

# PROVINCIA DI MATERA COMUNE DI SALANDRA

OGGETTO:

PROGETTO INTEGRATO DI PRODUZIONE ENERGETICA E AGRICOLA

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "SALANDRA", SITO NEL COMUNE DI SALANDRA (MT) IN CONTRADA BRADANELLI SNC, E DELLE OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI PER LA CONNESSIONE ALLA RETE DI TRASMISSIONE NAZIONALE  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

Committente:



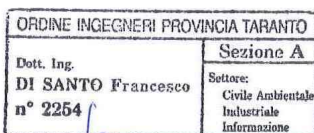
**ibvogt**

**IBVI 23 S.r.l.**

Sede legale: Viale Amedeo Duca d'Aosta, 76  
39100 BOLZANO (BZ)

Gruppo di progettazione:

**TEK**  
Engineering & Consulting



**TEKSUD S.r.l.s.**

Sede legale: Via Dante Alighieri, 298 Sc. B  
74121 TARANTO (TA)  
www.teksud.eu - info@teksud.eu

Coordinatore

Progettista: arch. Giovanni Dibenedetto

Progettisti: arch. R.M. Di Santo, ing. F. Di Santo

Collaboratori: ing. L. D'Andria, ing. D. Lo Noce, ing. M. Bruno,  
arch. D. Pignatale, arch. A. Perez, arch. B. D'Errico



TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA  
SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO

CODICE ELABORATO:

**IRU\_ES.05**

COMMESSA:

IBVI\_SLN

FILE:

SLN\_IRU\_ES.05\_RelazioneTecnicaImpattoElettromagnetico.pdf

SCALA:

--

N. FOGLI:

25+ COPERTINA

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
0	Novembre 2022	PRIMA EMISSIONE	F. DI SANTO	F. DI SANTO	G. DIBENEDETTO

E' vietata ai sensi di legge la divulgazione e la riproduzione del presente elaborato senza la preventiva autorizzazione di TEKSUD S.r.l.s.

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

## Sommario

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. LE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE</b> .....	<b>2</b>
<b>3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>4</b>
3.1 Norme tecniche .....	4
3.2 Legislazione italiana .....	4
3.3 Definizioni e Abbreviazioni .....	4
3.4 Normativa vigente .....	7
<b>4. DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>11</b>
4.1 Inquadramento dell'opera .....	11
4.2 Caratteristiche generali .....	11
4.3 Connessione alla Rete Elettrica Nazionale.....	12
4.3.1 Impianto di utenza per la connessione.....	12
4.3.2 Impianto di rete per la connessione .....	12
4.4 Descrizione dell'opera.....	13
4.5 Caratteristiche della rete elettrica .....	14
<b>5. VALUTAZIONE PREVENTIVA CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI</b> .....	<b>14</b>
5.1 Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione.....	14
5.2 Criteri di Valutazione .....	15
5.3 Cabine elettriche .....	16
5.3.1 Sbarre Quadri BT .....	16
5.3.2 Trasformatore AT/BT.....	18
5.4 Elettrodotti in AT.....	20
5.5 Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti in AT .....	21
5.5.1 Caso con n. 2 terne di cavi AT interrati di sezione 630 mm <sup>2</sup> .....	23
<b>6. CONCLUSIONI</b> .....	<b>24</b>

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

## 1. PREMESSA

Oggetto della seguente relazione è la valutazione preventiva dei campi elettromagnetici generati dagli impianti elettrici connessi alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico "Salandra" di conversione dell'energia solare in energia elettrica tramite tecnologia fotovoltaica da realizzarsi nell'agro del Comune di Salandra (MT) e le relative opere ed infrastrutture connesse da realizzarsi nel Comune di Salandra e di Garaguso (MT).

La relazione ha lo scopo di descrivere le emissioni di campi magnetici, elettrici ed elettromagnetici generati durante l'esercizio dell'impianto fotovoltaico e delle opere connesse e definire la compatibilità dell'impianto con i limiti normativi di esposizione e tutela della popolazione nonché permettere la verifica di compatibilità ed interferenza dell'impianto con eventuali impianti elettrici ed elettronici presenti in zona.

Nel § 2 si riportano alcune generalità sulle emissioni elettromagnetiche degli impianti elettrici, nel § 3 si illustrano i riferimenti legislativi e normativi in materia di emissioni elettromagnetiche e nel § 4 si riporta l'inquadramento dell'opera e la descrizione dell'opera da realizzarsi così come risultante dagli elaborati progettuali allegati al progetto definitivo.

Il § 5 contiene la valutazione preventiva dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici per le aree limitrofe interessate dall'opera e la relativa verifica di conformità della stessa alla legislazione vigente in materia di esposizione della popolazione.

Il § 6 contiene le conclusioni finali sulla base delle risultanze espresse nei paragrafi precedenti.

## 2. LE EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

I campi elettromagnetici consistono in onde elettriche (E) e magnetiche (H) che viaggiano insieme. Esse si propagano alla velocità della luce, e sono caratterizzate da una frequenza ed una lunghezza d'onda.

I campi ELF (Extremely Low Frequency) sono definiti come quelli di frequenza fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e vengono misurati e valutati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche. Essi governano il moto di altre cariche elettriche che vi siano immerse. La loro intensità viene misurata in volt al metro (V/m) o in chilovolt al metro (kV/m). Quando delle cariche si accumulano su di un oggetto, fanno sì che

---

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW  
cariche di segno uguale od opposto vengano, rispettivamente, respinte o attratte. L'intensità  
di questo effetto viene caratterizzata attraverso la tensione, misurata in volt (V).

Ad ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, anche se non acceso, è associato un campo elettrico che è proporzionale alla tensione della sorgente cui è collegato. L'intensità dei campi elettrici è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza. Molti materiali comuni, come il legno ed il metallo, costituiscono uno schermo per questi campi.

I campi magnetici sono prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. Essi governano il moto delle cariche elettriche. La loro intensità si misura in ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l'induzione magnetica, che si misura in tesla (T), millitesla (mT) o microtesla ( $\mu$ T). Ad ogni dispositivo collegato ad una presa elettrica, se il dispositivo è acceso e vi è una corrente circolante, è associato un campo magnetico proporzionale alla corrente fornita dalla sorgente cui il dispositivo è collegato. I campi magnetici sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza. Essi non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, e li attraversano facilmente.

