

# TERNA S.p.A.

## Viale Egidio Galbani, 70 - 00156 Roma

Realizzazione delle opere per la connessione alla RTN di un impianto agrivoltaico sito nel comune di Troia (FG) in località "Montalvino", con potenza nominale pari a 16,284 MW e potenza in immissione pari a 14 MW

COMUNE DI TROIA (FG) - IDENTIFICATIVO CATASTALE:  
foglio 7 p.lle 96

Codice Pratica: 202202419

Tipo: **RELAZIONE SPECIALISTICA SULLA  
COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA**

Scala:

Elaborato:  
202202419\_PTO-10-00

Formato:

Data: 12/02/2024

Committente:

**HYPHEN PUGLIA 1 S.R.L.**

Corso Magenta, 85 | 20123 - Milano (MI)

pec: [hyphenrenewables1@pec.it](mailto:hyphenrenewables1@pec.it)



Progettazione:



**MATEING S.R.L.**

Via Goffredo Mameli, n.5  
70020 Cassano delle Murge (BA)  
tel. +39 080 5746758  
pec: [mateing@pec.it](mailto:mateing@pec.it)

Progettista:  
Ing. Francesco Ambron



Estremi per il benessere di Terna:

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	12/02/2024	1° Emissione - presentazione per benessere TERNA	SCARDIGNO	SCARDIGNO	AMBRON

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

**REALIZZAZIONE DELLE OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO SITO NEL COMUNE DI TROIA (FG) IN LOCALITÀ "MONTALVINO", CON POTENZA NOMINALE PARI A 16,284 MW E POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 14 MW**

**COMMITTENTE:**  
**HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.**  
Corso Magenta n°85  
20123 – Milano (MI)  
hyphenrenewables1@pec.it

**PROGETTAZIONE a cura di:**  
**MATEING S.R.L.**  
Via Goffredo Mameli, n.5  
70020 – Cassano delle Murge (BA)

Ing. Francesco Ambron

**PIANO TECNICO DELLE OPERE**

**RELAZIONE SPECIALISTICA SULLA COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA**

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

## Sommario

1.	<i>OGGETTO</i> .....	3
2.	<i>COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA</i> .....	3
2.1.	<i>Riferimenti normativi</i> .....	3
2.2.	<i>Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite</i> .....	4
3.	<i>CAMPO ELETTROMAGNETICO</i> .....	6
3.1.	<i>Campo elettrico</i> .....	8
3.2.	<i>Campo magnetico</i> .....	8
4.	<i>DIFFERENZE TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAMPI INDOTTI DA CAVI INTERRATI</i> .....	9
4.1.	<i>Campo elettrico</i> .....	9
4.2.	<i>Campo magnetico</i> .....	9
5.	<i>FASCIA DI RISPETTO PER GLI OBIETTIVI DI QUALITÀ</i> .....	11
5.1.	<i>Cavi AT</i> .....	11
5.2.	<i>Stazione di Trasformazione</i> .....	13
5.3.	<i>Determinazione della fascia di rispetto linea AT</i> .....	15
6.	<i>CONCLUSIONI</i> .....	16

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

## 1. OGGETTO

Scopo del progetto è la realizzazione di un impianto agrovoltaiico per l'immissione e , attraverso un'opportuna connessione, di energia nella Rete di Trasmissione Nazionale.

L'impianto in oggetto, avente una potenza nominale do 16,284 MW ed in immissione pari a 14 MW MW, sarà realizzato su terreno per lo più pianeggiante. I riferimenti catastali del sito sono:

- Comune di Troia Foglio 7 p.IIe 484 – 485 – 486 -487 -488- 336 -47 -96 -229

La stazione di utenza sarà ubicata nella particella 96 .

L'energia scambiata con la rete di trasmissione sarà contabilizzata da un unico contatore installato nella stazione di elevazione AT/MT. Questa stazione sarà connessa con cavo AT interrato con conduttore in alluminio e lunghezza complessiva di circa 1200 metri alla Stazione RTN “Troia 2”;

La presente relazione è riferita all'impatto elettromagnetico prodotto dall'impianto con particolare riferimento a:

- 1) linea AT interrata;
- 2) edificio di stazione di trasformazione AT/MT.

