



Procedimento di Valutazione Impatto Ambientale ex art. 23 D.Lgs. 152/2006  
e Autorizzazione Unica ex art. 12 D.Lgs. 387/2003

**Progetto Parco Solare Fotovoltaico**  
**Calapricello**  
**Comune di Taranto (TA)**  
**Relazione Campi Elettromagnetici**

**REDATTO DA / WRITTEN BY**

Maurizio Vanti

**APPROVATO DA / APPROVED BY**

Marco Giannettoni

<b>REVISIONE</b>	<b>N°</b>	<b>DATA/DATE</b>
Prima Emissione	00	Luglio 2022

## Indice

<b>1. Scopo del documento</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Riferimenti normativi e standard</b> .....	<b>4</b>
<b>3. Compatibilità elettromagnetica</b> .....	<b>5</b>
<b>4. Quadro normativo</b> .....	<b>6</b>
<b>5. Valutazione del Campo Elettromagnetico</b> .....	<b>10</b>
5.1 Campo Magnetico .....	10
5.1.1 Elementi da analizzare .....	10
5.1.2 Parco fotovoltaico .....	10
5.1.3 Convertitori DC/AC .....	10
5.1.4 Quadri MT a 30 kV .....	10
5.1.5 Trasformatori MT/BT .....	10
5.1.6 Linee in cavo interrate a 30 kV .....	11
5.1.7 Cabina principale MT a 30 kV .....	14
5.1.8 Trasformatore AT/MT e stallo a 150 kV .....	14
5.1.9 Linea in cavo interrata a 150 kV .....	16
5.2 Campo Elettrico .....	19
<b>6. Conclusioni</b> .....	<b>20</b>

## 1. Scopo del documento

Il presente documento è finalizzato alla valutazione di impatto e compatibilità dei campi elettromagnetici che saranno determinati dall'esercizio della nuova centrale fotovoltaica in progetto da **70,48 MWp**, denominata "**Calapricello**" da realizzarsi presso **Strada vicinale Pulsano - Monacizzo** nel comune di **Taranto** e collegato in antenna a 150 kV alla Cabina Primaria "Lizzano" di e-distribuzione.

La valutazione di compatibilità elettromagnetica è stata effettuata sia per la centrale fotovoltaica vera e propria che per tutte gli impianti di utenza per l'interconnessione che includono il cavidotto 30 kV, la stazione di elevazione "Step-Up" 150/30 kV posta in adiacenza alla Cabina Primaria "Lizzano" di e-distribuzione, il breve cavidotto a 150 kV che collega la stazione di elevazione con la suddetta CP.

Come illustrato nel dettaglio nei paragrafi seguenti, si anticipa che la realizzazione della nuova centrale fotovoltaica in esame non comporterà rischi per la salute della popolazione e dei lavori dovuti ai campi elettromagnetici.

## 2. Riferimenti normativi e standard

Rif.	Documento	Descrizione
[1]	D.M. 5 agosto 1988	Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione esecuzione delle linee elettriche aeree esterne
[2]	Linee guida ICNIRP 1988	Limitazione esposizione CEM
[3]	Raccomandazione Consiglio dell'U.E. 12 luglio 1999	Quadro protezione della popolazione dai CEM
[4]	Legge quadro 36/2001	Identificazione livelli di esposizione (art.3)
[5]	D.P.C.M. 08 luglio 2003	Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità
[6]	Sentenza 7 ottobre 2004 Corte Costituzione	Illegittimità leggi regionali in materia di tutela dai CEM
[7]	D.M. 29 maggio 2008	Metodologia di calcolo delle fasce di rispetto

Rif.	Documento	Descrizione
[1]	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
[2]	CEI 211-4	Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati dalle linee e da stazioni elettriche
[2]	CEI 11-60	Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione > 100 kV
[3]	CEI EN 50341-1	Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in corrente alternata Parte 1: Prescrizioni generali - Specifiche comuni
[4]	CEI EN 50341-2-13	Linee elettriche aeree con tensione superiore a 1 kV in c.a. Parte 2-13: Aspetti Normativi Nazionali (NNA) per l'Italia (basati sulla EN 50341-1:2012)

### 3. Compatibilità elettromagnetica

I campi elettromagnetici sono costituiti da campo elettrici ( $\vec{E}$ ) e campi magnetici ( $\vec{H}$ ) che interagiscono tra loro. Sono caratterizzati da una frequenza  $f$  (misurata in Hertz [Hz]) e da una lunghezza d'onda  $\lambda$  (misurata in metri [m]) e si propagano alla velocità della luce.

Tuttavia, nel caso di campi elettromagnetici con frequenze minori di 300 Hz (Extremely Low Frequency – EMF) e con variazioni di tensione non significative, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in maniera indipendente e pertanto possono essere valutati separatamente.

Il **campo elettrico**  $\vec{E}$  può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica. Si tratta quindi di una grandezza vettoriale che, in ogni punto di una data regione di spazio, rappresenta il rapporto fra la forza esercitata  $\vec{F}$  su una carica elettrica  $q$  di prova ed il valore della carica medesima.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

L'unità di misura del campo elettrico è il Volt per metro [V/m]. L'intensità del campo elettrico è proporzionale alla tensione della sorgente ed è massima vicino alla sorgente stessa e diminuisce con la distanza.

Il campo elettrico è facilmente schermabile da parte di materiali quali legno o metalli, ma anche alberi o edifici.

Il **campo magnetico**  $\vec{H}$  può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale generata dal moto di una carica elettrica (ovvero una corrente) o da un campo elettrico variabile nel tempo o dalla presenza di un magnete. Il campo magnetico è quindi una quantità vettoriale pari al rapporto tra l'induzione magnetica  $\vec{B}$  e la permeabilità magnetica  $\mu$  che caratterizza le proprietà magnetiche del mezzo che attraversa il campo magnetico.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$$

L'intensità del campo magnetico si misura in Ampere al metro [A/m] ma è spesso espressa in termini dell'induzione magnetica Tesla [T], considerando a fini pratici la permeabilità magnetica come una costante essendo tale valore non significativamente variabile da un mezzo all'altro. L'intensità del campo magnetico è proporzionale alla corrente che scorre nella sorgente ed è massima nei pressi della sorgente e diminuisce con la distanza. Il campo magnetico è difficilmente schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune (li attraversa facilmente).

Considerando le caratteristiche delle grandezze in gioco dell'impianto fotovoltaico in esame (tensioni fino a 15 kV e frequenza 50 Hz), i campi elettrici e magnetici, come già accennato, saranno da valutarsi separatamente poiché disaccoppiati.

## 4. Quadro normativo

Il riferimento di legge in materia dei campi elettromagnetici è la **Legge del 22 febbraio 2001, n.36** “*Legge quadro sulla protezione dell’esposizione a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici*”, pubblicata sulla GU n.55 del 7 marzo 2001.

