Figura 13: DPA Cabine Primarie Enel equipaggiate con n°2 trasformatori da 63MVA

Ciò nonostante, ai fini del calcolo della DPA, è stata applicata la procedura prescritta dalla norma CEI 106-11 “Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003” la quale prevede delle formule analitiche approssimate che permettono il calcolo immediato dell’induzione magnetica. Tali formule derivano dalla considerazione che l’induzione magnetica generata da un sistema di conduttori di lunghezza infinita e tra di loro paralleli può essere espresso dalla scomposizione in serie della legge di Biot-Savart e che, per punti relativamente lontani dai conduttori, quali quelli di interesse per la valutazione delle fasce di rispetto a 3μT lo sviluppo in serie può essere troncato al primo termine, con una approssimazione tanto più accettabile tanto più elevata è la distanza dai conduttori. Con questa approssimazione le curve isolivello dell’induzione magnetica sono le circonferenze aventi per centro il centro geometrico dei conduttori.

L’analisi è stata condotta con riferimento alle sbarre AT di stazione, le quali sono assimilabili ad un sistema trifase di conduttori rettilinei disposti tra loro parallelamente e percorsi da una terna di correnti simmetriche ed equilibrate:

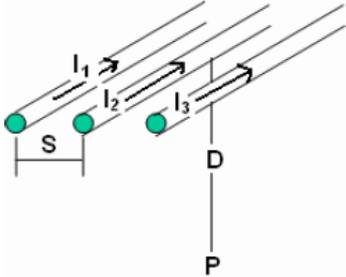
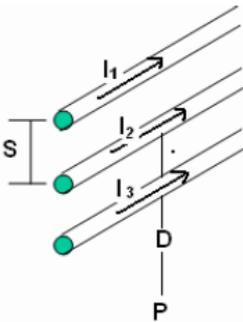
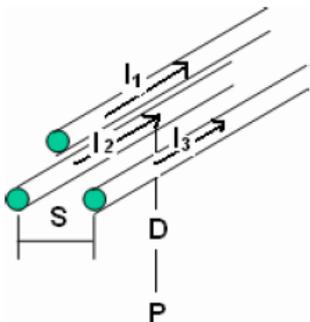
a) Terna trifase di conduttori in piano	b) Terna trifase di conduttori in verticale	c) Terna trifase di conduttori a triangolo
		
$B(\mu T) = 0,2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{I S}{D D}$		$B(\mu T) = 0,1 \cdot \sqrt{6} \cdot \frac{I S}{D D}$

Figura 14: Campo magnetico H e induzione magnetica B prodotti nel punto P da linee elettriche unifilari e bifilari

Assumendo i seguenti dati di progetto:

- Altezza delle sbarre: 7,50 m;
- Distanza tra le sbarre: 2,2 m;
- Valore efficace della corrente di sbarre: 1250 A;
- Valore efficace della tensione: 150 kV.

ed applicando la formula semplificata prevista dalla Norma CEI 106-12 si ottiene un valore di induzione magnetica pari a:

$$B (\mu\text{T}) = 0,2 \times \sqrt{3} \times \frac{I \times S}{D \times D} = 0,2 \times \sqrt{3} \times \frac{1250 \times 2,2}{7,5 \times 7,5} = 17 \mu\text{T}$$

a cui corrisponde una ***distanza di prima approssimazione***, arrotondata al mezzo metro superiore, di **18 m**. La DPA pertanto rientra nel confine di pertinenza dell'impianto.

La Sottostazione Elettrica sarà accessibile esclusivamente a ***lavoratori addetti*** (esposizione di carattere professionale) e a ***personale autorizzato*** (esposizione di carattere non professionale) che accede all'area per l'espletamento delle proprie attività. I lavoratori che, in relazione allo svolgimento di specifiche attività lavorative, saranno interessati da esposizione di carattere professionale, verranno sottoposti a sorveglianza sanitaria specifica relativamente al rischio in oggetto e informati, formati e addestrati per il rischio specifico all'esposizione ai campi elettromagnetici.