## 2. COMPATIBILITÀ ELETTROMAGNETICA

### 2.1. Riferimenti normativi

- D.M. del 29 maggio 2008;
- 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.

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

## 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

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

attenzione pari a 5 kV/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.

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

### 3. CAMPO ELETTROMAGNETICO

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 e, 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 di elettromagnetismo è descritto dall'insieme di equazioni note come equazioni di Maxwell.

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

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*



Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419 PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

### 3.1. Campo elettrico

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, con 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.

### 3.2. Campo magnetico

L'intensità del campo magnetico generato in corrispondenza di un elettrodotto dipende invece dall'intensità della corrente circolante nel conduttore. Tale flusso risulta estremamente variabile sia nell'arco di una giornata sia su scala temporale maggiore quale quella stagionale. Per le linee elettriche aeree, il campo magnetico assume il valore massimo in corrispondenza della minima distanza dei conduttori dal suolo, ossia al centro della campata, e decade molto rapidamente allontanandosi dalle linee.

Non c'è alcun effetto schermante nei confronti dei campi magnetici da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea: quindi all'interno di eventuali edifici circostanti si può misurare un campo magnetico di intensità comparabile a quello riscontrabile all'esterno.

Quindi, sia il campo elettrico che il campo magnetico decadono all'aumentare della distanza dalla linea elettrica, ma mentre il campo elettrico, è facilmente schermabile da oggetti quali legno, metallo, ma anche alberi ed edifici, il campo magnetico non è schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

## **4. DIFFERENZE TRA CAMPI INDOTTI DA LINEE ELETTRICHE AEREE E CAMPI INDOTTI DA CAVI INTERRATI**

### **4.1. Campo elettrico**

Il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. La riduzione così operata del campo elettrico consente agli individui di avvicinarsi maggiormente ai conduttori stessi, i quali, come già detto, sono di solito interrati a circa un metro di profondità.

Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

### **4.2. Campo magnetico**

Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

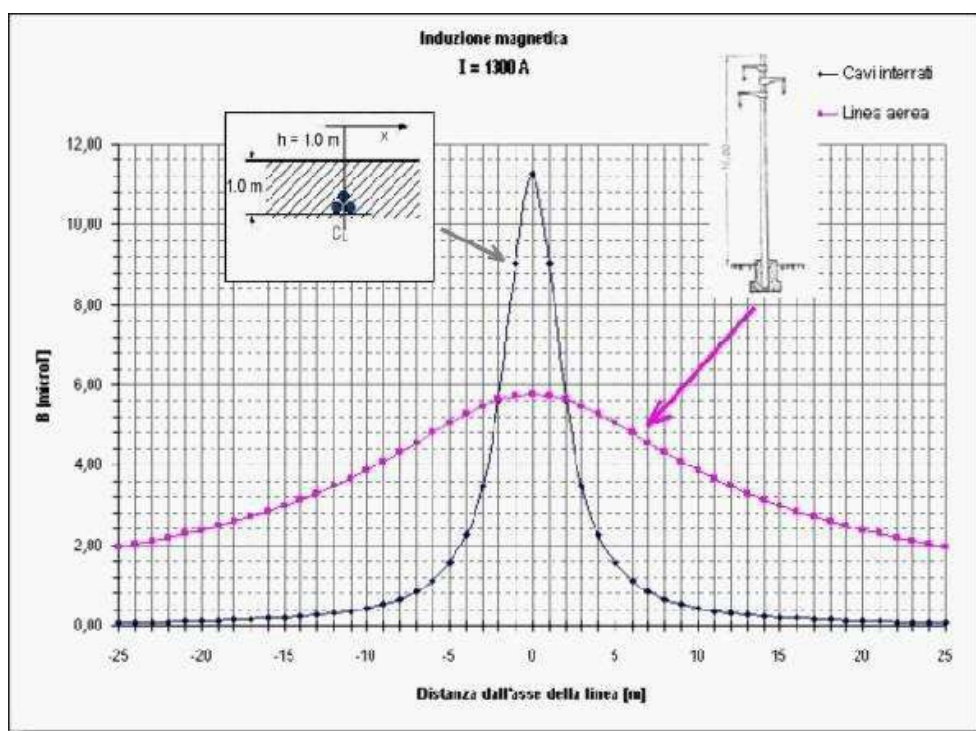
- 1) distanza dalle sorgenti (conduttori);
- 2) intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- 3) disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- 4) presenza di sorgenti compensatrici;
- 5) suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

