

**TERNA S.P.A.**  
**Via Egidio Galbani 70 - 00156 ROMA**

**Realizzazione di opere di connessione alla RTN  
"Brindisi Sud" 380/180 kV di un Impianto  
Fotovoltaico di Potenza pari a 29,925 MW**

**Comune di Brindisi**

**Id. Catastale fg. 177 Brindisi, p.IIa 134**

**Codice Pratica: 201900930**

**Relazione campi elettromagnetici S.E. e cavi**

IDENTIFICAZIONE ELABORATO						
Livello prog.	Codice GOAL	Cod. Elaborato	Tot. fogli	NOME FILE	DATA	SCALA
PD	201900930	REL 01	23	REL. 1 - Relazione campi elettromagnetici S.E. e cavi	Marzo 2021	n.a.
REVISIONI						
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO	
00	Mar 2021	Prima emissione	STC	FC	Stern PV2 S.r.l.	

PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Fabio CALCARELLA  
Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce  
Tel. +39 0832 1796230 - Mob. +39 340 9243575  
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu



GESTORE RETE ELETTRICA

RICHIEDENTE

**Stern PV2 s.r.l.**  
Via Leonardo Da Vinci, 12 - 39100 Bolzano  
C.F. 02925980340  
email. sternpv2srl@pec.it

## **Sommario**

1	Oggetto.....	2
2	Compatibilità Elettromagnetica.....	2
2.1	Riferimenti normativi.....	2
2.2	Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite.....	3
2.3	Campo magnetico .....	4
2.4	Campo elettrico .....	6
3	Fonti di emissione.....	6
3.1	Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti.....	7
3.1.1	Calcolo del campo di induzione elettromagnetica generato dall'elettrodotto esterno di Vettoriamento .....	8
3.2	Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV.....	13
3.2.1	Determinazione della fascia di rispetto .....	14
3.2.2	Cavidotto AT 150 kV .....	17
3.3	Conclusioni e Distanze di prima approssimazione (DPA).....	21
3.3.1	Impianto Fotovoltaico.....	22
3.3.2	Cabina di Smistamento .....	22
3.3.3	Cavidotti MT interni .....	22
3.3.4	Sottostazione Utente (SSE) .....	22

## 1 Oggetto

Scopo del progetto è la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (solare) e di tutte le opere ad esso annesse e necessarie per il collegamento dell'impianto alla Rete di Trasmissione Nazionale gestita da *TERNA S.p.A.*, ed in particolare per il collegamento alla Stazione Elettrica TERNA 150/380 kV "*Brindisi SUD*".

L'impianto avrà una potenza nominale pari a 29.925 kVA e potenza installata pari a 33.468 kWp. Sarà costituito da 66.274 pannelli fotovoltaici in silicio monocristallino da 505 W ognuno, raggruppati in 2.549 stringhe e montati su strutture metalliche ad inseguitori solari monoassiali "*Tracker*" aventi asse di rotazione perpendicolare all'asse Est-Ovest.

L'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico, sarà convogliata, dopo la trasformazione da BT in MT e mediante una linea interrata MT a 30 kV, nella Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV (di nuova costruzione), che sarà ubicata all'interno di un'area condivisa con altri produttori che mediante un sistema di condivisione Sbarre AT a 150 kV, si conetteranno alla SE TERNA 150/380 kV "*Brindisi Sud*", tramite la posa di un cavo AT interrato che si attesterà da un lato allo stallo dedicato AT 150 kV della SE TERNA, dall'altro allo stallo produttore ubicato all'interno dell'area delle SSE condivisa.

L'impianto fotovoltaico propriamente detto è ubicato a Sud-Est dell'abitato di Brindisi. L'area su cui sorgerà l'impianto ha una estensione di circa 43,226 ha.

Le caratteristiche dell'area di impianto sono riportate nelle tabelle seguenti:

<b>Latitudine</b>	<b>Longitudine</b>	<b>Comune</b>
40°34'38.89"N	18° 0'0.52"E	Brindisi

**Tabella A – Ubicazione geografica delle opere**

<b>Estensione (ha)</b>	<b>Potenza (MW)</b>	<b>Rapporto ha / MW</b>	<b>Ubicazione NCT</b>
43,2263	33,468	1,29	Foglio 155 (Brindisi)

**Tabella B – Estensione e Potenza installata**

## 2 Compatibilità Elettromagnetica

### 2.1 Riferimenti normativi

- D.M. del 29 maggio 2008;
- Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato A al DM 29.05.08;
- Norma CEI 106-11 (*Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6)*);

- D.P.C.M. del 8 luglio 2003 “*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*”;
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001;
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449.

## **2.2 Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite**

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- All'art.3 comma 1: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il **limite di esposizione di 100  $\mu\text{T}$**  per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- All'art.3 comma 2: a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il **valore di attenzione di 10  $\mu\text{T}$** , da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio;
- Art.4 comma 1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'**obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  per il valore dell'induzione magnetica**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio
- Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità ( **$B=3\mu\text{T}$** ) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale *fascia di rispetto* lo spazio circostante

l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

- Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.
- ***Pertanto, obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di 3  $\mu$ T.***

### **2.3 Campo magnetico**

I campi elettromagnetici sono un insieme di grandezze fisiche misurabili, introdotte per caratterizzare un insieme di fenomeni osservabili indotti senza contatto diretto tra sorgente ed oggetto del fenomeno, vale a dire fenomeni in cui è presente un'azione a distanza attraverso lo spazio.