Considerando che i livelli di esposizione ai CEM saranno superiori alle restrizioni per la popolazione fissate dalla legislazione nazionale vigente, all'interno della Stazione verrà affissa la segnaletica sui CEM prevista dalla Norma UNI EN ISO 7010 e dal D.Lgs. n° 81/08:

## Segnaletica UNI EN 7010

	<p>Il segnale indica la presenza di campi elettromagnetici che potrebbero mettere il lavoratore in condizioni di esposizione non accettabili</p>
	<p>Il segnale indica la presenza di campi magnetici che potrebbero mettere il lavoratore in condizioni di esposizione non accettabili</p>
	<p>Divieto di ingresso per portatori di DMIA</p>
	<p>Divieto di ingresso per portatori di DMIP</p>
	<p>Divieto di indossare materiale metallici</p>
	<p>Divieto dell'uso del cellulare o ricetrasmittenti</p>
	<p>Obbligatorio indossare calzature antistatiche</p>
	<p>Obbligatorio leggere le istruzioni</p>

Figura 15: Segnaletica relativa ai CEM prevista dalla Norma UNI EN ISO 7010

Segnaletica indicata dal TUS	
	Il segnale indica la presenza di campi elettromagnetici che potrebbero mettere il lavoratore in condizioni di esposizione non accettabili
	Il segnale indica la presenza di campi magnetici che potrebbero mettere il lavoratore in condizioni di esposizione non accettabili

**Figura 16: Segnaletica relativa ai CEM indicata dal Testo Unico sulla Sicurezza, D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. come modificato e integrato dal D.Lgs. 159/2016 che attua la Direttiva 2013/35/UE**

Si evidenzia che nelle aree circostanti la Sottostazione in progetto non sono presenti recettori sensibili.

Inoltre la condizione di esercizio ipotizzata è puramente teorica poiché prevede che sulle sbarre transiti una corrente pari alla portata massima (1250 A). Essa non verrà mai raggiunta nell'esercizio dell'impianto e quindi deve essere considerata estremamente cautelativa.

In merito alle esposizioni ai campi elettrici, le Stazioni Elettriche in alta tensione generano elevati livelli di campo elettrico nelle loro immediate vicinanze, dove vi può essere presenza di persone. Questi campi elettrici possono causare, attraverso accoppiamento capacitivo, un innalzamento del potenziale elettrico delle persone o di altri oggetti conduttivi che si trovino in vicinanza.

Una situazione tipica è costituita dagli operatori addetti alle attività di gestione e manutenzione. Questi lavoratori si trovano ad operare in presenza di un campo elettrico che li “carica” e, quindi, quando vengono a contatto con un oggetto collegato elettricamente a terra (quadri, sostegni, ecc.), possono essere soggetti, dapprima, a una scarica e, successivamente a contatto avvenuto, a una corrente di contatto stazionaria.

Nell'intervallo di frequenze fino a 10 MHz, la corrente elettrica che viene scambiata tra un oggetto posto nel campo e il corpo dell'individuo può dar luogo alla stimolazione dei muscoli e/o dei nervi periferici. All'aumentare dell'intensità della corrente, questi effetti possono manifestarsi come semplice percezione, scosse elettriche dolorose e/o ustioni, incapacità di rilasciare l'oggetto, difficoltà

di respirazione e, a correnti molto alte, fibrillazione ventricolare. I valori di soglia per questi effetti dipendono dalla frequenza e assumono valori inferiori alle frequenze comprese tra 10 Hz e 100 Hz. Le soglie per la stimolazione dei nervi periferici rimangono basse fino a frequenze di diversi kHz.

**I metodi adottati in fase di progettazione per ridurre la probabilità di comparsa di microscariche possono essere sostanzialmente raggruppati in tre categorie:**

- a) innalzamento dei conduttori;
- b) ottimizzazione delle fasi;
- c) schermatura;
- d) messa a terra.

A questi metodi si aggiungono tutti i metodi di lavoro che, attraverso semplici precauzioni, consentono di ridurre il fastidio provocato dalle microscariche sulla pelle.

Un'adeguata informazione e formazione del personale consente, inoltre, di eliminare le situazioni in cui le microscariche possono provocare fastidiose conseguenze. Ad esempio, la consapevolezza della probabilità di insorgenza di microscariche, permette all'operatore di avvicinarsi a un oggetto tenendo in mano un arnese metallico riducendo quindi la densità di corrente locale ed evitando, pertanto, il fastidio locale generato dalla scarica.