Ai fini dell'esposizione umana alle radiazioni non ionizzanti, considerando le caratteristiche fisiche delle grandezze elettriche in gioco in un impianto fotovoltaico (tensioni fino a 36.000V, correnti continue o alternate a frequenza di 50 Hz) i campi elettrici e magnetici sono da valutarsi separatamente perché disaccoppiati.

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

### **3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

#### **3.1 Norme tecniche**

- CEI 211-6 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz – 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana";
- CEI R014-001 "Guida per la valutazione dei campi elettromagnetici attorno ai trasformatori di potenza";
- CEI 11-60 "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore di 100 kV";
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche";
- CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo";
- CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I".

#### **3.2 Legislazione italiana**

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti";
- DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

#### **3.3 Definizioni e Abbreviazioni**

Valgono le definizioni di seguito riportate, per la maggior parte contenute nella Legge 36/2001, nel DPCM 8 luglio 2003 e nel Decreto 29 maggio 2008.

- Distanza di Prima Approssimazione (DPA): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto;

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

- **Elettrodotto:** è l'insieme delle linee elettriche, delle sottostazioni e delle cabine di trasformazione;
- **Fascia di rispetto:** è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità (3  $\mu$ T). Come prescritto dall'articolo 4, c. 1 lettera h) della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario e ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore;
- **Impianto:** officina elettrica destinata, simultaneamente o separatamente, alla produzione, allo smistamento, alla regolazione e alla modifica (trasformazione e/o conversione) dell'energia elettrica transitante in modo da renderla adatta a soddisfare le richieste della successiva destinazione. Gli impianti possono essere: Centrali di produzione, Stazioni elettriche, Cabine Primarie e Secondarie e Cabine Utente;
- **Esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici:** è ogni tipo di esposizione dei lavoratori e delle lavoratrici che, per la loro specifica attività lavorativa, sono esposti a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- **Esposizione della popolazione:** è ogni tipo di esposizione ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, ad eccezione dell'esposizione di cui alla lettera f) dell'art. 3 Legge 36/2001 e di quella intenzionale per scopi diagnostici o terapeutici;
- **Limite di esposizione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, definito ai fini della tutela della salute da effetti acuti, che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione e dei lavoratori;
- **Linea:** collegamento con conduttori elettrici, delimitato da organi di manovra, che permettono di unire due o più impianti;
- **Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h):** aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere;
- **Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4):** nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW  
progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e  
magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz;

- **Portata in corrente in servizio normale:** è 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. Essa è definita nella norma CEI 11-60 § 2.6. La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata": per le linee con tensione >100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60; per gli elettrodotti aerei con tensione <100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori; per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 § 3.5 e § 4.2.1 come portata in regime permanente (massimo valore della corrente che, in regime permanente in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato);
- **Valore di attenzione:** è il valore di campo elettrico, magnetico ed elettromagnetico, considerato come valore di immissione, che non deve essere, superato negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Esso costituisce misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti a lungo termine e deve essere raggiunto nei tempi e nei modi previsti dalla legge;

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

### 3.4 Normativa vigente

Secondo quanto previsto dalla legge del 22 febbraio 2001, n. 36, in particolare all'art. 4, comma 2, lettera a), il DPCM 8 luglio 2003 ha fissato i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dall'esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz connessi al funzionamento e all'esercizio degli elettrodotti:

<b>LIMITE DI ESPOSIZIONE</b> Valore efficace che non deve essere superato in caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti	<b>100 <math>\mu</math>T</b> <b>5 kV/m</b>
<b>VALORE DI ATTENZIONE</b> Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere	<b>10 <math>\mu</math>T</b>
<b>OBIETTIVO DI QUALITA'</b> Mediana dei valori nell'arco delle ventiquattro ore nelle normali condizioni di esercizio da considerare ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee elettriche già presenti nel territorio	<b>3 <math>\mu</math>T</b>

In base all'art. 5 le tecniche di misurazione da adottare sono quelle indicate dalla norma CEI 211-6 prima edizione e successivi aggiornamenti. Inoltre, il sistema agenziale APAT-ARPA



RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW  
dovrà determinare le procedure di misura e valutazione, con l'approvazione del Ministero  
dell'Ambiente, per la determinazione del valore di induzione magnetica utile ai fini della  
verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità. Per la  
verifica delle disposizioni di cui agli articoli 3 e 4, oltre alle misurazioni e determinazioni di  
cui sopra, il sistema agenziale APAT-ARPA può avvalersi di metodologie di calcolo basate su  
dati tecnici e storici dell'elettrodotto.

Dal campo di applicazione del DPCM è espressamente esclusa, invece, l'applicazione dei  
limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità di cui sopra ai lavoratori esposti ai campi per  
ragioni professionali (art. 1 comma 2).

Inoltre, in base all'art. 1 comma 3 per tutte le sezioni di impianto non incluse nella  
definizione di "elettrodotto" o che sono esercite con frequenze diverse dai 50 Hz, fino a 100  
kHz, si applicano i limiti della raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12  
luglio 1999, pubblicata nella G.U.C.E. n. 199 del 30 luglio 1999. In particolare, andrà  
rispettato, se applicabile nei confronti della popolazione, per la sezione in corrente continua  
il limite di riferimento per induzione magnetica di 40.000  $\mu$ T.

L'art. 6 del DPCM 8/7/03 recita:

1. "Per la determinazione delle fasce di rispetto si dovrà fare riferimento all'obiettivo di  
qualità di cui all'art. 4 [...]"

2. "L'APAT, sentite le ARPA, definirà la metodologia di calcolo per la determinazione delle  
fasce di rispetto ai fini delle verifiche delle autorità competenti".

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto riferite agli elettrodotti sia  
aerei che interrati, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha comunicato con  
lettera prot. DSA/2004/25291 del 15 novembre 2004, che "la metodica da usarsi per la  
determinazione provvisoria delle fasce di rispetto pertinenti ad una o più linee elettriche  
aeree o interrate che insistono sulla medesima porzione di territorio può compiersi come  
segue:

[...]

3. Le linee possono essere schematizzate così come prevede la norma CEI 211-4 "Guida ai  
metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche",  
cap. 4.1. Il calcolo può essere eseguito secondo l'algoritmo definito al cap. 4.3.