Esso è composto in generale da tre campi vettoriali, il *campo elettrico*, il *campo magnetico* e un terzo campo che spesso per semplicità viene escluso che è il "*termine di sorgente*". Questo significa che i vettori che caratterizzano il campo elettromagnetico hanno ciascuno un valore definito in ciascun punto del tempo e dello spazio.

I vettori che modellizzano le grandezze introdotte nella definizione del modello fisico dei campi elettromagnetici sono quindi:

**E:** Campo elettrico

**B:** Campo di induzione magnetica

parallelamente:

**D:** spostamento elettrico o induzione dielettrica

**H:** Campo magnetico

L'esposizione umana ai campi elettromagnetici è una problematica relativamente recente che assume notevole interesse con l'introduzione massiccia dei sistemi di telecomunicazione e dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. In realtà anche in assenza di tali sistemi siamo costantemente immersi nei campi elettromagnetici per tutti quei fenomeni naturali riconducibili alla natura elettromagnetica, primo su tutti l'irraggiamento solare.

Per quanto concerne i fenomeni elettrici si fa riferimento al campo elettrico, il quale può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica.

Per i fenomeni di natura magnetica si fa riferimento ad una caratterizzazione dell'esposizione ai campi magnetici, non in termini del vettore campo magnetico, ma in termini di induzione magnetica, che tiene conto dell'interazione con ambiente ed i mezzi materiali in cui il campo si propaga. Dal punto di vista macroscopico ogni fenomeno elettromagnetico è descritto dall'insieme di equazioni note come equazioni di Maxwell.

La normativa attualmente in vigore disciplina in modo differente i valori ammissibili di campo elettromagnetico, distinguendo così i "campi elettromagnetici quasi statici" ed i "campi elettromagnetici a radio frequenza".

Nel caso dei campi quasi statici, ha senso ragionare separatamente sui fenomeni elettrici e magnetici e ha quindi anche senso imporre separatamente dei limiti normativi alle intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica.

Il modello quasi statico è applicato per il caso concreto della distribuzione di energia, in relazione alla frequenza di distribuzione dell'energia della rete che è pari a 50 Hz. In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50 Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici che li vedono come sorgenti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici. Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz.

DENOMINAZIONE		SIGLA	FREQUENZA	LUNGHEZZA D'ONDA
FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE		ELF	0 - 3kHz	> 100Km
FREQUENZE BASSISSIME		VLF	3 - 30kHz	100 - 10Km
RADIOFREQUENZE	FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE)	LF	30 - 300kHz	10 - 1Km
	MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE)	MF	300kHz - 3MHz	1Km - 100m
	ALTE FREQUENZE	HF	3 - 30MHz	100 - 10m
	FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE)	VHF	30 - 300MHz	10 - 1m
MICROONDE	ONDE DECIMETRICHE	UHF	300MHz - 3GHz	1m - 10cm
	ONDE CENTIMETRICHE	SHF	3 - 30GHz	10 - 1cm
	ONDE MILLIMETRICHE	EHF	30 - 300GHz	1cm - 1mm
INFRAROSSO		IR	0,3 - 385THz	1000 - 0,78mm
LUCE VISIBILE			385 - 750THz	780 - 400nm
ULTRAVIOLETTO		UV	750 - 3000THz	400 - 100nm
RADIAZIONI IONIZZANTI		X	> 3000THz	< 100nm

### **Spettro elettromagnetico**

#### **2.4 Campo elettrico**

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano; l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante.

La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico, e in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno.

Per le linee elettriche aeree, l'intensità maggiore del campo elettrico si misura generalmente al centro della campata, ossia nel punto in cui i cavi si trovano alla minore distanza dal suolo. L'andamento e il valore massimo delle intensità dei campi dipenderà anche dalla disposizione e dalle distanze tra i conduttori della linea.

### **3 Fonti di emissione**

Le apparecchiature elettriche previste nella realizzazione delle opere di connessione dell'impianto fotovoltaico in oggetto, generano normalmente, durante il loro funzionamento, campi elettromagnetici con radiazioni non ionizzanti.

In particolare, sono da considerarsi come sorgenti di campo elettromagnetico le seguenti componenti del parco fotovoltaico:

- Elettrodotti:

- linea elettrica interrata MT fra la **Cabina di Smistamento** e la *Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV*;
- Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV:
  - Trasformatore MT/AT;
  - Cavo interrato AT.

Di seguito verrà data una caratterizzazione delle sorgenti appena individuate.

### **3.1 Campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti**

Quella che viene presentata in questi paragrafi è una valutazione analitica del campo magnetico generato dall'elettrodotto di collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la Sottostazione elettrica Utente oggetto della presente trattazione, basata sulle metodologie di calcolo suggerite dall'APAT (Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici), approvate dal D.M. 29/05/2008, e specificate dalla norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia dei cavi utilizzati.

In linea generale l'utilizzo di cavi MT in configurazione ad "elica visibile" con sezione sino a 240 mm<sup>2</sup>, fanno sì che il campo magnetico prodotto sia notevolmente inferiore a quello prodotto da cavi analoghi posati in piano o a trifoglio. Le particolarità costruttive di questi cavi, ossia la ridotta distanza tra le fasi e la loro continua trasposizione dovuta alla cordatura, fa sì che il campo elettromagnetico generato dai cavi di sezione 50 – 185 mm<sup>2</sup> risulta essere infatti di gran lunga inferiore ai valori limite richiesti e, pertanto, già dopo una prima analisi qualitativa, se ne può escludere la valutazione numerica, così come previsto dalla normativa e dalle leggi vigenti.