#### **a) Innalzamento dei conduttori**

Poiché l'insorgenza di microscariche è legata all'intensità del campo elettrico, l'innalzamento dei conduttori sulla zona di interesse risulta il metodo più semplice a livello di progetto. Per l'impianto in esame, l'altezza dei conduttori è conforme agli Standard di Unificazione degli impianti AT isolati in aria:

PRINCIPALI DISTANZE DI PROGETTO	Sez.380 kV (m)	Sez.220 kV (m)	Sez.132-150 kV (m)
Distanza tra le fasi per le sbarre e le apparecchiature	5,50	3,20	2,20
Distanza tra le fasi nei conduttori in sorpasso alle sbarre (se del caso)	5,50	3,50	3,00
Distanza tra le fasi per l'amarro linee	6,25	3,50	3,00
Larghezza degli stali	22,00	14,00	11,00
Larghezza complessiva dello stallo parallelo (del tipo ad U senza sorpasso sbarre)	44,00	28,00	22,00
Distanza tra le fasi adiacenti di due sistemi di sbarre	11,00	7,80	6,00
Altezza dei conduttori di stallo (asse morsetti sezionatori di sbarra)	6,50	5,30	4,50
Quota asse sbarre	11,80	9,30	7,50
Quota amarro linee (ad interruttori "sfalsati")	14,00 (21,00)	16,00 (12,00)	15,00
Sbalzo sbarre per i TV di sbarra <sup>(4)</sup>	5,50	4,00	3,30
Sbalzo senza TV di sbarra	4,00	3,00	2,00
Distanza tra l'asse del TV di sbarra ed l'asse strada (larghezza strada 4 metri)	6,70	5,00	4,00
<b>DISTANZE LONGITUDINALI TRA LE PRINCIPALI APPARECCHIATURE AT DI STALLO</b>			
Distanza tra le sbarre e l'interruttore	10,00	7,00	6,50
Distanza tra l'interruttore ed il TA <sup>(1)</sup>	10,00	8,00	7,50
Distanza tra il TA ed il sezionatore di linea <sup>(1)</sup>	5,10	5,00	3,50
Distanza tra il sezionatore di linea ed il TV <sup>(1)</sup>	5,90 (9,90)	5,00	3,00
Distanza tra il TV ed il traliccio/portale di amarro <sup>(2)(5)</sup> (caso di stallo senza scaricatore di arrivo linea)	-	-	4,50
Distanza tra TV e scaricatore di arrivo linea <sup>(4)(6)</sup>	2,50	2,50	1,50
<p>(1): le distanze sono da intendersi tra le mezzerie della apparecchiature.</p> <p>(2): il TV ed il traliccio possono anche essere allineati.</p> <p>(3): distanza da intendersi tra l'asse dell'ultimo sostegno e l'asse del TV di sbarra.</p> <p>(4) Si veda il paragrafo 7.18.1</p> <p>(5) Nel caso di stallo linea 380 kV con portale H21 senza scaricatori di arrivo linea, la BOC è posta su sostegno dedicato a 5,90 m dal sezionatore orizzontale ed a 4,00 m dal TV</p> <p>(6) Nel caso di stallo linea 380 kV con portale H21 con scaricatori di arrivo linea, la BOC è posta su sostegno dedicato a 5,40 m dal sezionatore orizzontale ed a 3,50 m dal TV</p>			

Tabella 5: principali distanze di progetto Stazioni Elettriche di Trasformazione – sezione 150 kV isolata in aria

#### **b) ottimizzazione delle fasi**

La riduzione dei livelli di campo elettrico è ottenibile attraverso la scelta opportuna della sequenza delle fasi in conduttori (sbarre) adiacenti.

#### **c) Schermature**

È prevista l'installazione di schermi collegati a terra tra i conduttori in tensione e le zone di interesse, al fine di assicurare la protezione contro le microscariche. Infatti, nell'area coperta dallo schermo, il campo elettrico è praticamente nullo. Gli schermi saranno realizzati con griglie di conduttori, tenendo conto di eventuali aspetti legati alle esigenze di gestione e manutenzione degli impianti in tensione.