La Legge citata ha lo scopo di dettare i principi fondamentali diretti a:

- a) **assicurare la tutela della salute** dei lavoratori, delle lavoratrici e della popolazione dagli effetti dell’esposizione a determinati livelli di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici;
- b) **assicurare la tutela dell’ambiente e del paesaggio** e promuovere l’innovazione tecnologica e le azioni di risanamento volte a minimizzare l’intensità e gli effetti dei campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici secondo le migliori tecnologie disponibili.

Inoltre la Legge definisce le competenze di Stato, Regioni, Province, e Comuni in materia di campi elettromagnetici, e rimanda per la definizione dei limiti di esposizione per la popolazione al **Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 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*” (pubblicato su GU n.200 del 29-8-2003).

In merito ai limiti di esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici a 50 Hz il **D.P.C.M. 8 luglio 2003** recita:

### **Art.3 - Limiti di esposizione e valori di attenzione**

1. Nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il limite di esposizione di 100  $\mu$ T per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci.
2. A titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il valore di attenzione di 10  $\mu$ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

### **Art.3 – Obiettivi di qualità**

1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Nella seguente tabella si riassumono i valori relativi ai parametri riportati nel **D.P.C.M. 8 luglio 2003**:

Normativa	Limiti previsti	Campo magnetico [ $\mu\text{T}$ ]	Campo elettrico [kV/m]
DPCM 08/07/2003	Limite di esposizione	100	5
	Valori di attenzione (24 h di esposizione)	10	-
	Obiettivo di qualità	3	-

Per quanto attiene ai campi elettrici e magnetici in corrente continua (frequenza 0 Hz), occorre fare riferimento alla **Raccomandazione del Consiglio del 12 luglio 1999 (direttiva 1999/159/CE) relativa alla limitazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 Hz**.

La direttiva (che recepisce la pubblicazione ICNIRP) indica, nell'Allegato III, i "Livelli di riferimento" espressi in funzione della frequenza **f**:

Intervallo di frequenza [Hz]	Campo elettrico E [V/m]	Campo magnetico B [ $\mu\text{T}$ ]
0 - 1	-	40.000
1 - 8	10.000	40.000/f
8 - 25	10.000	5.000/f
25 - 800	250/f	5.000/f (100 $\mu\text{T}$ a 50 Hz)
800 - 3000	250/f	6,25

Il limite per la frequenza industriale (50 Hz) risulta pari a 100  $\mu\text{T}$ , identico al valore identificato dal **D.P.C.M. 8 luglio 2003** per gli elettrodotti.

La direttiva non si applica ai lavoratori esposti professionalmente ai campi EM, per i quali rinvia al documento ICNIRP "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 Ghz)" che riporta i seguenti valori:

**Table 6.** Reference levels for occupational exposure to time-varying electric and magnetic fields (unperturbed rms values).<sup>a</sup>

Frequency range	E-field strength ( $\text{V m}^{-1}$ )	H-field strength ( $\text{A m}^{-1}$ )	B-field ( $\mu\text{T}$ )	Equivalent plane wave power density $S_{\text{eq}}$ ( $\text{W m}^{-2}$ )
up to 1 Hz	—	$1.63 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	—
1–8 Hz	20,000	$1.63 \times 10^5 f f^2$	$2 \times 10^5 f f^2$	—
8–25 Hz	20,000	$2 \times 10^4 f f$	$2.5 \times 10^4 f f$	—
0.025–0.82 kHz	$500/f$	$20/f$	$25/f$	—
0.82–65 kHz	610	24.4	30.7	—
0.065–1 MHz	610	$1.6/f$	$2.0/f$	—
1–10 MHz	$610/f$	$1.6/f$	$2.0/f$	—
10–400 MHz	61	0.16	0.2	10
400–2,000 MHz	$3f^{1/2}$	$0.008f^{1/2}$	$0.01f^{1/2}$	$f/40$
2–300 GHz	137	0.36	0.45	50

Si osserva che in corrente continua il limite di campo elettrico non è definito, mentre l'induzione magnetica massima è pari a 200 mT, pari a 5 volte il valore massimo accettabile per la popolazione.

Riassumendo quindi gli obiettivi che vengono posti al progetto della Centrale Fotovoltaica di "Calapricello" sono:

	Campo elettrico E [V/m]		Campo magnetico B [ $\mu$ T]	
	DC	AC (50 Hz)	DC	AC (50 Hz)
popolazione	-	5.000	40.000	3 (obiettivo qualità)
lavoratori	-	10.000	200.000	500

Al fine di dare seguito operativo alla verifica ed al perseguimento degli obiettivi fissati, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha emanato nel maggio 2008 il **Decreto Ministeriale 29 maggio 2008** "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti" (GU n. 156 del 5-7-2008 - Suppl. Ordinario n.160).

Lo scopo della metodologia indicata nel Decreto è quello di fornire una precisa procedura da adottare al momento della determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee aeree ed interrato esistenti ed in progetto, aiutando così le amministrazioni territoriali nella stesura dei piani strutturali, e anche nelle valutazioni di impatto ambientale degli elettrodotti.

Il **D.M. 29/05/2008** indica che la metodologia si applica a tutti gli elettrodotti esistenti o in progetto, con linee interrate o aeree, ad esclusione delle seguenti:

- linee esercite a frequenze diverse da 50 Hz (esempio linee ferroviaria a 3 kV);
- linee di classe zero secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (quali linee telefoniche, segnalazione e comando a distanza, etc.);
- linee di prima classe secondo il Decreto interministeriale 21/03/88 (ovvero linee con tensione nominale inferiore a 1 kV e linee in cavo per illuminazione pubblica con tensione inferiore a 5 kV);
- linee MT in cavo cordato ad elica (interrate o aeree).

In questi casi le fasce hanno infatti ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal decreto 449/88 stesso e dal successivo DM 16/01/91.

Dall'allegato al Decreto si ricavano in particolare le seguenti definizioni:

*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*. Come prescritto dall'articolo 4, comma 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 ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

*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 di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.



**Il Decreto prevede in sostanza che per ogni elettrodotto o impianto esistente o in progetto, si verifichi il rispetto della distanza di prima approssimazione** (calcolata con un metodo semplificato basato su modelli bi-dimensionali) **rispetto ad edifici** (o luoghi destinati alla permanenza di persone non inferiore alle 4 ore giornaliere) **siano essi esistenti o in progetto.**

**Qualora la DPA sia rispettata, non sono richieste ulteriori analisi.**

Se la DPA (che si estende oltre la distanza di rispetto) non risulta rispettata, è in generale necessario procedere al calcolo delle distanze di rispetto con l'impiego di modelli di calcolo tridimensionali, fatta eccezione per le configurazioni particolari individuate dal Decreto stesso.

## 5. Valutazione del Campo Elettromagnetico

### 5.1 Campo Magnetico

#### 5.1.1 Elementi da analizzare

La Centrale fotovoltaica può essere divisa nelle seguenti sezioni elettro-magneticamente distinte:

- parco fotovoltaico costituito da moduli fotovoltaici e cablaggi DC,
- power-station equipaggiate con:
  - o convertitori ossia inverter DC/AC;
  - o trasformatori BT/MT (5.000 kVA),
  - o quadri MT,
- linee in cavo interrate a 30 kV,
- cabina principale MT a 30 kV,
- trasformatore 150/30 kV (65.000 kVA),
- stallo AT a 150 kV,
- linea in cavo interrato a 150 kV.