Nello specifico del nostro caso, sono stati considerati cavi posati a trifoglio "worst-case". Tale scelta è stata dettata dal fatto che al momento non è nota la disponibilità sul mercato e quindi quelle che potranno essere le scelte in fase di progettazione esecutiva.

Nella tabella che segue si schematizza la configurazione del cavo MT esterno di Vettoriamento, specificandone la tipologia, la lunghezza, la corrente in esso circolante, la sezione e la portata nominale del cavo stesso nonché il tratto di appartenenza.

Nel nostro caso, consideriamo i tratti di elettrodotti che accolgono le sezioni di cavo maggiore e in cui fluisce il valore di corrente maggiore.

- cavidotto che unisce la Cabina di Smistamento alla SSE.

La linea MT esterna sarà costituita da 2 terne di cavi MT della tipologia ARP1H5(AR)E. Ciascuna terna avrà una sezione pari a 500 mm<sup>2</sup>.

DORSALE ESTERNA									
Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. In Cabina (m)	Stima finale (m)
CdS - SSE Linea 1	16.734,19	30,00	328,62	500,00	636 A	12.000	12.600	10	12.610
CdS - SSE Linea 2	16.734,19	30,00	328,62	500,00	636 A	12.000	12.600	10	12.610
<b>Cab D2 - CdS</b>	<b>33.468,37</b>	30,00	657,24						

### 3.1.1 Calcolo del campo di induzione elettromagnetica generato dall'elettrodotta esterno di Vettoramento

Di seguito verrà calcolato il campo di induzione magnetica generato nel caso schematizzati nel paragrafo precedente.

In linea generale, nel caso di cavidotti in cui sono posate più terne di cavi, è possibile fare ricorso ad un modello matematico che tenga conto del campo magnetico generato da ogni singola terna.

Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{y_i - y}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_i I_i \left[ \frac{x_i - x}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \right]$$

È possibile a questo punto effettuare una semplificazione del modello, che consideri il contributo non del singolo conduttore ma dell'intera terna, della quale sono note le caratteristiche geometriche. Si terrà conto nel seguito per il modello del sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati: in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema, essendo il campo magnetico generato dal un cavo elicordato meno intenso di quello di una terna posata a trifoglio.

Per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, come di seguito riportato.

$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R^2}$$

dove:

**B** [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante;

**R** [m] dal conduttore centrale;

**S** [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Si precisa che R è la distanza dal conduttore misurata in piano, cioè al livello del suolo, quindi a quota 0.

Considerata la natura vettoriale del campo magnetico, è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato di cui prima, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Possiamo quindi riscrivere la formula nella maniera seguente:

$$Bi = 0,1 * \sqrt{6} \frac{Si * Ii}{(x - xi)^2 + (y - d)^2}$$

Per cui applicando la formula di cui sopra si ottengono i risultati riportati nella tabella seguente.

Il calcolo è stato effettuato per diverse altezze dal livello del suolo e con intervallo di campionamento dei valori in ascissa (ossia della distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m. Inoltre, si è tenuto conto della profondità di posa dei cavi all'arrivo in cabina prima dell'attestazione nei quadri MT. Si è considerata quindi una profondità pari a 0,90 m.

### **Elettrodotto MT esterno**

L'elettrodotto esterno che collegherà la Cabina di Smistamento (CdS) alla Sottostazione Elettrica Utente (SSE), avrà una lunghezza pari a circa 12,2 km. Si svilupperà interamente nel territorio Comunale di Brindisi e sarà costituito da 2 terne di cavi MT in alluminio da 500 mm<sup>2</sup> del tipo ARP1H5(AR)E.

La metodologia per il calcolo del valore del campo di induzione elettromagnetica generato dal detto elettrodotto, è la medesima utilizzata per gli elettrodotti interni all'impianto che afferiscono alla Cabina di Smistamento.

In particolare il cavidotto esterno avrà le seguenti caratteristiche principali:

DORSALE ESTERNA									
Tratti	Potenza (kWp)	Tensione (kV)	Corrente (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata	Lunghezza CAD (m)	5%	Ingr. in Cabina (m)	Stima finale (m)
CdS - SSE Linea 1	16.734,19	30,00	328,62	500,00	636 A	12.000	12.600	10	12.610
CdS - SSE Linea 2	16.734,19	30,00	328,62	500,00	636 A	12.000	12.600	10	12.610
<b>Cab D2 - CdS</b>	<b>33.468,37</b>	30,00	657,24						

Come nel caso precedente utilizziamo per il calcolo del campo B la formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R^2}$$

dove:

**B** [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante;

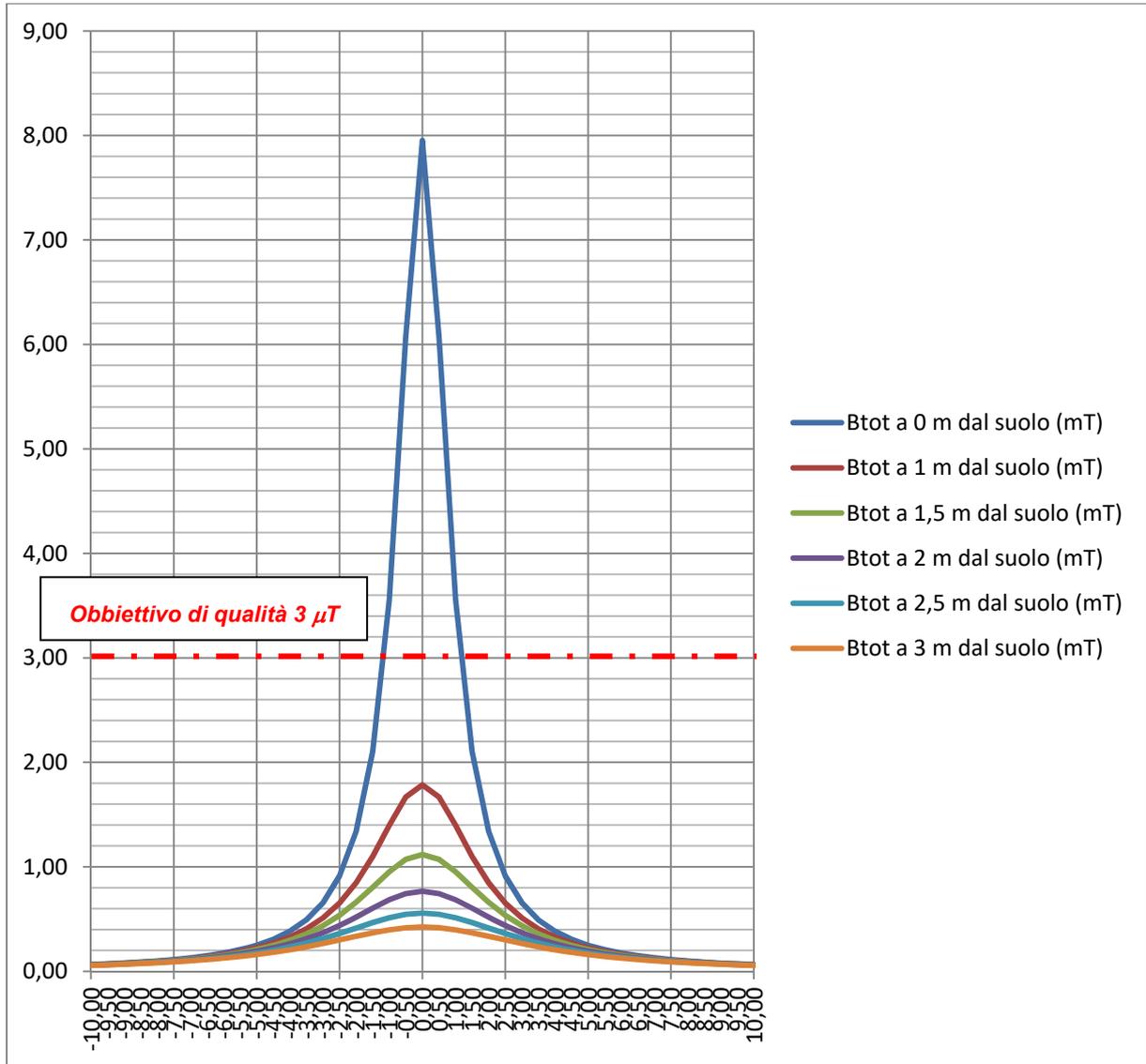
**R** [m] dal conduttore centrale;

**S** [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Si precisa che R è la distanza dal conduttore misurata in piano, cioè al livello del suolo, quindi a quota 0.

Distanza dall'asse centrale (m)	B <sub>tot</sub> a 0 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 1 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 1,5 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 2 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 2,5 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 3 m dal suolo (μT)
-10,00	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
-9,50	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
-9,00	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
-8,50	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
-8,00	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08
-7,50	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
-7,00	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10
-6,50	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11
-6,00	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13
-5,50	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14
-5,00	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16
-4,50	0,31	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18
-4,00	0,38	0,33	0,30	0,26	0,23	0,21
-3,50	0,49	0,41	0,36	0,31	0,27	0,23
-3,00	0,66	0,51	0,44	0,37	0,31	0,27
-2,50	0,91	0,65	0,54	0,44	0,36	0,30
-2,00	1,34	0,85	0,66	0,52	0,41	0,34
-1,50	2,10	1,10	0,80	0,60	0,47	0,37
-1,00	3,56	1,40	0,95	0,68	0,51	0,40
-0,50	6,08	1,67	1,07	0,74	0,55	0,42
<b>0,00</b>	<b>7,95</b>	<b>1,78</b>	<b>1,12</b>	<b>0,77</b>	<b>0,56</b>	<b>0,42</b>
0,50	6,08	1,67	1,07	0,74	0,55	0,42
1,00	3,56	1,40	0,95	0,68	0,51	0,40
1,50	2,10	1,10	0,80	0,60	0,47	0,37
2,00	1,34	0,85	0,66	0,52	0,41	0,34
2,50	0,91	0,65	0,54	0,44	0,36	0,30
3,00	0,66	0,51	0,44	0,37	0,31	0,27
3,50	0,49	0,41	0,36	0,31	0,27	0,23
4,00	0,38	0,33	0,30	0,26	0,23	0,21
4,50	0,31	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18
5,00	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16
5,50	0,21	0,19	0,18	0,17	0,15	0,14
6,00	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13
6,50	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11
7,00	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10
7,50	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
8,00	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08
8,50	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07
9,00	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
9,50	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
10,00	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