4. Si calcolano le regioni di spazio definite dal luogo delle superfici di isocampo di induzione  
magnetica pari a 3  $\mu$ T in termini di valore efficace.

5. Le proiezioni verticali a livello del suolo di dette superfici determinano le fasce di rispetto.  
Le relative dimensioni, espresse in metri, possono essere arrotondate all'intero più vicino".

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

**Si precisa**, inoltre, che secondo quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 sopra citato (§ 3.2), la tutela in merito alle fasce di rispetto di cui all'art. 6 del DPCM 8 luglio 2003 si applica alle linee elettriche aeree ed interrate, esistenti ed in progetto **ad esclusione** di:

- linee esercite a frequenza diversa da quella di rete di 50 Hz (ad esempio linee di alimentazione dei mezzi di trasporto);
- linee di classe zero ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (come le linee di telecomunicazione);
- linee di prima classe ai sensi del DM 21 marzo 1988, n. 449 (quali le linee di bassa tensione);
- linee di Media Tensione in cavo cordato ad elica (interrate o aeree);

La costruzione e l'esercizio dell'impianto fotovoltaico, così come riportato negli elaborati tecnici di progetto, saranno eseguiti secondo le norme di legge e le norme tecniche del CEI nonché, per la parte di connessione alla rete, secondo le disposizioni normative.

La valutazione dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale è invece argomento della Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e stazioni elettriche", dalla quale sono state tratte tutte le ipotesi di calcolo. In particolare:

- tutti i conduttori costituenti la linea (sia i conduttori attivi sia i conduttori di guardia) sono considerati rettilinei, orizzontali, di lunghezza infinita e paralleli tra di loro; in base a queste ipotesi, si trascura la componente longitudinale dell'induzione magnetica; nella realtà, i conduttori suddetti si dispongono secondo una catenaria, ma la componente longitudinale non supera in genere il 10% delle altre componenti del campo, per cui
- l'errore che si commette, nel calcolo della risultante, è certamente inferiore, in percentuale, a questo valore;
- i conduttori sono considerati di forma cilindrica, con diametro costante disposti a fascio di 3 per fase; si suppone che la distanza tra i singoli conduttori a uguale potenziale sia piccola rispetto alla distanza tra i conduttori a diverso potenziale; si suppone inoltre che i conduttori appartenenti ad un fascio siano uguali tra di loro e che, in una sezione normale del fascio, i loro centri giacciono su una circonferenza (circonferenza circoscritta al fascio); in base a queste ipotesi, si sostituisce al fascio di sub-conduttori un conduttore unico di opportuno diametro equivalente;

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

- il suolo è considerato piano, privo di irregolarità, perfettamente conduttore dal punto di vista elettrico, perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico;
- si trascura l'influenza sulla distribuzione del campo dei tralicci stessi, di piloni di sostegno, degli edifici, della vegetazione e di qualunque altro oggetto che si trovi nell'area interessata, ovvero si calcola il campo imperturbato.

Le ipotesi suddette permettono di ridurre il calcolo del campo ad un problema piano, essendo, in questo caso, la distribuzione stessa uguale su qualunque sezione normale all'asse longitudinale della linea. A parità di altri fattori, l'accuratezza dei dati forniti è ovviamente tanto maggiore quanto più le condizioni reali sono aderenti a quelle sopra elencate.

La guida CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" costituisce l'applicazione delle formule fornite dalla guida CEI 211-4 ai diversi tipi di elettrodotti, quindi anche interrati. A sufficiente distanza dalla terna di conduttori, la superficie su cui l'induzione assume lo stesso valore (superficie isolivello) ha con buona approssimazione la forma di un cilindro avente come asse la catenaria ideale passante per il baricentro dei conduttori. La sezione trasversale di tale cilindro è una circonferenza. Prendendo in considerazione il valore di  $3 \mu\text{T}$ , si può calcolare il raggio della corrispondente circonferenza, che costituisce la fascia di rispetto.

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

#### 4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

##### 4.1 Inquadramento dell'opera

L'impianto fotovoltaico sarà composto da 24 sezioni di potenza nominale complessiva di 70.000,00 kWp e potenza di progetto pari a 70.257,60 kWp.

L'impianto fotovoltaico sarà collegato, tramite cabina di consegna, alla rete pubblica con cavo interrato, AT a 36 kV (circa 8898 m) in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di Garaguso.

L'impianto fotovoltaico sarà ubicato su terreni a destinazione agricola non caratterizzati dalla permanenza media di popolazione superiore alle 4 ore giornaliere, o non considerate come zone sensibili di cui all'art. 4 comma 1 del DPCM 8 luglio 2003.

*L'intero impianto fotovoltaico è stato progettato e studiato con il presupposto di mantenere una distanza minima di 50 m da immobili sensibili (abitazioni, scuole, ecc), 20 m da strutture di servizio non abitate e/o utilizzate per attività lavorative stabili, comunque tale da non richiedere una valutazione puntuale dei campi elettromagnetici.*

Il tracciato degli elettrodotti interrati è all'interno dell'area di impianto e segue la viabilità di servizio dell'impianto fotovoltaico (come illustrato nelle tavole allegate) allo scopo di minimizzare l'impatto ambientale.

##### 4.2 Caratteristiche generali

L'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica in oggetto avrà le seguenti caratteristiche generali:

L'impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica in oggetto avrà le seguenti caratteristiche generali:

- potenza nominale dei moduli fotovoltaici installati pari a 70.257,60 kWp;
- n° 1 cabina elettriche di raccolta/smistamento dell'energia elettrica, interne all'area di impianto;
- n° 24 cabine elettriche di trasformazione dell'energia elettrica, interne all'area di impianto;
- rete AT interna al campo di collegamento delle cabine di trasformazione;
- rete elettrica a bassa tensione interna all'area di impianto per il collegamento delle stringhe con gli inverter e questi ultimi con le cabine di trasformazione;
- rete telematica interna di monitoraggio in fibra ottica per il controllo dell'impianto

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW  
fotovoltaico mediante trasmissione dati via modem o satellitare;

- rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di impianto (controllo, illuminazione, forza motrice, ecc.).