#### **d) messa a terra**

Per ridurre l'insorgenza delle scariche quando i lavoratori si trovano ad operare in vicinanza degli oggetti collegati a terra, verrà realizzato il collegamento a terra degli operatori stessi attraverso l'utilizzo di calzature e indumenti conduttivi.

*Nelle aree esterne alla stazione, il campo elettrico rispetterà ampiamente il limite di esposizione di 5kV/m fissato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003, in quanto efficacemente schermato dalla recinzione esterna della stazione stessa.*

### **Elettrodotto AT 150 kV di collegamento con la SE di Manfredonia**

L'elettrodotto in cavo interrato a 150 kV consentirà di collegare la Sottostazione Elettrica di Utenza con lo Stallo Arrivo Produttore a 150 kV da realizzare presso la Stazione Elettrica di Trasformazione 380/150 kV di Manfredonia.

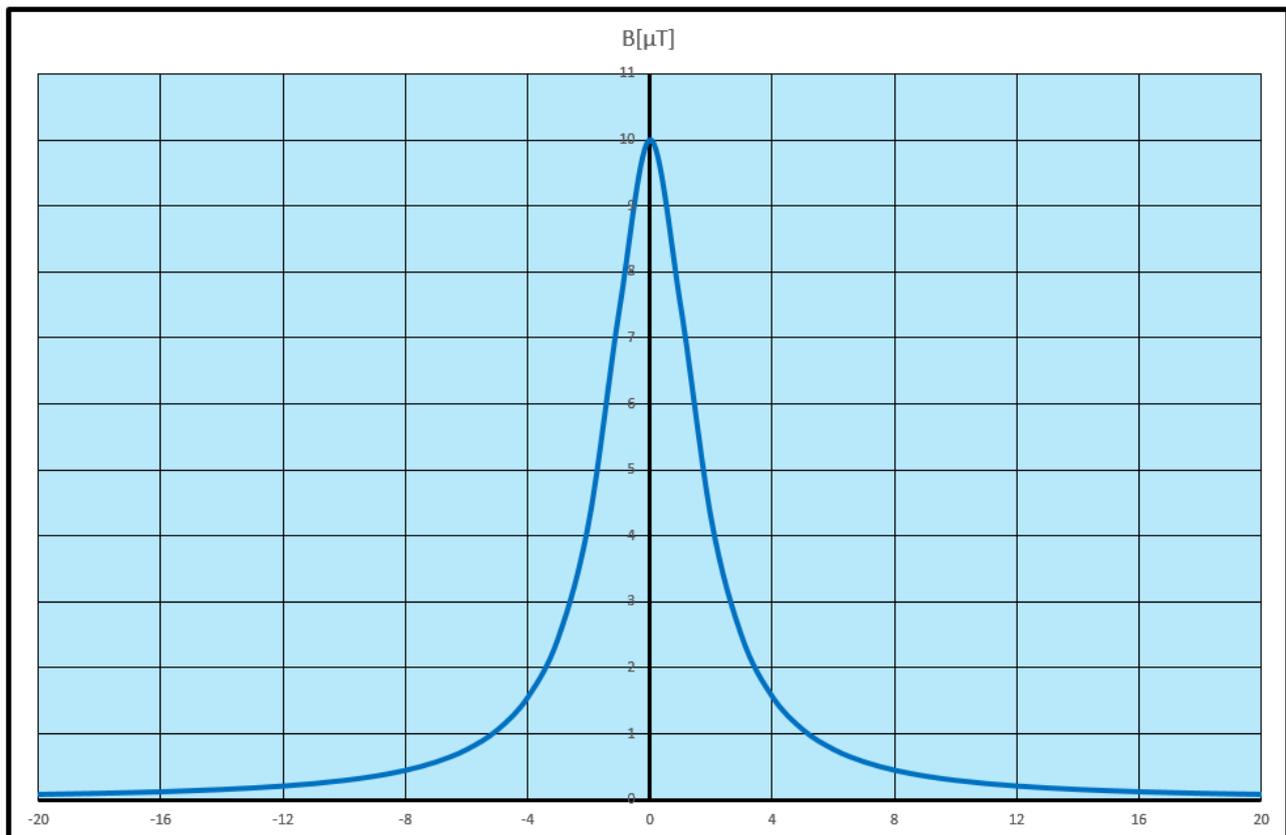
Per la valutazione del campo generato durante l'esercizio, è stata applicata la procedura di calcolo descritta dalla Norma CEI 211-4: ***Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche***” adottando le seguenti ipotesi di lavoro:

- Tipologia di cavi: unipolari;
- Sigla del cavo: ARE4H1H5E 87/150kV;
- Formazione: 3x1x1600 mm<sup>2</sup>;
- Tipologia di posa: interrata;
- Modalità di posa: a trifoglio;
- Profondità di posa: 1,6 m.