**Tab. B Valori del campo di induzione magnetica per diverse distanze dall'asse dei cavidotti e altezze dal suolo**



Il grafico mostra come nel caso in esame, il valore del Campo di Induzione Elettromagnetica risulti superiore all'obiettivo di qualità, pari a  $3 \mu T$ , risultando ad una quota dal suolo pari ad 0 m e sull'asse dei conduttori, pari a  $7,95 \mu T$  (v. Tab. B). Tuttavia si può anche vedere che sull'asse dei conduttori già ad 1 metro dal suolo il valore dell'induzione elettromagnetica scende a  $1,78 \mu T < 3 \mu T$ . Se consideriamo poi che ad 1,5 m di distanza dai conduttori (anche a quota 0 m dal suolo), il valore di B è pari a  $2,10 \mu T < 3 \mu T$ , possiamo affermare che l'impatto elettromagnetico è limitato ad una ristretta fascia. Inoltre per la quasi totalità del suo percorso l'elettrodotta esterna "correrà" su strada pubblica ad una profondità minima di 1,2 m dal piano viabile. I tratti non su strada si svolgeranno su terreni a destinazione agricola sempre ad una profondità minima di 1,2 m dal piano campagna.

In caso di manutenzione della linea, si prevedono nelle fasi di esercizio dell'Impianto, tempi di permanenza di personale addetto inferiori alle 4 ore. Per tempi che dovessero prospettarsi superiori, si prevede comunque la disalimentazione di parte o di tutto l'impianto, a seconda della zona sulla quale si andrà ad operare.

In **fase di esercizio**, pertanto, il funzionamento dei cavidotti elettrici produrrà campi elettromagnetici di entità modesta ed inferiore ai livelli di qualità previsti dal DPCM 8 luglio 2003. Inoltre i cavidotti saranno installati in gran parte al di sotto di strade secondarie in aree agricole dove non vi è presenza di abitazioni, e dove non è prevista la permanenza continuativa di persone.

### **3.2 Sottostazione Elettrica Utente 30/150 kV**

L'energia proveniente dall'Impianto Fotovoltaico, raggiungerà la Sottostazione di Trasformazione, ubicata in prossimità della SE TERNA "Brindisi Sud". Qui è previsto:

- un ulteriore innalzamento della tensione con una trasformazione 30/150 kV;
- la misura dell'energia prodotta;
- la consegna a TERNA S.p.a.

La sottostazione avrà una superficie di circa 1.190 m<sup>2</sup>. Al suo interno sarà presente un edificio adibito a locali tecnici, in cui saranno allocati gli scomparti MT, i quadri BT, il locale comando controllo. Il gruppo elettrogeno, invece, sarà installato in apposito alloggio esterno, con copertura in lamiera.

È prevista altresì la realizzazione di uno stallo di trasformazione per la connessione tramite cavo AT alla RTN dio Terna.

Il trasformatore 30/150 kV avrà potenza nominale di 40/50 MVA raffreddamento in olio ONAN/ONAF, con vasca di raccolta sottostante, in caso di perdite accidentali.

Oltre al trasformatore MT/AT saranno installate apparecchiature AT per protezione, sezionamento e misura:

1. Scaricatori di tensione – n. 3
2. Interruttore tripolare in SF6 con TA integrato – n.3
3. Trasformatori di tensione induttivi (TVI) – n. 3
4. Sezionatore a doppia apertura con lame di terra
5. Sostegni (a traliccio) per terminali cavi AT – n. 3

La recinzione sarà realizzata con elementi prefabbricati "a pettine", che saranno installati su apposito cordolo in calcestruzzo (interrato). La finitura del piazzale interno alla SSE sarà in asfalto. In corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.

Per quanto concerne la determinazione della fascia di rispetto, la SSE è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria, per la quale la fascia di rispetto rientra, nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto (area recintata). Ciò in conformità a quanto riportato al paragrafo 5.2.2 dell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 che afferma che: per questa tipologia di impianti la DPA e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

L'impatto elettromagnetico nella SSE è essenzialmente prodotto:

- dall'utilizzo del trasformatore MT/AT;
- dalla realizzazione delle linee/sbarre aeree di connessione tra il trafo e le apparecchiature elettromeccaniche
- dalla linea interrata AT (già trattata nel paragrafo precedente)

L'impatto generato dalle linee/sbarre AT è di gran lunga quello più significativo e pertanto si propone il calcolo della fascia di rispetto dalle linee/sbarre AT.

### **3.2.1 Determinazione della fascia di rispetto**

Per le **DPA** ci si è rifatti comunque alle "*Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3. dell'Allegato al DM 29.05.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche*", di cui si riporta di seguito lo stralcio per quanto di interesse che pongono la

distanza di prima approssimazione dal centro delle sbatte AT pari a **14 m**.