#### 4.3 Connessione alla Rete Elettrica Nazionale

Il collegamento alla RTN verrà realizzato in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di Garaguso. Pertanto è prevista la realizzazione di un elettrodotto in cavo interrato, di circa 8 km, necessario per la connessione dell'impianto fotovoltaico alla RTN. L'impianto avrà le seguenti caratteristiche:

- Impianto di utenza per la connessione
- Impianto di rete per la connessione

##### 4.3.1 Impianto di utenza per la connessione

L'impianto di utenza per la connessione permetterà di vettoriare l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico dal punto di consegna fino alla cabina di smistamento da costruire sull'area di impianto.

L'impianto di utenza per la connessione sarà realizzato, gestito, esercito e mantenuto dalla società proponente. Sarà costituito da:

- n° 1 cabine di consegna AT con accesso libero da strada.
- elettrodotto di connessione formato da:
  - doppia terna di cavo da 630 mm<sup>2</sup> interrato AT a 36 kV di lunghezza pari a circa 8000 m che collegherà la cabina di smistamento in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di Garaguso.

##### 4.3.2 Impianto di rete per la connessione

L'impianto di rete per la connessione permetterà di connettere l'impianto fotovoltaico al punto di connessione in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di Garaguso. Esso sarà costituito dallo Stallo AT alla SE sopra descritta.

---

**RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)**

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture

indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

L'impianto di rete per la connessione costituirà parte integrante della rete elettrica nazionale, sarà realizzato dalla società proponente ma gestito, esercito e mantenuto da Terna.

#### **4.4 Descrizione dell'opera**

L'area dell'impianto fotovoltaico sarà interamente recintata. Internamente al campo, lungo la viabilità interna saranno ubicate le cabine elettriche dell'impianto realizzate con un solo piano fuori terra di dimensioni strettamente necessarie ad ospitare le apparecchiature elettriche (quadri elettrici ecc.). Come sempre accade per le cabine elettriche sarà regola realizzativa il collegamento dell'armatura metallica delle strutture all'impianto di terra.

La restante parte dell'area di impianto è a cielo aperto ed ospiterà l'impianto fotovoltaico con gli inverter di stringa, le strade di collegamento ed il piazzale.

Tutti i principali cablaggi dell'impianto, in particolare a valle dei quadri di sottocampo (quadri nei quali avviene il parallelo delle stringhe di moduli) sono in esecuzione interrata. In particolare, saranno in esecuzione interrata le dorsali di impianto e tutti i collegamenti elettrici di distribuzione all'interno della cabina elettrica.

Gli elettrodotti interni saranno in bassa tensione, corrente continua e corrente alternata, e in media tensione in corrente alternata.

I cablaggi tra i moduli fotovoltaici e tutti i cablaggi dell'impianto di produzione fino al rispettivo "inverter", sono eserciti in corrente continua. Infatti, i moduli fotovoltaici trasformano l'energia del sole in energia elettrica in corrente continua. La tensione massima della sezione in corrente continua è da progetto fino a 1500 V (tensione in ingresso all'inverter).

Sull'inverter avviene la conversione dell'energia elettrica prodotta da corrente continua a bassa tensione a corrente alternata trifase a bassa tensione (400 o 800 V) che poi viene trasformata in tensione a 36.000 V nella cabina di trasformazione.

L'energia elettrica fluisce tramite cavi elettrici interrati, in alta, media o bassa tensione, al quadro elettrico generale per la misura e successivamente alle cabine di smistamento per poi collegarsi in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione della RTN a 380/150 kV di Garaguso.

Generalmente la massima producibilità del sistema fotovoltaico sul lato BT in corrente alternata ha un'efficienza del 90% rispetto all'energia producibile nominale del sistema ai morsetti dei moduli in condizioni standard di funzionamento.

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture

indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

A vantaggio di sicurezza per il calcolo del limite di esposizione si utilizzeranno le potenze nominali degli apparati elettrici principali, ovvero la potenza nominale dei trasformatori elevatori AT/BT.

#### 4.5 Caratteristiche della rete elettrica

La rete elettrica da realizzare è divisa in sezioni in base alla tensione di esercizio:

- a. *Bassa tensione* (inferiore a 1 kV) tra i moduli FV e l'inverter e tra questo e il trasformatore;
- b. *Alta Tensione* (36 kV) tra la cabina di trasformazione e quella di smistamento e tra la cabina di smistamento e il punto di connessione; tali condutture saranno realizzate in parte in esecuzione interrata secondo la norma CEI 11-17.

Particolari realizzativi di questa sezione di rete sono:

- utilizzo di cavi unipolari cordati ad elica visibile a campo elettrico radiale singolarmente schermati con gli schermi aterrati ad entrambe le estremità, disposti ad elica visibile, posati nello scavo in tubo corrugato;

## 5. VALUTAZIONE PREVENTIVA CAMPI ELETTRICI E MAGNETICI

### 5.1 Applicazione della normativa sulla tutela della popolazione

Per tutto ciò che attiene la valutazione dei campi magnetici ed elettrici all'interno dell'impianto fotovoltaico, essendo l'accesso all'impianto ammesso esclusivamente a personale lavoratore autorizzato, non trova applicazione il DPCM 8 luglio 2003.

Essendo le zone direttamente accessibili con l'impianto di rete non adibite né ad una permanenza giornaliera non inferiore alle 4 ore né a zone gioco per l'infanzia/abitazioni e scuole, vanno verificati esclusivamente i limiti di esposizione. Non trovano applicazione per le stesse motivazioni gli obiettivi di qualità del DPCM 8 luglio 2003.

Rimane comunque inteso che i limiti esposti dal DPCM si applicano esclusivamente alla parte esterna dell'impianto e relativamente ai campi magnetici prodotti da correnti di frequenza 50 Hz. Per la valutazione dei *campi magnetici statici* prodotti dalla sezione in corrente continua, se necessario, si farà riferimento alla raccomandazione del Consiglio dell'Unione Europea del 12 luglio 1999.

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

## 5.2 Criteri di Valutazione

Al contrario delle linee elettriche, per le quali è ormai consolidato un metodo di calcolo preventivo dei campi magnetici ed elettrici, per le cabine elettriche e per tutti i sistemi non assimilabili alle linee elettriche, a causa delle geometrie complesse, non è agevole determinare gli andamenti dei campi elettrici e magnetici con modelli matematici, ma a valle di considerazioni preventive di massima. In caso di dubbio si deve procedere direttamente alle misure in campo.