#### 5.1.2 Parco fotovoltaico

Il parco fotovoltaico è caratterizzato da correnti continue variabili da pochi Ampere (corrente di modulo) a circa 1000 A (corrente di campo fotovoltaico). In tutti i casi la distribuzione è realizzata con i due conduttori -positivo/negativo- posati adiacenti, all'interno dello stesso tubo o passerella. **Il campo magnetico risultante è quindi mediamente nullo per effetto della cancellazione attuata tra le due polarità (posa twistata).**

#### 5.1.3 Convertitori DC/AC

I convertitori (inverter DC/AC) sono apparecchiature racchiuse entro quadri metallici e pertanto presentano **emissioni all'esterno praticamente trascurabili**. I fornitori dei convertitori certificano inoltre queste apparecchiature affinché siano conformi a tutte le normative applicabili che prevedono, tra le altre cose, l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni e le ridotte emissioni sia radiate che condotte.

#### 5.1.4 Quadri MT a 30 kV

I Quadri MT sono apparecchiature racchiuse entro quadri metallici e pertanto presentano **emissioni all'esterno praticamente trascurabili**.

#### 5.1.5 Trasformatori MT/BT

Il D.M. del 29/05/2008 stabilisce che la DPA dei trasformatori BT/MT è determinata utilizzando la seguente relazione:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

*DPA*    distanza di prima approssimazione [m]  
*I*        corrente nominale lato BT del trasformatore [A]  
*x*        diametro dei cavi lato BT [m]

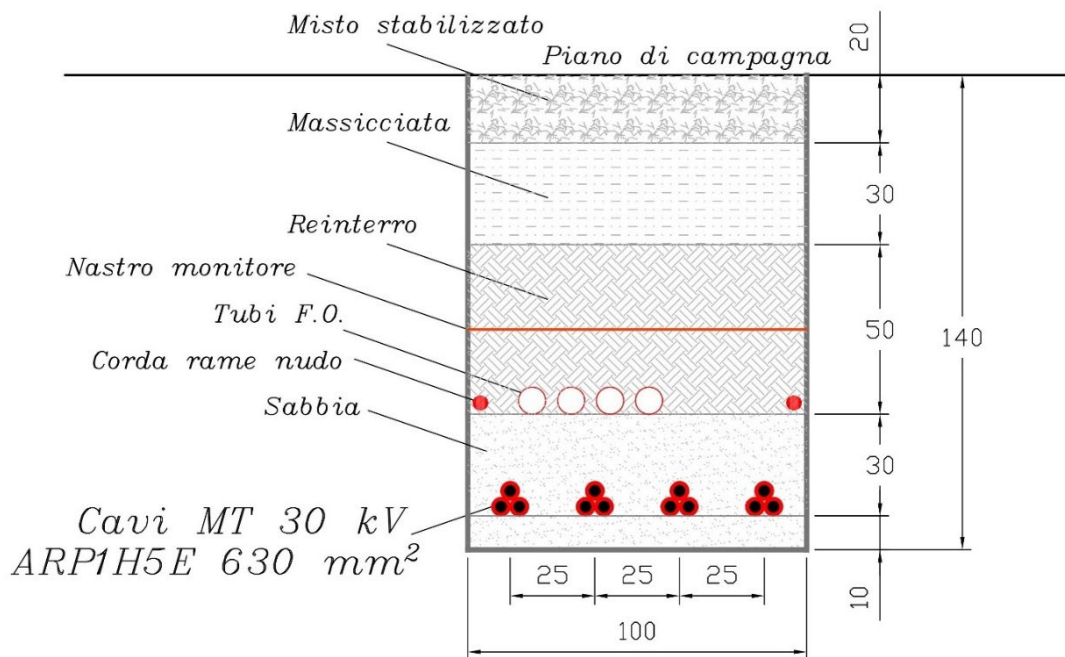
Considerando che trasformatori in oggetto hanno una potenza nominale di 5.000 kVA ed una tensione nominale lato BT di 550 V, la corrente nominale lato BT risulta essere pari a 5.250 A. Assumendo conservativamente che il diametro dei cavi lato BT sia pari a 35 mm, si ottiene una DPA approssimata per eccesso pari a 5,5 m.

Si tratta di un valore fortemente cautelativo in quanto sia perché viene applicato al perimetro esterno della cabina ossia in questo caso della power-station, sia perché il campo magnetico realmente presente sarà fortemente attenuato dalla presenza degli involucri metallici e della stessa struttura della power-station.

**In tutti i casi la DPA riferita alle power-station ricade all'interno del perimetro dell'impianto fotovoltaico e coinvolge aree nelle quali non è prevista la permanenza di persone per periodi significativi. In nessun caso ricadono all'interno della DPA aree ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno**

### 5.1.6 Linee in cavo interrato a 30 kV

Quattro dorsali a 30 kV collegano le 14 power-station dell'impianto con la stazione di elevazione "Step-Up" sita in adiacenza alla C.P. di "Lizzano". Queste dorsali sono costituite da quattro terne di cavi unipolari posati a trifoglio e direttamente interrati, con conduttore in alluminio isolato in elastomero termoplastico ARP1H5E 18/30 kV ed avente una sezione di 630 mm<sup>2</sup> (vedi Figura 1).



**Figura 1: Sezione di posa di linea con cavo interrato a 30 kV**

Le dorsali costituiscono l'elettrodotto che collega la centrale fotovoltaica con la stazione di elevazione, tale elettrodotto è lungo circa 3.900 m ed è interamente realizzato al di sotto di strade esistenti o, nell'ultimo tratto, al di sotto di un tratto di strada che verrà realizzato a fini di servizio della stazione di elevazione.

Il resto della rete a 30 kV si svilupperà, sempre con le stesse modalità di posa, all'interno della centrale fotovoltaica per collegare tra di loro le power-station ed all'interno della stazione di elevazione per collegare la cabina principale MT ed il trasformatore AT/MT.

Il DPCM 8 luglio 2003 stabilisce che la corrente da utilizzare nel calcolo del campo di induzione magnetica è la portata in corrente di servizio normale. Relativamente alle linee in cavo, il DM 29 maggio 2008 specifica che tale valore è dato dalla portata in regime permanente come definito dalla norma CEI 11-17.