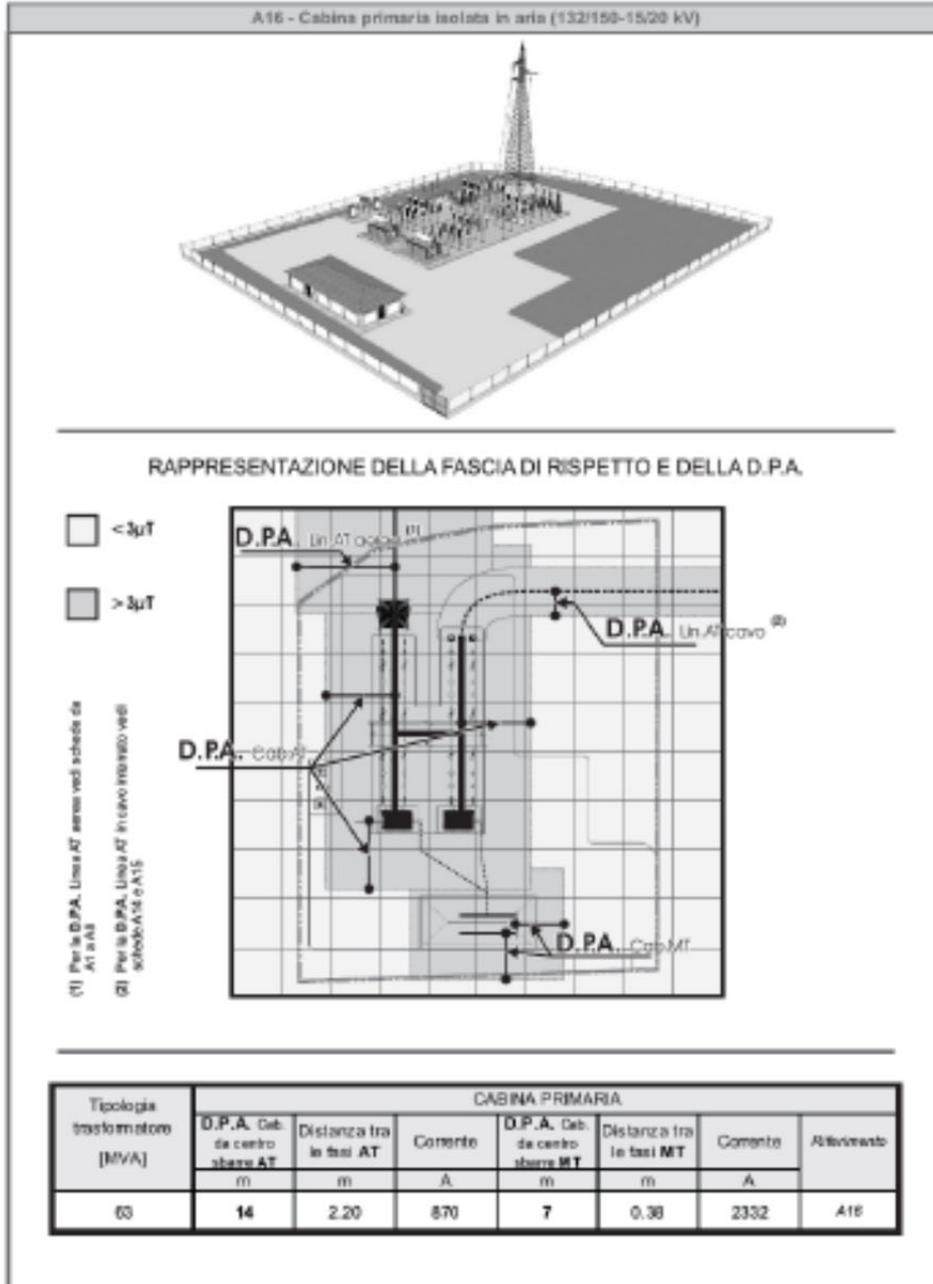


DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI  
QSA/TUN

Tipologia sostegno	Formazione	Armamento	Corrente	DPA (m)	Rif.
<b>Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV)</b>  <b>Scheda A13</b>	<b>22.8 mm</b> <b>307.75 mm<sup>2</sup></b>		576	<b>22</b>	A13a
			444	<b>19</b>	A13b
	<b>31.5 mm</b> <b>585.35 mm<sup>2</sup></b>		870	<b>27</b>	A13c
			675	<b>23</b>	A13d
<b>CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV)</b>  <b>Scheda A14</b>	<b>108 mm</b> <b>1600 mm<sup>2</sup></b>		1110	<b>5.10</b>	A14
<b>CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV)</b>  <b>Scheda A15</b>	<b>108 mm</b> <b>1600 mm<sup>2</sup></b>		1110	<b>3.10</b>	A15
<b>CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA</b>  <b>Scheda A16</b>	Distanza tra le fasi AT = <b>2.20 m</b>		870	<b>14</b>	A16
	Distanza tra le fasi MT = <b>0.37 m</b>		2332	<b>7</b>	



DIVISIONE INFRASTRUTTURE E RETI  
 Q&A/UN



Dai valori delle tabelle sopra riportate si evince pertanto che la distanza di prima approssimazione per sbarre AT a 150 kV (dal centro sbarre) e trasformatori, nel caso di trasformatori da **63 MVA e corrente massima di 870 A**, è 14 m, mentre la distanza di prima approssimazione da sbarre MT (con corrente massima di 2.332 A) è di 7 m (dal centro sbarre). Nella SSE in progetto abbiamo:

- Un trasformatore di potenza pari a **40/50 MVA**
- Di fatto non abbiamo sbarre MT ma solo i cavidotti MT dall'edificio locali tecnici ai trasformatori, per i quali ancora una volta possiamo considerare una DPA di 3 m dall'asse cavi.