Considerando che la grossa parte dell'impianto è a bassa tensione, che la massima tensione elettrica all'interno ed all'esterno è di 36.000 V e che i campi elettrici sono schermati dal suolo, dalle recinzioni, dagli alberi, dalle strutture metalliche porta moduli, dalle guaine metalliche dei cavi in alta tensione, ecc., si può trascurare completamente la valutazione dei campi elettrici che, si ricorda, sono generati dalla tensione elettrica.

In particolare, è stato più volte dimostrato da misure sperimentali condotte in tutta Italia dal sistema agenziale ARPA sulle cabine, che i campi elettrici all'esterno delle cabine risultano essere abbondantemente inferiori ai limiti di legge.

Per quanto concerne invece i campi magnetici è necessario identificare nell'impianto fotovoltaico le possibili sorgenti emissive e le loro caratteristiche.

Una prima sorgente emissiva è rappresentata dal generatore fotovoltaico e dai relativi cavidotti di collegamento con gli inverter di stringa e la cabina elettrica dove avviene la trasformazione.

Considerando che:

- tale sezione di impianto è tutta esercita in corrente continua (0 Hz) in bassa tensione;
- buona esecuzione vuole che i cavi di diversa polarizzazione (+ e -) viaggino sempre a contatto, annullando reciprocamente quasi del tutto i campi magnetici statici prodotti in un punto esterno (tale precauzione viene in genere presa soprattutto al fine della protezione dalle sovratensioni limitando al massimo l'area della spira che si viene a creare tra il cavo positivo e il cavo negativo);
- i cavi di dorsale dai sottoquadri di campo ai quadri di campo e agli inverter, che sono quelli che trasportano correnti in valore significativo, sono tutti eseguiti in posa interrata e distanti diversi metri dalle recinzioni di confine;
- per la frequenza 0-1 Hz il limite di riferimento per induzione magnetica che non deve essere superato è di **40.000 $\mu$ T**, valore 400 volte più alto dell'equivalente per la corrente a 50 Hz;



RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW  
*si può certamente escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo magnetico statico dovuti alla sezione in corrente continua.*

Per quanto concerne la sezione in **corrente alternata** le principali sorgenti emmissive sono gli inverter, le sbarre di bassa tensione dei quadri generali BT, il o i trasformatori elevatori e gli elettrodotti in media e bassa tensione.

Non si considerano importanti per la verifica dei limiti di esposizione, considerando che tali locali non prevedono la presenza di lavoratori se non per il tempo strettamente necessario alle operazioni di manutenzione, i seguenti componenti:

- i cavi in alta tensione, considerando che i cavi e le sbarre dei quadri di alta tensione porteranno alla potenza nominale dell'impianto AT/BT correnti non superiori a 250 A;
- i cavi di bassa tensione tra il trasformatore e gli inverter considerando che le diverse fasi saranno in posa ravvicinata in cunicolo interrato all'interno della cabina o comunque all'interno dell'impianto.

Si ricorda a tal proposito che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. Per assurdo, infatti, se i tre conduttori coincidessero nello spazio il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori.

Per questo motivo il problema dei campi magnetici è poco sentito nelle reti di bassa, di media ed alta tensione in cavo dove gli spessori degli isolanti sono molto contenuti permettendo alle tre fasi di essere estremamente ravvicinate tra loro se non addirittura inserite nello stesso cavo multipolare (bassa tensione).

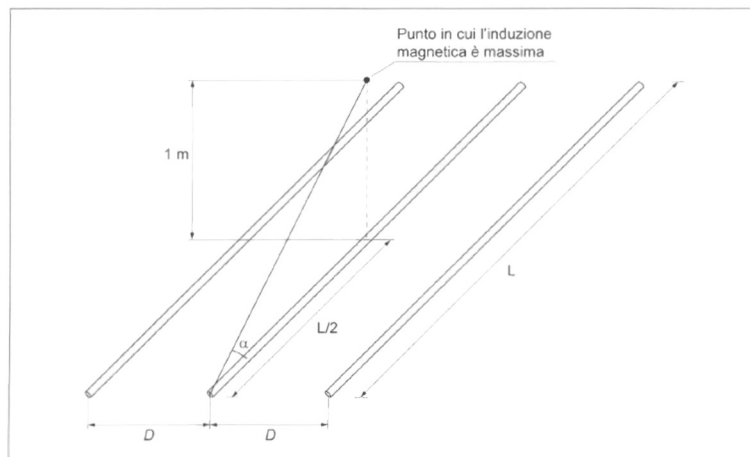
Diverso è invece il caso delle sbarre in rame dei quadri elettrici BT o degli inverter, dove la disposizione delle tre fasi in piano e le elevate correnti determinano campi magnetici elevati soprattutto nelle immediate vicinanze. Discorso analogo vale per il trasformatore elevatore.

## 5.3 Cabine elettriche

### 5.3.1 Sbarre Quadri BT

Per la valutazione dei campi generati dalle sbarre di bassa tensione, contenute nel quadro BT, si è ipotizzato che esse siano parallele e distino l'una dall'altra **D** (espressa in metri), siano

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW  
lunghe L metri ed attraversate da una corrente I. Ad un metro di distanza dalle sbarre  
l'induzione magnetica assume il suo massimo valore<sup>1</sup>:



$$B_{MAX} = \frac{0,346 \cdot I \cdot D \cdot \sin(\arctan(L/2))}{1 + D^2}$$

Nella Tabella seguente sono riportati i valori massimi di induzione magnetica  $B_{MAX}$  espressi in  $\mu T$  per alcuni valori di L, e I con tipica distanza sbarre **D** di 10 cm

L (m)	D (cm)	I				
		100 A	200 A	500 A	1000 A	3000 A
1	10	1,5	3,1	7,7	15,3	45,96
2	10	2,4	4,9	12,1	24,3	72,9
5	10	3,2	6,4	15,9	31,8	95,4
10	10	3,4	6,7	16,8	33,6	100,8

<sup>1</sup>Si veda Appendice E del testo "La protezione dai campi elettromagnetici" - Prof. Paolo Vecchia - Ed. TNE 2003.

## RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)

Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture

indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

Dalla tabella risulta che l'induzione aumenta con la lunghezza L, ma oltre i 5 m l'aumento diventa trascurabile. Tali valori sono compatibili, nelle vicinanze del quadro, con la legislazione vigente. Riguardo all'inverter essi saranno certificati CE e in particolare rispetteranno tutte le norme nazionali ed europee in materia di compatibilità elettromagnetica.