La portata nominale di un cavo da 630 mm<sup>2</sup> in alluminio, isolato a 30 kV e direttamente interrato con  $\rho = 1^\circ\text{C m/W}$  è pari a 752 A da catalogo. A questo valore, vanno applicate i seguenti coefficienti correttivi definiti in base alle modalità di posa:

- profondità di posa pari a 1,30 m  $k_p = 0,96$
- terreno o sabbia scarsamente umidi  $k_t = 0,85$
- conduttori in parallelo direttamente interrati in posa a trifoglio a distanza di 25 cm
  - 4 conduttori in parallelo  $k_f = 0,72$
  - 3 conduttori in parallelo  $k_f = 0,76$
  - 2 conduttori in parallelo  $k_f = 0,86$
  - 1 conduttore singolo  $k_f = 1,00$

sulla base di questi dati è possibile identificare la portata di regime permanente complessiva per le diverse sezioni del cavidotto in media tensione in funzione del numero di conduttori in parallelo:

$$I_{sez4} = (4 \cdot 752) \cdot 0,96 \cdot 0,85 \cdot 0,72 = 1.768 \text{ A}$$

$$I_{sez3} = (3 \cdot 752) \cdot 0,96 \cdot 0,85 \cdot 0,76 = 1.400 \text{ A}$$

$$I_{sez2} = (2 \cdot 752) \cdot 0,96 \cdot 0,85 \cdot 0,86 = 1.056 \text{ A}$$

$$I_{sez1} = (1 \cdot 752) \cdot 0,96 \cdot 0,85 \cdot 1,00 = 614 \text{ A}$$

Si utilizza come riferimento ai fini del calcolo della DPA la sezione più gravosa, ossia quella con quattro conduttori in parallelo aventi una corrente di regime permanente complessiva pari a 1.768 A (442 A su ciascun conduttore).

Nella realtà la potenza complessiva erogabile dall'impianto di generazione fotovoltaica è limitata a 75 MVA dal limite di potenza in immissione in rete definito dalla TICA e dalla potenza complessiva installata sia in termini di inverter DC/AC che dei trasformatori MT/BT e AT/MT. Questo implica che la corrente massima che potrà circolare nell'elettrodotto non supererà mai il valore dato dalla seguente relazione:

$$I_{max} = \frac{A}{V_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{75.000.000}{30.000 \cdot \sqrt{3}} = 1.444 \text{ A}$$

ossia pari 361 A per ciascun conduttore. Il valore di 442 A utilizzato per calcolare la DPA risulta essere quindi ampiamente cautelativo.

Figura 2 riporta i valori del campo di induzione magnetica calcolato in maniera conforme a quanto previsto dalla CEI 106-11 nel caso della linea MT in progetto con quattro conduttori MT in parallelo alla corrente di regime permanente dei cavi. Figura 3 riporta i valori del campo di induzione magnetica calcolato per quattro conduttori MT in parallelo alla corrente massima ammissibile sui cavi in base alle limitazioni fissate dalla TICA e dalla potenza delle apparecchiature installate

Sulla base dei valori di campo di induzione magnetica riportati in Figura 2 e riferiti alla condizione più gravosa di corrente di regime permanente, è possibile osservare come, in ottemperanza al D.P.C.M. 8 luglio 2003 e al D.M. 29 maggio 2008:

- il limite di legge dei 100  $\mu\text{T}$  sia sempre rispettato a livello del terreno;
- il limite di legge dei 10  $\mu\text{T}$  sia sempre rispettato a livello del terreno;

la DPA ai fini del rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  sia approssimabile per eccesso a 2,5 m

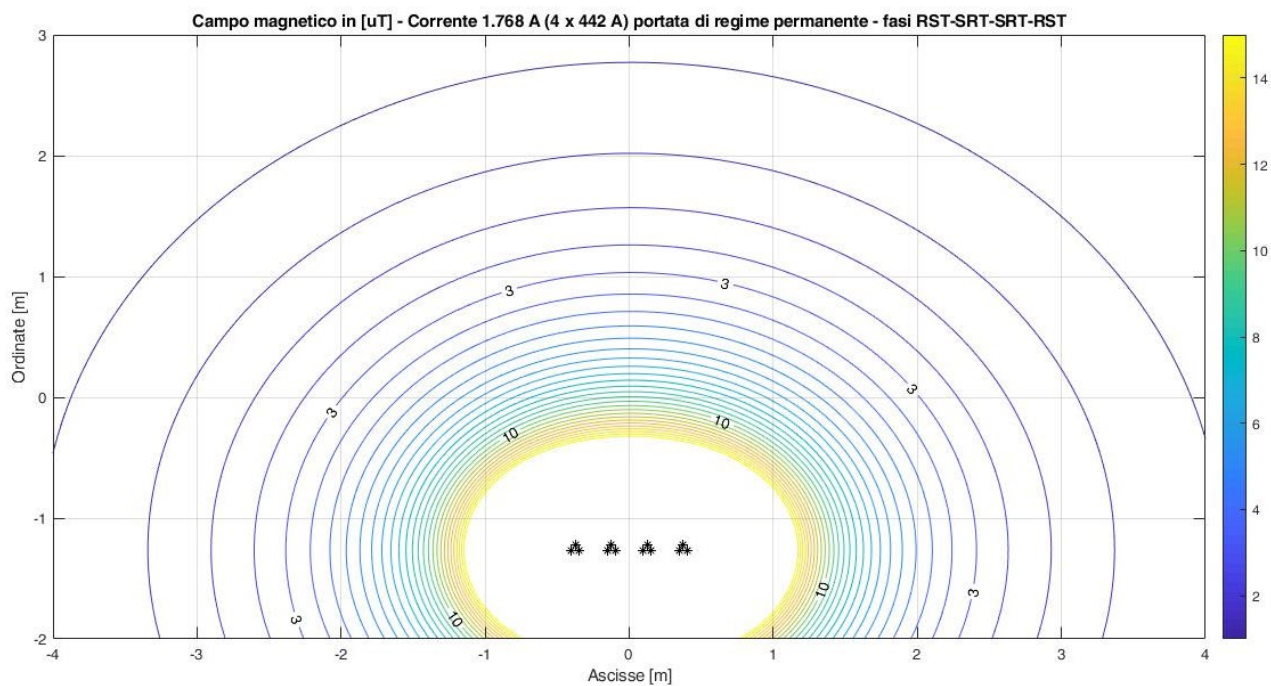


Figura 2: Campo di induzione magnetica cavidotto MT 30 kV alla portata di regime permanente