Possiamo considerare pertanto sicuramente validi (anzi più che conservativi), i risultati riportati per le Cabine Primarie e quindi considerare una **DPA di 14 m**, da tutte le apparecchiature AT e dai trasformatori presenti nella SSE.

Anche in questo caso verifichiamo che:

- in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 *la Distanza di Prima Approssimazione (DPA) e, quindi, la fascia di rispetto rientra in gran parte nei confini dell'aerea di pertinenza della SSE in progetto;*
- *la stessa SSE è comunque realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 400 m.*
- *all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.*

*Pertanto, si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone, prodotto dalla realizzazione della SSE, sarà trascurabile.*

### **3.2.2 Cavidotto AT 150 kV**

Per la connessione della SSE alla SE 150/380 kV Terna "Brindisi Sud", sarà utilizzata una terna di cavi unipolari AT interrati ad una profondità di 1,5 m, con le seguenti caratteristiche.

<b>Sezione Conduttore</b>	<b>Diam. Conduttore</b>	<b>Diametro Cavo</b>	<b>Portata</b>	<b>Profondità di posa</b>
3x1x1600 mmq	45,2 mm	106 mm	1.060 A	1,5 m

La formula utilizzata per la distanza di prima approssimazione è la stessa per le linee MT interrate, dal momento che il campo di induzione magnetica dipende, con approssimazione conservativa, dalla corrente e non dalla tensione di rete, pertanto abbiamo:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S * I}{R^2}$$

dove:

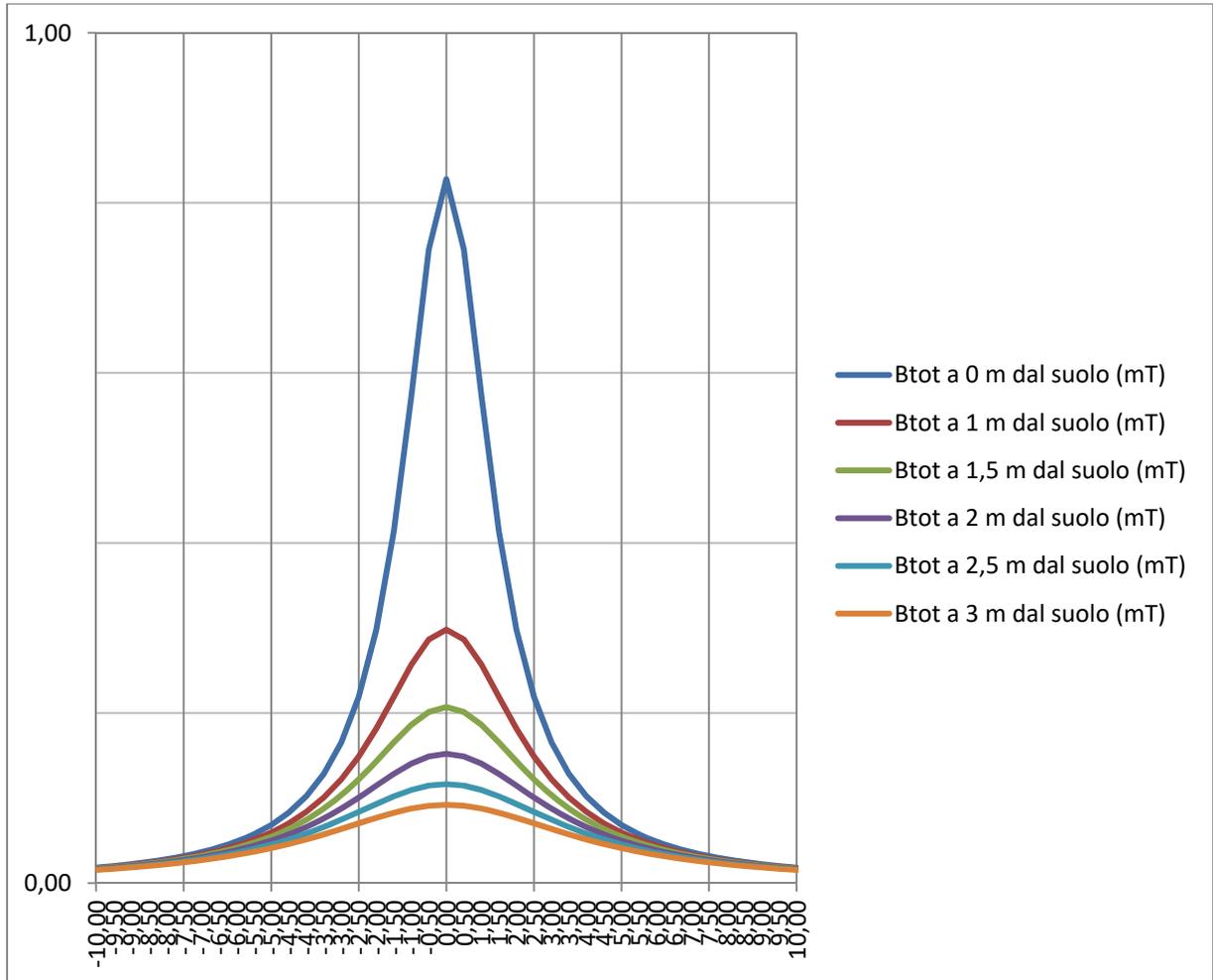
**B** [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante;

**R** [m] dal conduttore centrale;

**S** [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A].

Si precisa che R è la distanza dal conduttore misurata in piano, cioè al livello del suolo, quindi a quota 0.