### 5.3.2 Trasformatore AT/BT

Il valore dell'induzione magnetica (B) decresce rapidamente al crescere della distanza dal trasformatore.

Per distanze comprese tra 1 m e 10 m da un trasformatore in resina si può calcolare il valore di dell'induzione magnetica B ( $\mu\text{T}$ ) con la formula:

$$B = 5 \cdot \frac{U_{cc}}{6} \cdot \sqrt{\frac{S_r}{630}} \cdot \left(\frac{3}{a}\right)^{2.8}$$

$U_{cc}$  = Tensione percentuale di cortocircuito

$S_r$  = Potenza nominale del trasformatore (kVA)

$a$  = distanza dal trasformatore (m)

Si riporta in tabella l'induzione magnetica prodotta dai trasformatori AT/BT in resina della potenza di 2000 kVA e tensione di corto circuito 6%.

Potenza trasformatore	Distanza dal trasformatore					
	1 m	2 m	3 m	5 m	7 m	10 m
3150 kVA	193,09 $\mu\text{T}$	27,72 $\mu\text{T}$	8,91 $\mu\text{T}$	2,13 $\mu\text{T}$	0,83 $\mu\text{T}$	0,31 $\mu\text{T}$

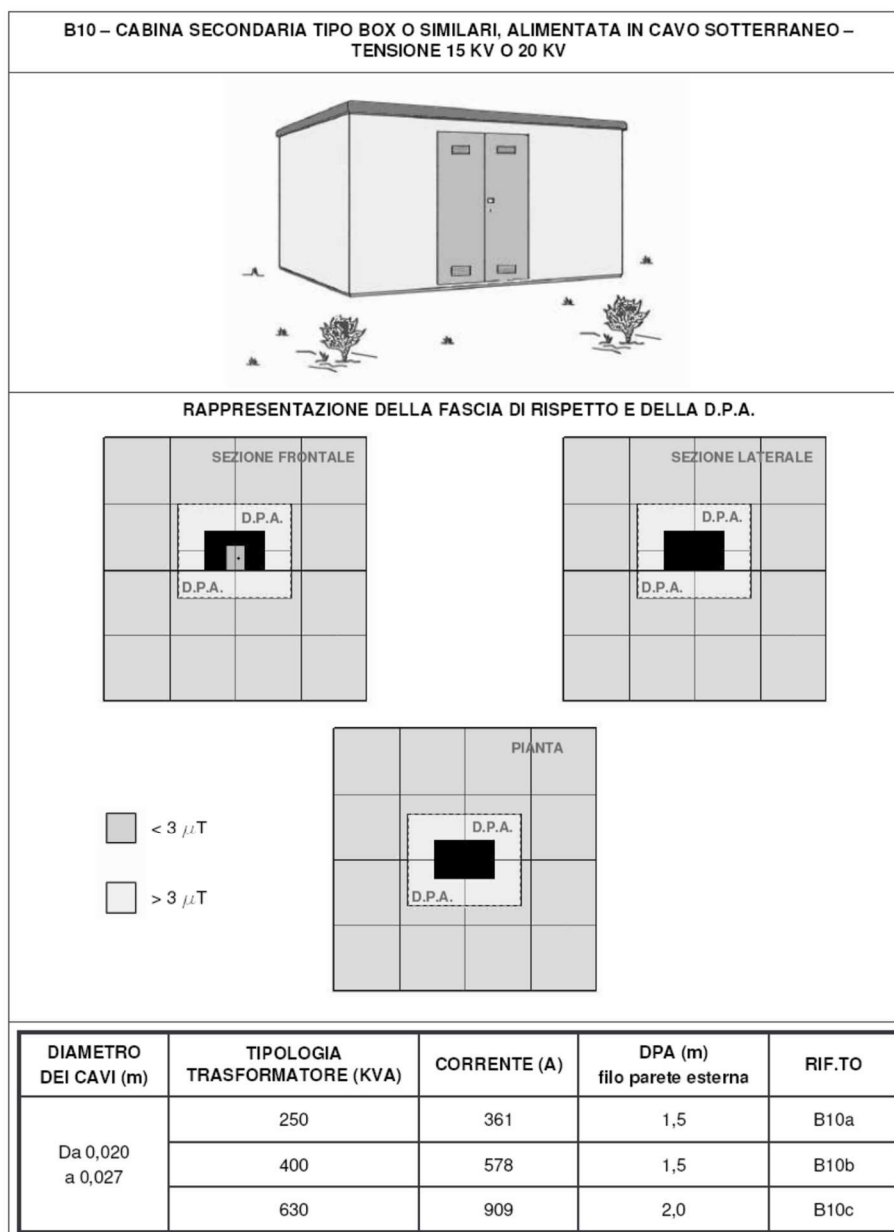
**Come si vede dai valori ottenuti già ad una distanza di 5 m si è al disotto dei 3  $\mu\text{T}$ .**

I valori ottenuti sono compatibili con la legislazione sia all'interno che all'esterno dell'impianto.

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture

indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

Di seguito viene riportato uno studio effettuato da Enel Distribuzione Spa, attuale e-distribuzione, in cui vengono individuate le DPA simulate ed elaborate con il software EMF Tools v.3.0 del CESI, la cui modellizzazione delle sorgenti è bidimensionale e fa riferimento alla normativa tecnica CEI 211-4 ed alla portata in corrente in servizio normale dell'elettrodotto, come definita dalla normativa applicabile.



Studio effettuato da Enel - Calcoli effettuati su piattaforma "EMF Tools", che tiene conto del passo d'elica.

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture

indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

Pertanto, combinando la configurazione dei conduttori, la geometria di fase e la portata in servizio normale, considerando anche una sovrapposizione degli effetti in un punto esterno all'impianto, il valore di induzione magnetica determinato dalle varie sorgenti in condizioni di funzionamento a potenza nominale sarà di molto inferiore al limite di esposizione.