Nel caso di elettrodotti aerei in media ed alta tensione, i valori di campo magnetico, pur al di sotto dei valori di legge imposti, sono notevolmente al di sopra della soglia di attenzione epidemiologica (SAE) che è di 0,2  $\mu$ T. Infatti, solo distanze superiori a circa 80 m dal conduttore permettono di rilevare un valore così basso del campo magnetico. È necessario notare inoltre che aumentare l'altezza dei conduttori da terra permette di ridurre il livello massimo generato di campo magnetico ma non la distanza dall'asse alla quale si raggiunge la SAE.

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.:	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>20/09/2023</b>			Scala: <b>n.a.</b>

È possibile ridurre questi valori di campo interrando gli elettrodotti. Questi vengono posti a circa 1,2 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento protettivo. I cavi vengono posti a circa 25 cm l'uno dall'altro e possono assumere disposizione lineare (terna piana) o triangolare (trifoglio).



**Attenuazione dell'induzione magnetica dovuta all'interramento dei cavi**

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza (i circa 80 m sopra riportati diventano in questo caso circa 24 m). Tra i vantaggi quindi si annoverano i valori di intensità di campo magnetico che decrescono molto più rapidamente con la distanza, ma tra gli svantaggi rientrano i problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione).

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419 PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

Altri metodi con i quali ridurre i valori di intensità di campo elettrico e magnetico sono quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto questi sono isolati con delle membrane isolanti. Queste portano ad una riduzione del campo magnetico.

Confrontando quindi il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si può notare che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata. Tuttavia nella pratica in generale si può affermare che l'intensità a livello del suolo immediatamente al di sopra dei cavi di una linea interrata è inferiore a quella immediatamente al di sotto di una linea aerea ad alta tensione. Ciò è dovuto soprattutto ad una maggiore compensazione delle componenti vettoriali associate alle diverse fasi, per effetto della reciproca vicinanza dei cavi, che essendo isolati, possono essere accostati l'uno all'altro, come non può farsi per una linea aerea.

## **5. FASCIA DI RISPETTO PER GLI OBIETTIVI DI QUALITÀ**

L'impatto elettromagnetico indotto dall'impianto agrovoltaiico oggetto di studio può essere determinato da:

- 1) Linee MT d AT in cavidotti interrati;
- 2) Cabine di consegna e di trasformazione.

Supponendo le linee MT interne all'impianto agrovoltaiico in cavo cordato ad elica, non si applica la metodologia di calcolo esposta di seguito, in quanto le fasce associabili hanno ampiezza ridotta, inferiore alle distanze previste dal Decreto Interministeriale n. 449/88 e dal decreto del Ministro dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1991.

### **5.1. Cavi AT**

Con riferimento ai cavi AT, al fine di avere una stima della Distanza di Prima Approssimazione (DPA) in condizione di assenza d'interferenze (parallelismi, incroci, deviazioni, ecc.) ovvero in condizioni imperturbate, sono state effettuate alcune simulazioni con il programma "EMF Tools Versione 4.0" con cui è stata individuata una dimensione di massima della DPA. Tali simulazioni sono state effettuate sulla linea con le condizioni di carico peggiori (ossia con maggiore corrente), vale a dire la dorsale che collega la stazione di trasformazione AT/MT alla stazione RTN "Troia 2", costituita da 3 cavi unipolari (uno per fase) con conduttore in alluminio del tipo ARE4H1H5E e sezione 400 mmq;

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.:	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>	Formato: <b>A4</b>	
Data: <b>20/09/2023</b>		Scala: <b>n.a.</b>	

sono state considerate le configurazioni geometriche ed i valori delle grandezze elettriche di seguito riportati:

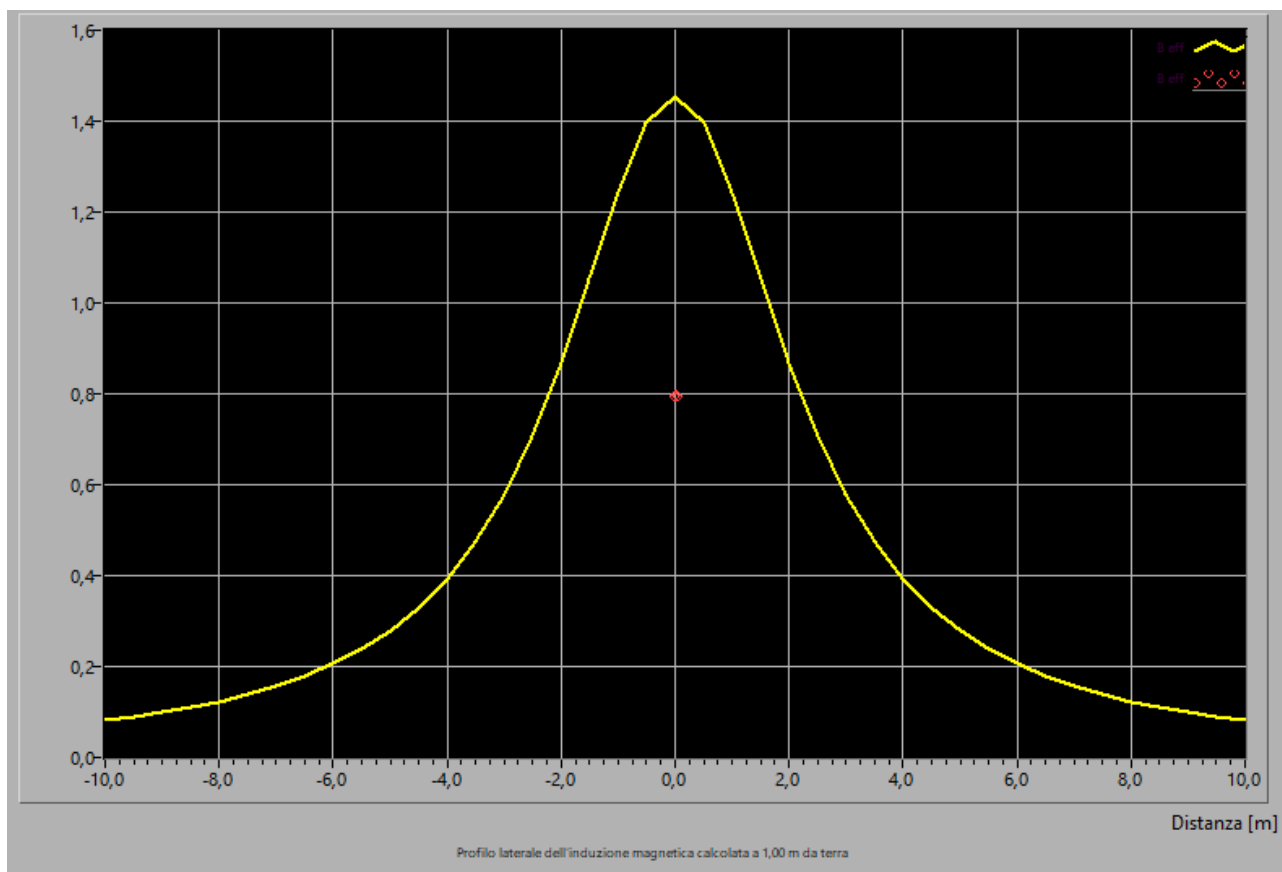
$P_n = 14 \text{ MW}$

$\cos\varphi = 0,95$

$V_n = 36 \text{ kV}$

$I_{max} \sim 236 \text{ A}$

Di seguito si riporta una valutazione del campo magnetico (il cui valore in  $\mu\text{T}$  è mostrato sull'asse delle ordinate) generato dalla terna di cavi all'altezza di 1,00 metro dal piano di campagna, supponendo una profondità di scavo di circa 1,60 m:



Le terna di cavi genera un campo magnetico con la classica distribuzione a “campana di Gauss”; la DPA è pari a circa 0,90 mt per lato rispetto all'asse centrale del cavidotto. Siccome la posa dei cavi è di tipo interrato e le aree in cui viene realizzata sono per lo più agricole o destinate alla pubblica viabilità, è possibile affermare che nella fascia DPA non è prevista la permanenza stabile di persone superiore alle 4 ore e/o la costruzione di edifici, ossia di recettori definiti “sensibili”. Possiamo pertanto concludere che l'impatto elettromagnetico indotto dai cavi AT non è significativo in questo caso.