Distanza dall'asse centrale (m)	B <sub>tot</sub> a 0 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 1 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 1,5 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 2 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 2,5 m dal suolo (μT)	B <sub>tot</sub> a 3 m dal suolo (μT)
-10,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-9,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-9,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-8,50	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-8,00	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
-7,50	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
-7,00	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
-6,50	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
-6,00	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
-5,50	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
-5,00	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04
-4,50	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
-4,00	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05
-3,50	0,13	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
-3,00	0,17	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06
-2,50	0,22	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07
-2,00	0,30	0,18	0,14	0,11	0,09	0,08
-1,50	0,41	0,22	0,17	0,13	0,10	0,08
-1,00	0,57	0,26	0,19	0,14	0,11	0,09
-0,50	0,75	0,29	0,20	0,15	0,11	0,09
<b>0,00</b>	<b>0,83</b>	<b>0,30</b>	<b>0,21</b>	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>
0,50	0,75	0,29	0,20	0,15	0,11	0,09
1,00	0,57	0,26	0,19	0,14	0,11	0,09
1,50	0,41	0,22	0,17	0,13	0,10	0,08
2,00	0,30	0,18	0,14	0,11	0,09	0,08
2,50	0,22	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07
3,00	0,17	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06
3,50	0,13	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
4,00	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05
4,50	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
5,00	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04
5,50	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04
6,00	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
6,50	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
7,00	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
7,50	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
8,00	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
8,50	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
9,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
9,50	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
10,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02



Il grafico mostra come nel caso in esame (cavidotto AT interrato ad una profondità di 1,5 m), il valore del Campo di Induzione Elettromagnetica sia al di sotto dell'obiettivo di qualità, pari a 3  $\mu$ T.

Possiamo affermare quindi che l'impatto elettromagnetico è limitato o trascurabile.

Rammentiamo lungo tutto percorso, di circa 350 m, l'elettrodoto AT "correrà" in un'area tra la SSE e la Stazione di Smistamento Terna. Si tratta pertanto di luoghi (strade e aree agricole) dove non vi è presenza di abitazioni, e dove non è prevista la permanenza continuativa di persone, di fatto l'impatto sulla salute umana è pressoché nullo.

In fase di esercizio la manutenzione dei cavidotti, avviene sempre, per ovvi motivi di sicurezza elettrica, con le linee disalimentate.

In **fase di esercizio**, pertanto, il funzionamento dei cavidotti elettrici produrrà campi elettromagnetici di entità modesta ed inferiore ai livelli di qualità previsti dal DPCM 8 luglio 2003. Inoltre i cavidotti saranno installati in gran parte al di sotto di strade secondarie in aree

agricole dove non vi è presenza di abitazioni, e dove non è prevista la permanenza continuativa di persone.

### **3.3 Conclusioni e Distanze di prima approssimazione (DPA)**

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti del Parco Fotovoltaico in oggetto ed in particolare delle Cabine elettriche, i cavidotti e la Sottostazione Utente (SSE), in merito all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici. A conforto di ciò che è stato fin qui detto, a lavori ultimati si potranno eseguire prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

Lo studio condotto conferma la conformità dell'impianto dal punto di vista degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana.

Per quanto concerne i cavi interrati infatti, considerati gli accorgimenti di progetto adottati relativi a:

- minimizzazione dei percorsi della rete;
- disposizione a fascio delle linee trifase

si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Per quanto concerne il sistema di linee di connessione trafo AT/MT e apparecchiature elettromeccaniche all'interno della SSE, abbiamo visto che la DPA calcolata ricade all'interno della SSE stessa e quindi non genera rischi di esposizione prolungata ai campi elettromagnetici, dal momento che si tratta di *Officina Elettrica* a cui è consentito l'accesso di personale specializzato, peraltro in modo saltuario e non continuativo (per tempi non superiori alle 4 ore).

Le opere elettriche in progetto e relative DPA non interessano aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M 8 luglio 2003.

Inoltre, sono rispettate ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 "*Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno*".

In definitiva, volendo riassumere, si sono assunte le seguenti Distanze di Prima Approssimazione:

### **3.3.1 Impianto Fotovoltaico**

<u>Cavidotto MT esterno di Vettoriamento</u>	2 m in tutto l'intorno
<u>Cavidotto MT da CdS a SSE 30/150 kV</u>	2 m in tutto l'intorno

### **3.3.2 Cabina di Smistamento**

Come riportato nel paragrafo ad esse dedicato, per le cabine di trasformazione è stata considerata una fascia di rispetto pari a 3 m, oltre la quale il valore del Campo di induzione magnetica risulta inferiore a 3  $\mu$ T (valore di qualità).

Per la Cabina di Smistamento si considereranno i medesimi valori.

### **3.3.3 Cavidotti MT interni**

Pure essendo i valori del campo di induzione elettromagnetica ben al di sotto dei limiti di qualità, assumeremo come larghezza della fascia di rispetto 4,00 m, cioè 2,00 metri dall'asse da entrambi i lati.

### **3.3.4 Sottostazione Utente (SSE)**

Per la sottostazione Utente, sono state assunte come Distanze di Prima approssimazione, quelle indicate nelle "*Linee Guida per l'applicazione del § 5.1.3. dell'Allegato al DM 29.05.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche*".