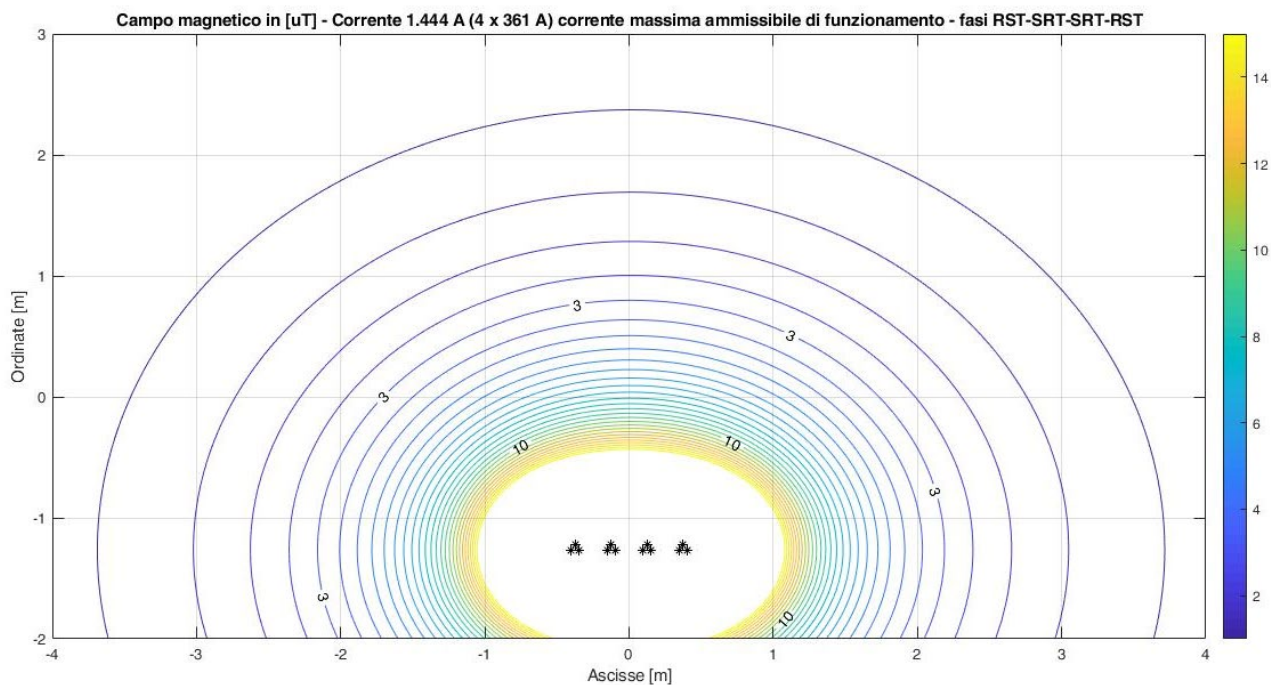


Figura 3: Campo di induzione magnetica cavidotto MT 30 kV alla corrente massima ammissibile

Individuato il valore della DPA è possibile concludere che:

- **L'elettrodotto che collega la centrale fotovoltaica con la stazione di elevazione è realizzato, per l'intera sua lunghezza, al di sotto della viabilità stradale ed all'interno di un'area agricola sostanzialmente disabitata, per cui, lungo tutto il suo percorso, non sono presenti all'interno della DPA ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno.**
- **Le linee in cavo interrate a 30 kV all'interno della centrale fotovoltaica e della stazione di elevazione hanno una DPA che ricade interamente all'interno del perimetro recintato e comunque coinvolge aree per le quali non è presumibile la permanenza di persone per periodi significativi.**

### **5.1.7 Cabina principale MT a 30 kV**

La Cabina principale di Media Tensione è realizzata all'interno della stazione di elevazione sita in adiacenza alla CP "Lizzano" ed è costituita da:

- Cavidotto MT in ingresso dall'esterno,
- Cavidotto MT in uscita verso il trasformatore AT,
- Quadri MT,
- Trasformatore di alimentazione degli ausiliari da 100 kVA.

Dal punto di vista del campo di induzione magnetica generato, il comportamento di questi componenti è il seguente:

- I cavidotti in ingresso ed uscita dalla Cabina MT rientrano in quanto già descritto nel paragrafo 5.1.6.
- I Quadri MT sono apparecchiature racchiuse entro quadri metallici e pertanto presentano emissioni all'esterno praticamente trascurabili.
- In conformità a quanto stabilito nel paragrafo 5.2.1 del DM 29 maggio 2008, i trasformatori MT/BT fino a 250 kV hanno una DPA massima di 1,5 m.

**La Cabina principale di MT è realizzata all'interno della stazione di elevazione, sita a sua volta all'interno di un'area agricola e disabitata dove non è presumibile la presenza di persone per tempi significativi. In nessun caso ricadono all'interno della DPA aree ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno.**

### **5.1.8 Trasformatore AT/MT e stallo a 150 kV**

La stazione di elevazione è equipaggiata con un trasformatore da 65 MVA 150/30 kV collegato ad uno stallo di arrivo linea a 150 kV dedicato al cavidotto AT che collega in antenna l'impianto con la CP di "Lizzano". La DPA relativa al trasformatore viene ritenuta, come da pratica utilizzata da e-distribuzione per le sue CP, analoga a quella dei conduttori dello stallo AT.

Il DPCM 8 luglio 2003 stabilisce che la corrente da utilizzare nel calcolo del campo di induzione magnetica è la portata in corrente di servizio normale. Relativamente alle linee aeree con tensione superiore ai 100 kV, il DM 29 maggio 2008 specifica che tale valore è dato dalla portata di corrente in servizio normale come definito dalla norma CEI 11-60, che per i conduttori a 132÷150 kV è stabilito essere pari a 870 A.

Nella realtà la potenza complessiva erogabile dall'impianto di generazione fotovoltaica è limitata a 75 MVA dal limite di potenza in immissione in rete definito dalla TICA e dalla potenza complessiva installata sia in termini di inverter DC/AC che dei trasformatori MT/BT e AT/MT; questo implica che la corrente massima che potrà circolare nella sezione AT dell'impianto non supererà mai il valore dato dalla seguente relazione:

$$I_{max} = \frac{A}{V_n \cdot \sqrt{3}} = \frac{75.000.000}{150.000 \cdot \sqrt{3}} = 288 \text{ A}$$

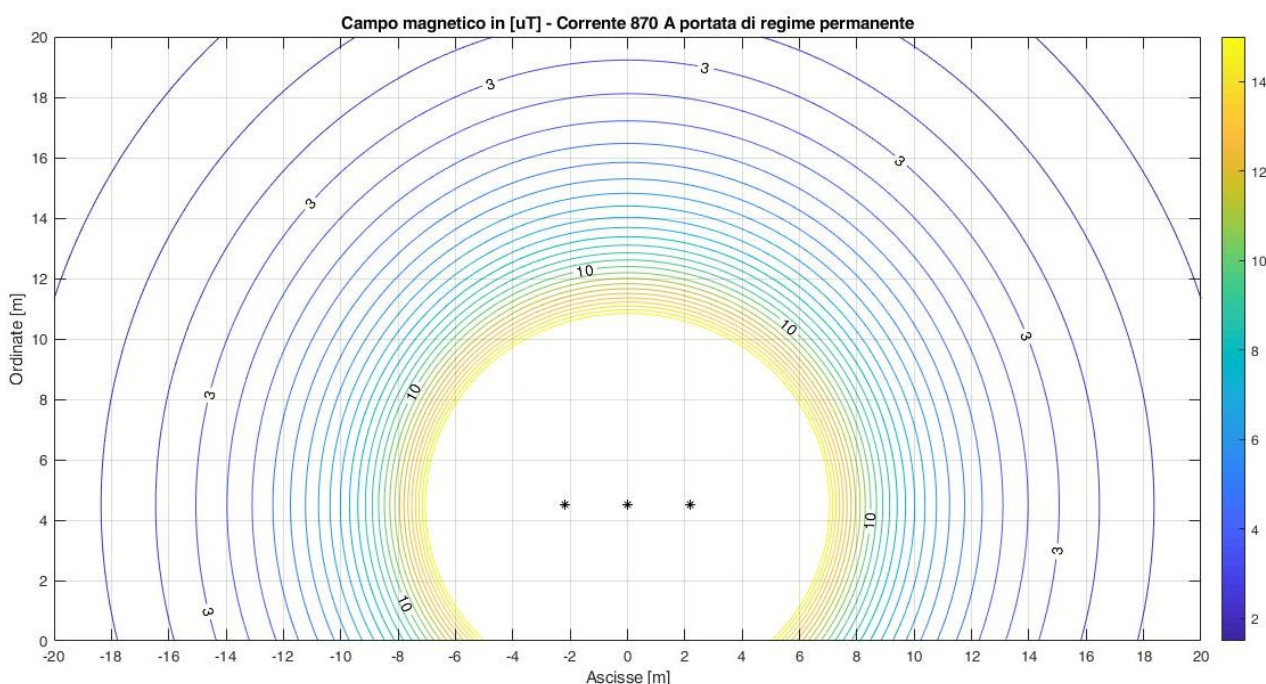
Il valore di 870 A utilizzato per calcolare la DPA risulta essere quindi ampiamente cautelativo.