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419 PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

Per quanto riguarda l'area interna al campo, si fa presente che in essa non è prevista la presenza di persone, dal momento che l'accesso è interdetto al pubblico, trattandosi di aree private recintate. È consentito l'accesso nelle aree dell'impianto, nei pressi dei pannelli e delle cabine, solo a personale esperto ed addestrato, che comunque accederà sporadicamente e per tempi limitati.

## 5.2. Stazione di Trasformazione

Adiacentemente all'impianto agrovoltaiico sarà ubicata la stazione di trasformazione, al cui interno è previsto l'edificio destinato ad accogliere:

- quadri AT 36 kV isolati in aria;
- locali BT;
- trasformatore MT/BT per servizi ausiliari;
- componenti per i servizi ausiliari e sistemi di sicurezza.

La struttura semplificata sulla base della quale viene calcolata la fascia DPA è un sistema trifase, percorso da una corrente pari alla corrente nominale in MT.

I dati di ingresso per il calcolo della fascia DPA per la stazione di trasformazione sono pertanto: corrente nominale di media tensione del trasformatore e diametro dei cavi in entrata nel trasformatore. Si ipotizzano tre conduttori in parallelo di sezione 300 mmq (con diametro equivalente pari a  $20,8 \times 3 = 62,4$  mm) per ogni fase e una corrente nominale di 975 A.

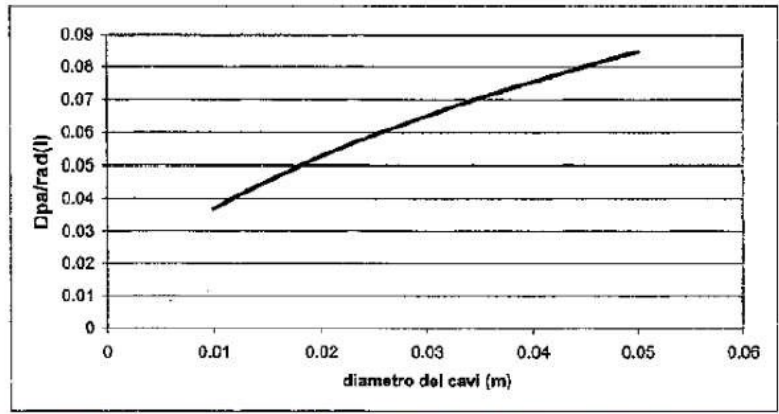
Per determinare la fascia DPA il proprietario/gestore della stazione deve:

- usare la curva riportata nel grafico seguente per calcolare il valore di DPA / radice della corrente per la tipologia di cavi in uscita dal trasformatore nella cabina in esame;
- applicare al valore ricavato le operazioni sotto elencate:
  - a) moltiplicare per la radice della corrente;
  - b) arrotondare al mezzo metro superiore.

$$\text{Equazione della curva: } \frac{Dpa}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,524}$$

DPA = Distanza di prima approssimazione [m]; I= corrente nominale [A]; x = diametro dei cavi [m]

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419 PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