#### 5.4 Elettrodotti in AT

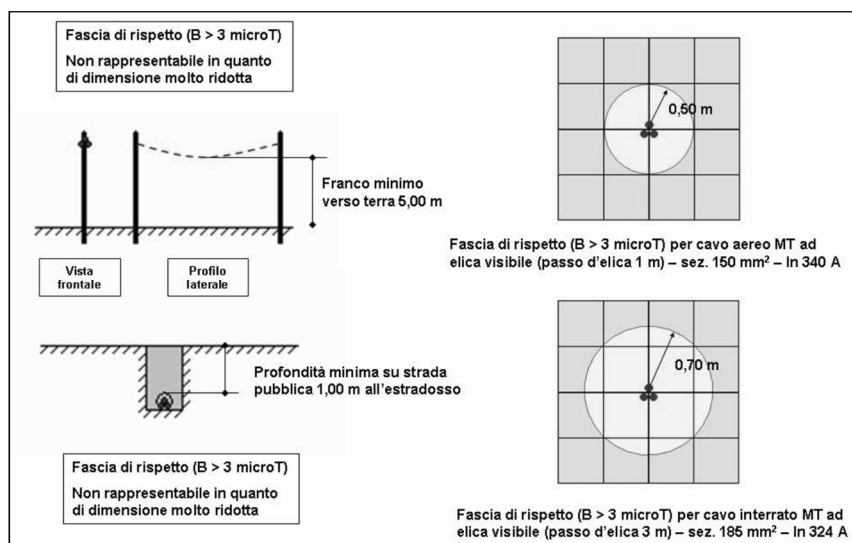
A seguito di sopralluoghi effettuati in tutta l'area interessata dell'impianto fotovoltaico e dalle relative opere infrastrutturali e soprattutto dalla rete di trasmissione dell'energia prodotta, si sono tratte le opportune considerazioni relativamente all'impatto di tipo elettromagnetico sulla eventuale presenza umana.

Il percorso degli elettrodotti interrati interesserà la viabilità interna all'impianto e per poca parte zone adiacenti all'impianto e alla Stazione Elettrica "Garaguso".

La linea interrata in cavo cordato attraverserà area agricola senza interessare luoghi adibiti a permanenza non inferiori alle 4 ore giornaliere.

Di seguito sono riportati dei calcoli fatti da Enel Distribuzione Spa, utilizzando il software EMF Tools v.3.0 del CESI, per la stessa tipologia di linea aerea e cavo interrato di progetto.

Come si vede la fascia di rispetto viene determinata calcolando l'induzione magnetica sul centro dei cavi e non su un punto dello spazio circostante al cavo. A vantaggio della sicurezza tale fascia si proietta al suolo e si usa come DPA.



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.

---

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW  
Nelle tavole allegate sono riportati il percorso e il tracciato.

### 5.5 Valutazione analitica dei campi magnetici generati dagli elettrodotti inAT

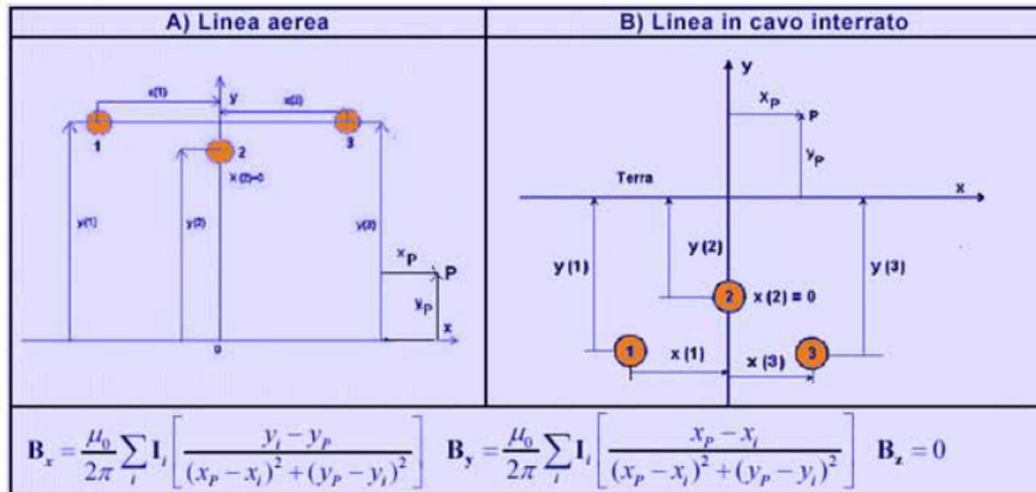
La valutazione è effettuata nei riguardi dell'elettrodotto interrato e della linea aerea in oggetto del presente progetto, considerando il caso di posa più gravoso, ma senza portare in conto la presenza di eventuali linee elettriche interrate o aeree già esistenti.

I campi elettrici prodotti sono trascurabili grazie allo schermo dei cavi atterrato ad entrambe le estremità e all'effetto schermante del terreno stesso.

Per quanto riguarda la generazione di campi magnetici, si trova che la disposizione a trifoglio dei cavi unipolari consente di avere valori di induzione assai ridotti, grazie alla possibilità di avvicinare i cavi. Infatti i campi magnetici, interagendo tra loro, si attenuano a vicenda. Si ricorda infatti che il valore di campo magnetico generato da un sistema elettrico trifase simmetrico ed equilibrato in un punto dello spazio è estremamente dipendente dalla distanza esistente tra gli assi dei conduttori delle tre fasi. Per assurdo, infatti, se i tre conduttori coincidessero nello spazio il campo magnetico esterno risulterebbe nullo per qualsiasi valore della corrente circolante nei conduttori.

Ai sensi della norma CEI 211-4 "*Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee e da stazioni elettriche*", assumendo le ipotesi semplificative già esposte nei paragrafi precedenti, è possibile calcolare l'induzione magnetica, in termini di valore efficace, ricorrendo alla legge di Biot-Savart ridotta al caso bidimensionale, per un generico punto del piano, mediante le seguenti formule per le componenti spaziali (fasoriali) dell'induzione magnetica, quale contributo delle correnti nei diversi conduttori:

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW



$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

Estendendo il calcolo ad una serie di punti su una retta orizzontale ad una quota fissata rispetto al suolo, si ricava il profilo dell'induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse della linea interrata.

In corrispondenza del punto centrale si rileva il valore massimo del campo magnetico, pertanto avendo fissato come valore di riferimento per la fascia di rispetto quello di 3 μT, e ricercando la distanza dal suolo alla quale si ottiene nel punto di massimo proprio tale valore, è possibile calcolare la fascia di rispetto da applicare all'elettrodotto.