La corrente utilizzata nel calcolo è la portata in regime permanente, così come definita nella Norma CEI 11-17:

**Portata in regime permanente:** massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

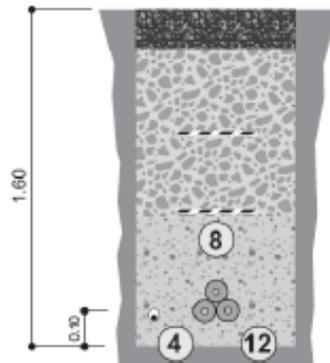
Per il cavo in esame, assumendo una portata di corrente pari a **1110 A**, si ottiene il risultato rappresentato nella figura seguente:



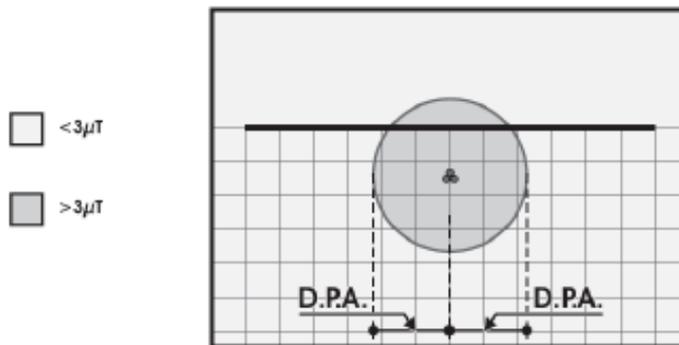
**Figura 17:** induzione magnetica generata dalla linea AT durante l'esercizio nelle condizioni limite di portata, a livello del suolo sulla verticale del cavo; fasi disposte a trifoglio; profondità di posa 1,60 m.

Quanto sopra rappresentato, trova riscontro nella **Linea Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche**, elaborata da Enel Distribuzione S.p.A. quale supporto tecnico all'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29 maggio 2008 "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti", la quale prescrive, per il caso in esame, una DPA di 3,10 m:

A15 - CAVI INTERRATI - Semplice Tema cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV)



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



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

Figura 18: DPA linee elettriche in cavo interrato a 150 kV

In merito all'esposizione ai campi elettrici, considerando che lo schermo metallico sarà collegato a terra ambo le estremità e in configurazione "cross-bonding", il campo elettrico risulterà confinato all'interno delle singole anime. Tale considerazione giustifica lo studio delle emissioni al solo campo magnetico.

## Conclusioni

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano particolari problematiche relative all'impatto elettromagnetico generato dalle linee e cabine/stazioni elettriche, infatti:

- i moduli fotovoltaici non generano campi variabili nel tempo, di conseguenza non sono applicabili le prescrizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003;
- gli inverter presentano le certificazioni necessarie 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).
- le DPA delle cabine MT/BT rientrano nei confini di pertinenza dell'impianto fotovoltaico;
- l'induzione magnetica generata dalle linee MT interne al campo risulta inferiore all'obiettivo di qualità di  $3\mu\text{T}$  fissato dal D.P.C.M. 8 luglio 2003;
- l'induzione magnetica generata dalle dorsali MT risulta superiore agli obiettivi di qualità; per ridurre il rischio di esposizione verranno adottati, in fase progettazione esecutiva e di costruzione dell'impianto, provvedimenti finalizzati a mitigare il campo elettromagnetico;
- la DPA della Sottostazione Elettrica di Utenza rientra nei confini di pertinenza dell'impianto;
- per l'elettrodotto AT, considerando che verrà condiviso da più Produttori, è necessario considerare una DPA pari a 3,10 m.

Ciò nonostante, a lavori ultimati si potranno eseguire delle prove sul campo per dimostrare l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte in fase di progettazione definitiva.