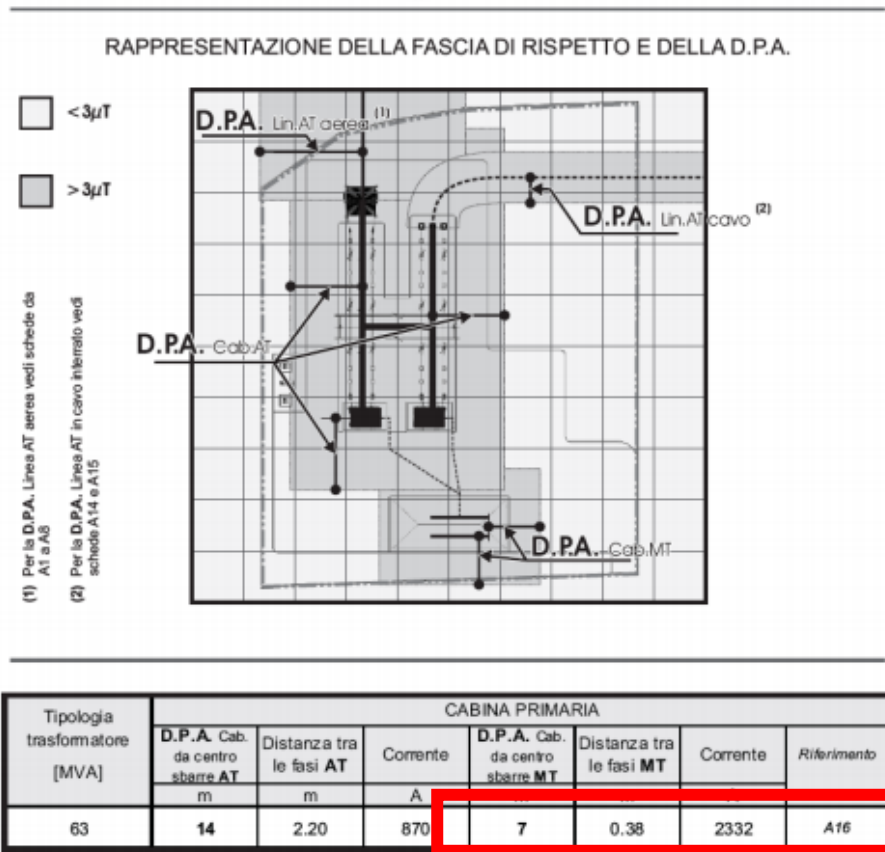


Rappresentazione dell'andamento del rapporto tra Dpa e radice della corrente nominale al variare del diametro dei cavi.

Applicando la formula su esposta al nostro caso specifico, la fascia DPA per l'edificio di stazione e le apparecchiature elettromeccaniche è:

$$DPA = 0,40942 \times (0,0624)^{0,524} \times \sqrt{975} = 3,06 \text{ m} \rightarrow 3,5 \text{ m}$$

A riprova di quanto affermato, si segnalano anche le "Linea guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08"; nella scheda A16 (cabina primaria isolata in aria 132/150 kV–15/20 kV) sono riportate le seguenti fasce DPA per quanto concerne il locale ospitante le apparecchiature di media tensione:



Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

La fascia DPA stimata è pari a 7 mt dall'asse del sistema di sbarre MT; tuttavia tale valore è calcolato considerando una corrente che attraversa i cavi pari a 2.332 A, mentre nel caso del presente impianto, come già illustrato nel paragrafo precedente, la corrente che attraverserà le sbarre MT avrà un valore massimo di circa 975 A.

In conclusione:

- in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 *la Distanza di Prima Approssimazione (Dpa) e, quindi, la fascia di rispetto rientra nei confini dell'area di pertinenza della cabina di trasformazione in progetto;*
- la sottostazione di trasformazione è comunque realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 180 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 stazione di trasformazione, sarà trascurabile.

### **5.3. Determinazione della fascia di rispetto linea AT**

Si propone il calcolo della fascia di rispetto dalla linea AT di collegamento tra la stazione di trasformazione di pertinenza dell'utente e la stazione RTN "Troia 2".

La linea AT è interrata trifase 36 kV, con conduttori in alluminio posti a trifoglio della sezione di 1600 mmq, ad una profondità di circa 1,5 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in esame si ha:

- $P_n$  = Potenza massima dell'impianto in progetto = 14 MVA;
- $V_n$  = Tensione nominale delle linee/sbarre AT = 36 kV
- $\cos\varphi = 0,95$