Nel calcolo in oggetto si è tenuto conto anche dell'effetto di "polarizzazione ellittica" del campo magnetico (descritto nell'appendice della norma CEI 211-4), dovuto alla presenza delle tre sorgenti costituite dai tre cavi della linea trifase. Si è quindi valutata l'induzione magnetica corrispondente al semiasse maggiore dell'ellisse di polarizzazione.

Si sottolinea che, ai sensi della comunicazione del Ministero dell'Ambiente già citata, la profondità di posa dei cavi non è influente ai fini del calcolo della fascia di rispetto, mentre è importante il numero e la disposizione dei conduttori nello scavo.

**Si precisa che il valore di corrente inserito nei calcoli è quello della portata nominale dei cavi, di gran lunga superiore a quello realmente erogabile dall'impianto fotovoltaico.**

Inoltre si deve osservare che i cavi cordati ad elica di media tensione sono costituiti da cavi unipolari avvolti reciprocamente a spirale, quindi la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di 3 μT, anche

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW  
nelle condizioni di "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm)  
dall'asse del cavo stesso.

I calcoli sono comunque stati effettuati considerando la semplice posa a trifoglio, ipotesi a favore della sicurezza.

#### 5.5.1 Caso con n.2 terne di cavi AT interrati di sezione 630 mm<sup>2</sup>

Rappresenta il caso peggiore che si potrebbe verificare all'esterno dell'impianto fotovoltaico lungo i due piccoli tratti a monte e a valle della linea aerea in cavo.

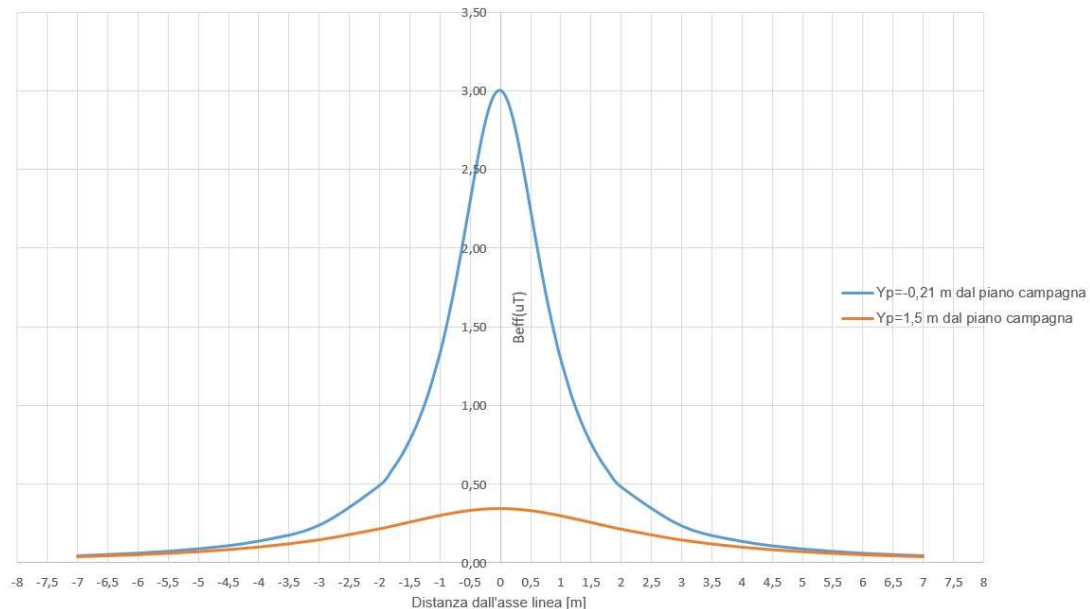
Per i dati elettrici si sono usati i seguenti valori:

- Portata massima del cavo, come da specifiche e-distribuzione: 1200 A
- Sezione cavo: 2x630 mm<sup>2</sup>
- Profondità di posa 1,1 m

Applicando le formule su descritte e con i dati in nostro possesso, si è calcolata, come da norma, il profilo dell'induzione magnetica ad 1,5 m ( $Y_p=1,5$  m) dal suolo (zona di influenza media sul corpo umano), come si evince dal grafico riportato di seguito l'induzione è di gran lunga al disotto dei 3  $\mu$ T. Inoltre sul grafico è stato riportato il profilo dell'induzione magnetica con  $Y_p=-21$  cm. Tale profilo ci fa vedere che i valori dei 3  $\mu$ T si hanno in corrispondenza dell'asse del cavidotto ad una profondità di 21 cm al disotto del suolo, zona che non interferisce con attività umane al disopra del piano campagna.



RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW



**Profilo dell'induzione magnetica calcolata a Yp=1,5 m di altezza dal suolo e a 21 cm sotto il piano campagna.**  
Sezione cavo 630 mm<sup>2</sup>, corrente nominale 1200A. Si nota come le ipotesi assunte per il calcolo siano addirittura conservative.

Alla luce di quanto esposto, e a vantaggio di sicurezza si ritiene comunque di adottare una fascia di rispetto indicata da e-distribuzione pari alla DPA **0,7 m**. Per tutto il tracciato dell'elettrodotto, in tale fascia, non sono presenti lungo adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere, Come abitazioni, asili ecc.

## 6. CONCLUSIONI

A seguito delle valutazioni preventive eseguite, tenendo sempre conto delle dovute approssimazioni conseguenti alla complessità geometrica della sorgente emissiva, si presume che l'opera proposta, per le sue caratteristiche emissive e per l'ubicazione scelta, sarà conforme alla normativa italiana in tema di protezione della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici, magnetici ed elettrici.

Successivamente alla realizzazione ed entrata in esercizio dell'impianto, il rispetto dei limiti di esposizione, se necessario, potrà essere verificato e confermato con misure dirette in campo.

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO (DPA)  
Costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico denominato "Salandra",  
sito nel comune di Salandra (MT) in Contrada Bradanelli snc,  
e delle opere connesse ed infrastrutture  
indispensabili per la connessione alla rete di trasmissione nazionale,  
potenza nominale pari a 70.000,00 kW e potenza moduli pari a 70.257,60 kW

Taranto, novembre 2022

Il Tecnico

ING. DI SANTO FRANCESCO

ORDINE INGEGNERI PROVINCIA TARANTO	
Dott. Ing. <b>DI SANTO Francesco</b> n° 2254	Sezione A Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione

*Francesco Di Santo*