Figura 4 riporta i valori del campo di induzione magnetica calcolato in maniera conforme a quanto previsto dalla CEI 106-11 nel caso di uno stallo AT con distanza tra conduttori pari a 2,20 m e quota sul terreno di 4,5 m percorsi dalla corrente di servizio normale per gli impianti a 150 kV definita dalla CEI 11-60. Figura 5 riporta i valori del campo di induzione magnetica calcolato per lo stesso stallo AT percorso dalla corrente massima ammissibile sui cavi in base alle limitazioni fissate dalla TICA e dalla potenza delle apparecchiature installate (in primis la taglia del trasformatore AT/MT).

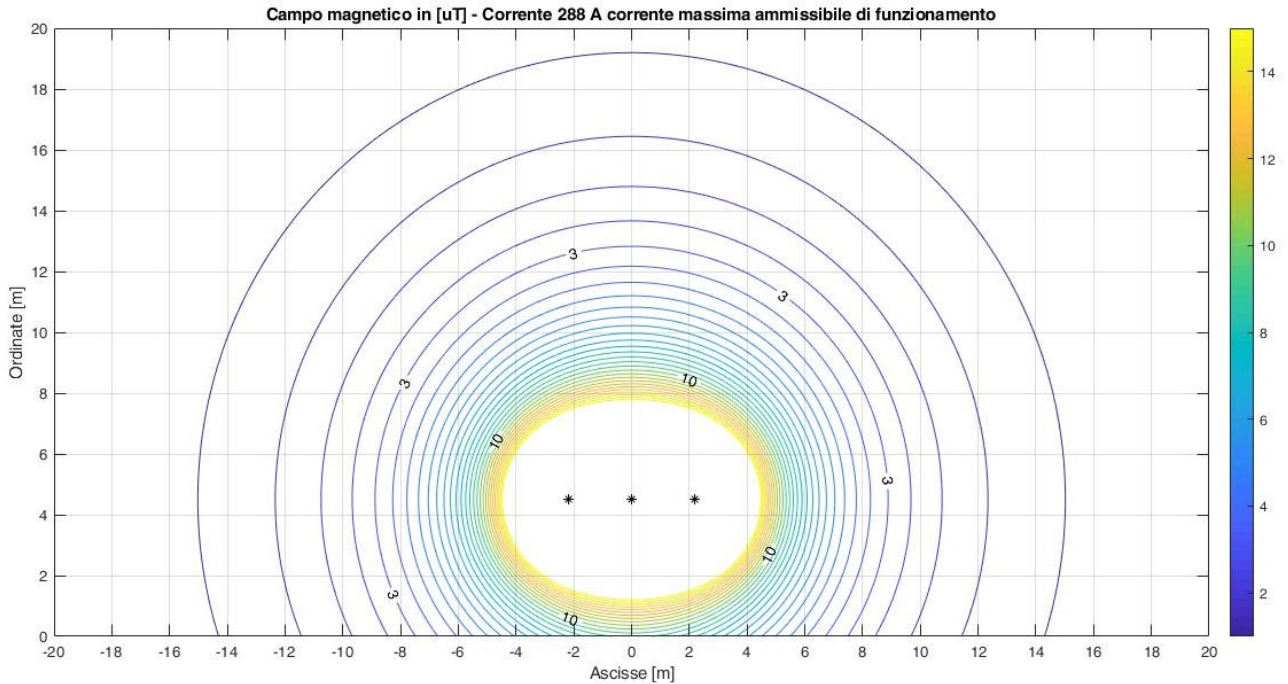
Sulla base dei valori di campo di induzione magnetica riportati in Figura 4 e riferiti alla condizione più gravosa di corrente di servizio normale, è possibile osservare come, la DPA ai fini del rispetto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  sia approssimabile per eccesso a 15 m.

**È quindi possibile concludere che il trasformatore e lo stallo AT previsti all'interno della stazione di elevazione sita a sua volta all'interno di un'area agricola e disabitata in cui non è presumibile la presenza di persone per periodi significativi. In nessun caso ricadono all'interno della DPA aree ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno. Inoltre, l'area in cui si raggiunge la soglia di attenzione di 10  $\mu\text{T}$  è interamente compresa all'interno del perimetro della stazione.**

Si segnala inoltre che, nelle condizioni reali di funzionamento riferita alla massima corrente ammissibili in base alla taglia degli impianti installati, la distanza limite per il rispetto del valore di 3  $\mu\text{T}$  di campo di induzione magnetico fissato dall'obiettivo di qualità, ricade interamente all'interno del perimetro della stazione di elevazione.