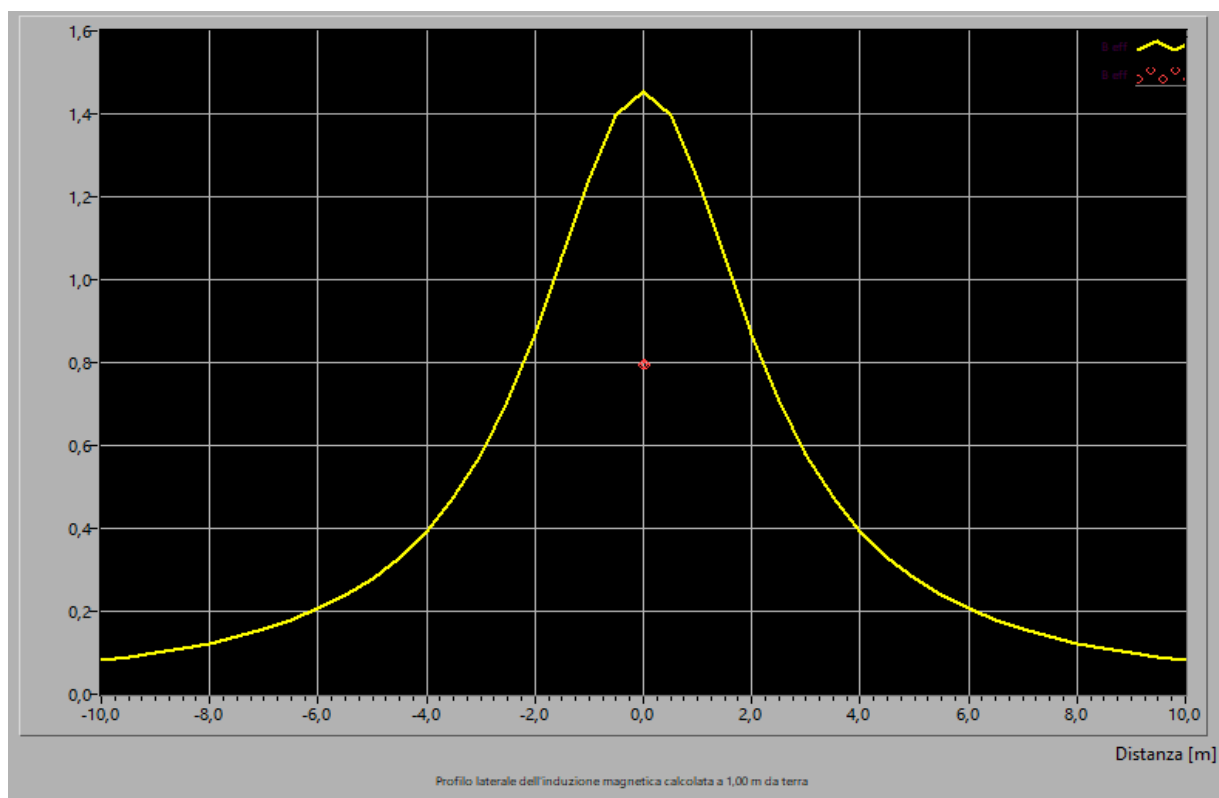
Si avrà:

$$I = P_n / (V_n \times 1,73 \times \cos\varphi) = 236 \text{ A}$$

Di seguito si riporta una valutazione del campo magnetico prodotto sul piano di campagna:



Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>



In tal caso il valore di campo magnetico non raggiunge mai i 3  $\mu\text{T}$  e pertanto la fascia DPA è nulla.

## 6. CONCLUSIONI

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico della stazione di trasformazione AT/MT e del cavo di collegamento alla RTN, 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

Committente: <b>HYPHEN PUGLIA 1 S.r.l.</b> Corso Magenta, n. 85 – Milano (MI), 20123		Progettazione: <b>MATEING S.r.l.</b> Via Goffredo Mameli n.5 - Cassano delle Murge (BA) Ing. Francesco Ambron	
Cod. elab.: <b>202202419_PTO-10-00</b>	<b>Relazione specialistica sulla compatibilità elettromagnetica</b>		Formato: <b>A4</b>
Data: <b>13/02/2024</b>			Scala: <b>n.a.</b>

- 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 l'assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Per quanto concerne le linee/sbarre MT all'interno della stazione di trasformazione, abbiamo visto che la Dpa ricade di fatto in prossimità del perimetro della stazione stessa e quindi non genera rischi di esposizione prolungata ai campi elettromagnetici dal momento che si tratta di area a cui è consentito l'accesso di personale specializzato, peraltro in modo saltuario e non continuativo.

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*".

**Si può quindi concludere che le opere connesse al costruendo impianto agrolvoltaico in oggetto non producono effetti negativi sulle risorse ambientali e sulla salute pubblica nel rispetto degli standard di sicurezza e dei limiti prescritti dalle vigenti norme in materia di esposizione a campi elettromagnetici.**