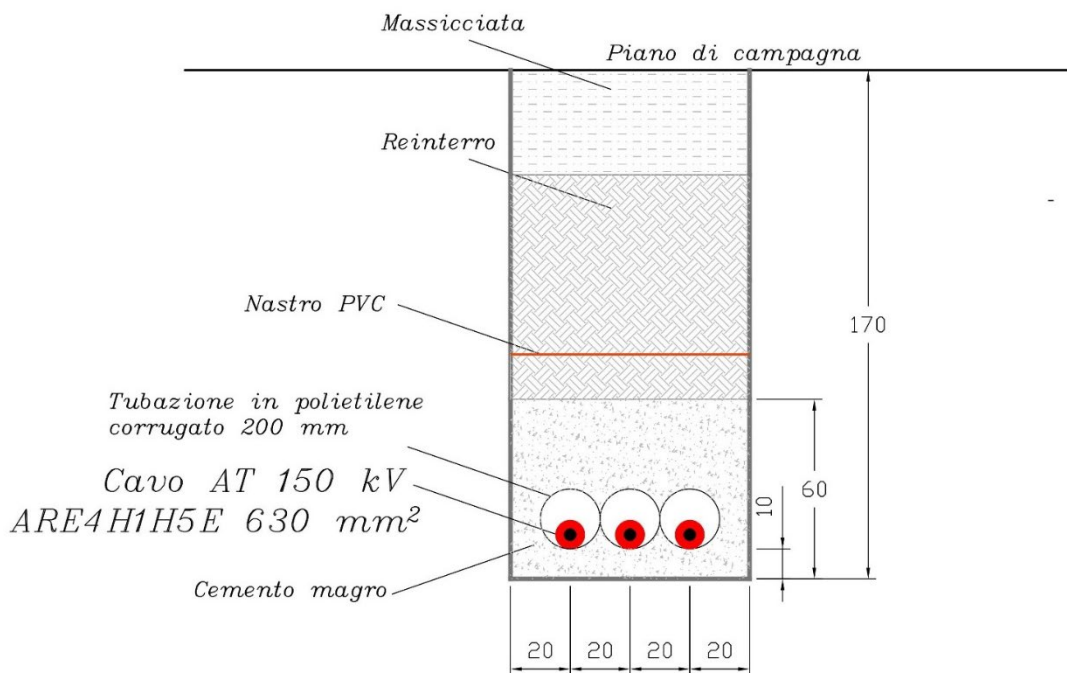
**Figura 4: Campo di induzione magnetica stallo AT 150 kV alla portata di regime permanente**



**Figura 5: Campo di induzione magnetica stallo AT 150 kV alla corrente massima ammissibile**

### 5.1.9 Linea in cavo interrata a 150 kV

Il cavidotto per la connessione in antenna della stazione di elevazione alla CP "Lizzano" è realizzato mediante una linea in cavo interrata a 150 kV della lunghezza complessiva di circa 90 m con una terna di cavi in alluminio isolato in polietilene ARE4H1H5E 87/150 kV codice unificato ENEL DJ4577 della sezione di 630 mm<sup>2</sup> posati in piano all'interno di una tubazione in polietilene (vedi Figura 6).



**Figura 6: Sezione di posa di linea con cavo interrato a 150 kV**



Il DPCM 8 luglio 2003 stabilisce che la corrente da utilizzare nel calcolo del campo di induzione magnetica è la portata in corrente di servizio normale; relativamente alle linee in cavo, il DM 29 maggio 2008 specifica che tale valore è dato dalla portata in regime permanente come definito dalla norma CEI 11-17.

La portata nominale di un cavo da 630 mm<sup>2</sup> in alluminio con isolamento a 90°C, schermi da 95 mm<sup>2</sup> messi a terra e posa interrata in piano è pari a 705A da catalogo. A questo valore, vanno applicate i seguenti coefficienti correttivi definiti in base alle modalità di posa:

- profondità di posa pari a 1,60 m  $k_p = 0,95$
- terreno o sabbia scarsamente umidi  $k_t = 0,84$
- distanza tra i conduttori pari a 20 cm  $k_d = 1,03$
- installazione in tubi separati  $k_f = 0,90$

$$I = 702 \cdot 0,95 \cdot 0,84 \cdot 1,03 \cdot 0,90 = 522 \text{ A}$$

Figura 7 riporta i valori del campo di induzione magnetica calcolato in maniera conforme a quanto previsto dalla CEI 106-11 per linea AT di progetto alla corrente di regime permanente dei cavi. Figura 8 riporta i valori del campo di induzione magnetica calcolato per la stessa linea calcolati alla corrente massima ammissibile sui cavi in base alle limitazioni fissate dalla TICA e dalla potenza delle apparecchiature installate

Sulla base dei valori di campo di induzione magnetica riportati in Figura 7 Figura 2 e riferiti alla condizione più gravosa di corrente di regime permanente, è possibile osservare come la DPA ai fini del rispetto dell'obiettivo di qualità di 3 µT sia approssimabile per eccesso a 4 m

Individuato il valore della DPA è possibile concludere che:

- **L'elettrodotto AT che collega la stazione di elevazione con CP "Lizzano" è realizzato, per l'intera sua lunghezza, all'interno di un'area agricola sostanzialmente disabitata, per cui, lungo tutto il suo percorso, non sono presenti all'interno della DPA ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno né sia prevedibile la presenza di persone per periodi significativi.**
- **Le porzioni di cavidotto all'interno della stazione di elevazione e della CP "Lizzano" hanno una DPA che ricade interamente all'interno dei perimetri recintati e non coinvolge aree per le quali non è presumibile la permanenza di persone per periodi significativi.**

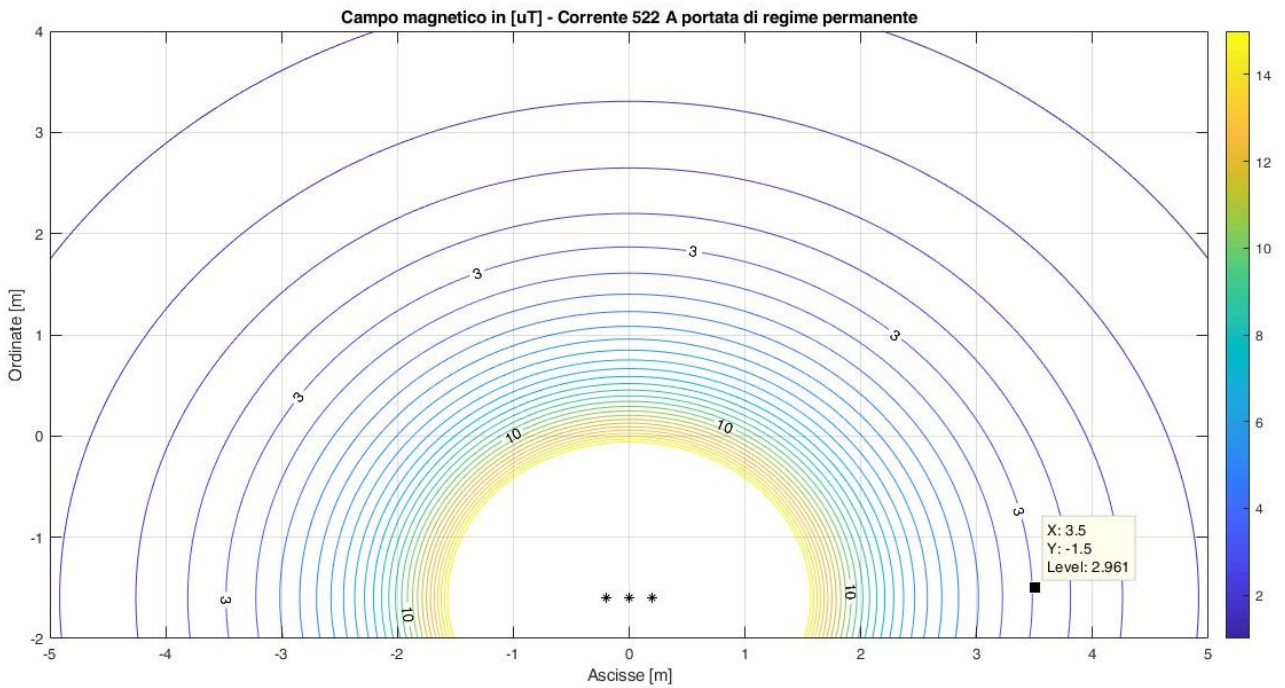


Figura 7: Campo di induzione magnetica linea in cavo interrato AT 150 kV alla portata di regime permanente

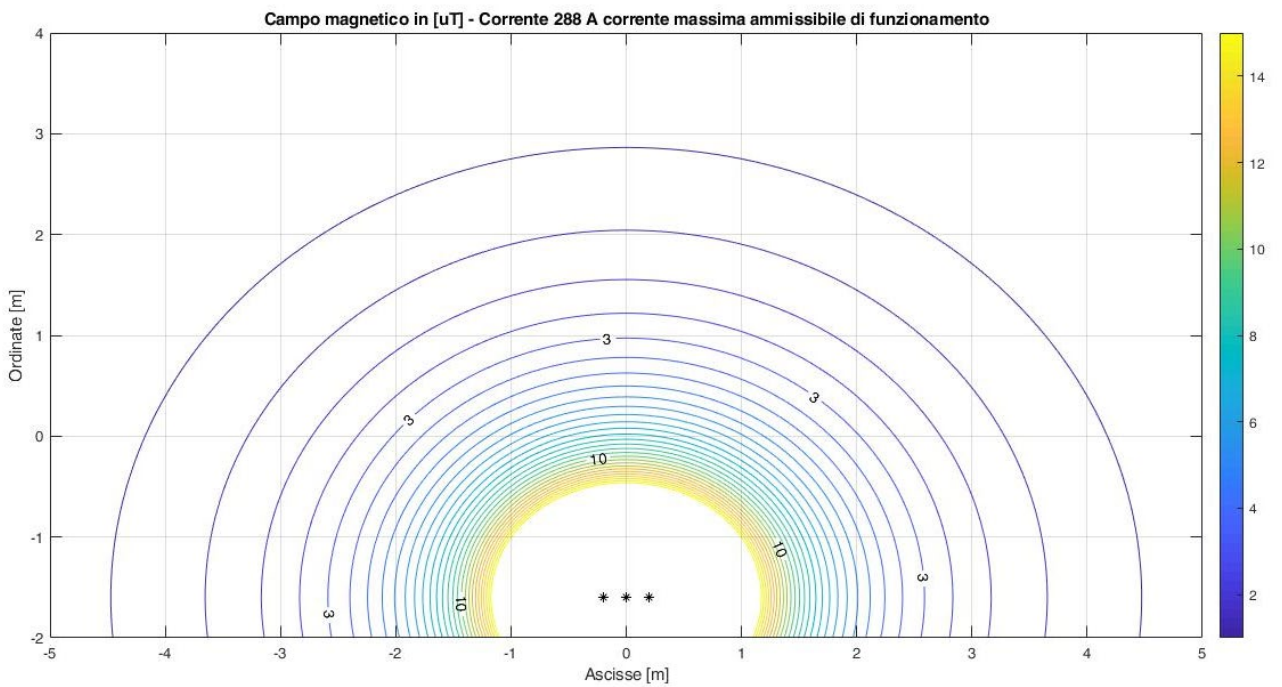


Figura 8: Campo di induzione magnetica linea in cavo interrato AT 150 kV alla corrente massima ammissibile

## 5.2 Campo Elettrico

Le tensioni che caratterizzano la Centrale fotovoltaica in esame sono dell'ordine di:

- qualche centinaio di Volt DC nel parco fotovoltaico;
- 30 kV AC a 50 Hz nelle cabine di conversione contenenti inverter e trasformatori MT/BT, nell'elettrodotto e nella cabina di Media Tensione (MT) della stazione di elevazione;
- 150 kV AC a 50 Hz nel trasformatore MT/AT e nello stallo AT presenti all'interno della stazione di elevazione "Step-Up" e nel cavidotto AT tra quest'ultima e la CP "Lizzano".

Il campo elettrico prodotto da un apparato elettrico o elettronico dipende dal livello di tensione e dalla configurazione geometrica. I campi elettrici a bassa frequenza sono influenzati dalla presenza di oggetti, anche se scarsamente conduttori, come alberi, pareti, abiti, o la stessa pelle. Gli effetti sul corpo umano dei campi elettrici a bassa frequenza sono per questi motivi del tutto trascurabili nelle sezioni BT ed MT.

Anche relativamente alla sezione di impianto a 150 kV le apparecchiature previste e le geometrie dell'impianto di AT sono analoghe a quelle di altri impianti già in esercizio, dove sono state effettuate verifiche sperimentali dei campi elettromagnetici nelle diverse condizioni di esercizio e si è verificato che il valore del campo elettrico scende al di sotto della soglia dei 5 kV/m a pochi metri di distanza dal conduttore. A livello del suolo i valori di campo elettrico risultano sempre inferiori ai limiti di legge.

**Le emissioni di campo elettrico sono quindi non significative.**

## 6. Conclusioni

Gli impianti oggetto della presente relazione sono esclusivamente associabili alla presenza di radiazioni di tipo non ionizzante costituite dal campo elettrico e dal campo magnetico a 50 Hz. I limiti di riferimento per l'esposizione della popolazione a questi campi sono fissati dal D.P.C.M. 8 luglio 2008.

Il campo elettrico presenta valori sempre inferiori al limite di legge di 5 kV/m se non in prossimità dei conduttori AT dove ovviamente non è possibile la presenza di persone.

Il campo magnetico generato non rappresenta un fattore di rischio per la salute umana, in quanto è esclusa, all'interno delle fasce DPA identificate con il presente documento, la presenza di "recettori sensibili" ossia di ambienti abitativi, aree gioco per l'infanzia, scuole o luoghi dove si possa soggiornare per più di 4 ore al giorno. Non solo, a maggior tutela della popolazione, grazie alle soluzioni progettuali adottate, tutti gli impianti sono recintati o realizzati all'interno di aree agricole non abitate o al di sotto di sedi di viabilità stradale, ragion per cui non è presumibile in nessun modo la permanenza di persone per periodi di tempo significativi anche inferiori alle 4 ore.

In considerazione dei valori di campo elettrico e magnetico calcolati non si evidenziano fattori di rischio per i lavoratori, la cui presenza all'interno degli impianti è prevista per altro solo in occasione di manutenzione e controlli e quindi saltuariamente e per periodi di tempo limitati.

**In conclusione, il progetto non evidenzia problematiche di compatibilità elettromagnetica e rispetta tutti i limiti e le prescrizioni di legge applicabili per la tutela della popolazione e dei lavoratori.**

**Per lo studio di compatibilità elettromagnetico relativo ai rinforzi di rete richiesti per la connessione dell'impianto e gli interventi previsti all'interno della CP "Lizzano" si rimanda alla seguente documentazione: "Preventivo per la connessione ed elaborati necessari al rilascio dell'autorizzazione degli impianti di rete per la connessione e elaborati relativi ad impianti di utenza per la connessione".**