



PROVINCIA DI  
AGRIGENTO



PROVINCIA DI  
CALTANISSETTA



COMUNE DI  
CAMMARATA



COMUNE DI  
VALLELUNGA  
PRATAMENO



REGIONE  
SICILIANA

# PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO

NEL COMUNE DI CAMMARATA (AG) E  
NEL COMUNE DI VALLELUNGA PRATAMENO (CL)

Potenza massima di picco: 57.462 kWp  
Potenza massima di immissione: 50.000 kW

## ELABORATI PROGETTUALI

CODICE ELABORATO

TITOLO ELABORATO

AF.R06

*RELAZIONE CAMPI ELETTROMAGNETICI*

COMMITTENTE

**ILOS**

INE Montoni Vecchio Srl

A Company of ILOS New Energy Italy

**INE Montoni Vecchio S.r.l.**

Piazza di Sant'Anastasia,  
00186 Roma  
P.IVA 16232631008

INE Montoni Vecchio Srl  
Piazza di Sant'Anastasia 7, 00186 Roma  
P.JVA e C.F.: 16232631008

firmato digitalmente

PROGETTAZIONE

**2ASINERGY**

#innovativeengineering

**2A SINERGY S.r.l. S.B.**

Piazza Giuseppe Verdi 8  
00198 Roma  
Tel. 0968 201203  
P.IVA 03384670794

Progettista: Ing. Enrico Gadaleta



ENTI

DATA: APRILE 2022

SCALA:

FORMATO CARTA: A4

## *Sommario*

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	4
3	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO .....	5
3.1	Configurazione elettrica dell’Impianto Agrivoltaico .....	6
4	IL QUADRO NORMATIVO .....	9
5	GENERALITÀ SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI.....	10
6	CALCOLO DEI VALORI DEL CAMPO B .....	12
	Caso A – 1 terna di cavi.....	12
	Caso B – 2 o più terne di cavi .....	13
6.1	Campo elettromagnetico generato dalle linee AT interrate all’interno dell’Impianto Agrivoltaico .....	15
6.2	Campo elettromagnetico generato dalla linea AT di Vettoriamento di connessione tra la Cabina di Smistamento Utente e la Sottostazione Elettrica Utente .....	18
7	CONCLUSIONI.....	21

## 1 PREMESSA

Il progetto di cui la presente relazione è parte integrante, ha come scopo la realizzazione di un impianto per la produzione di Energia Elettrica da fonte Solare Fotovoltaica e delle relative opere di connessione alla Rete Nazionale, costituite da un cavidotto AT a 36 kV. Come da STMG, l'impianto sarà collegato in antenna a 36 kV con una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione a 380/150/36 kV della RTN.

L'impianto sarà denominato "**Cammarata**" ed avrà una potenza di picco di 57,462 MWp e in immissione di 50,00 MWac. L'impianto sarà ubicato nel Comune di Cammarata (AG) e nel Comune di Vallelunga Pratameno (CL), Sicilia.

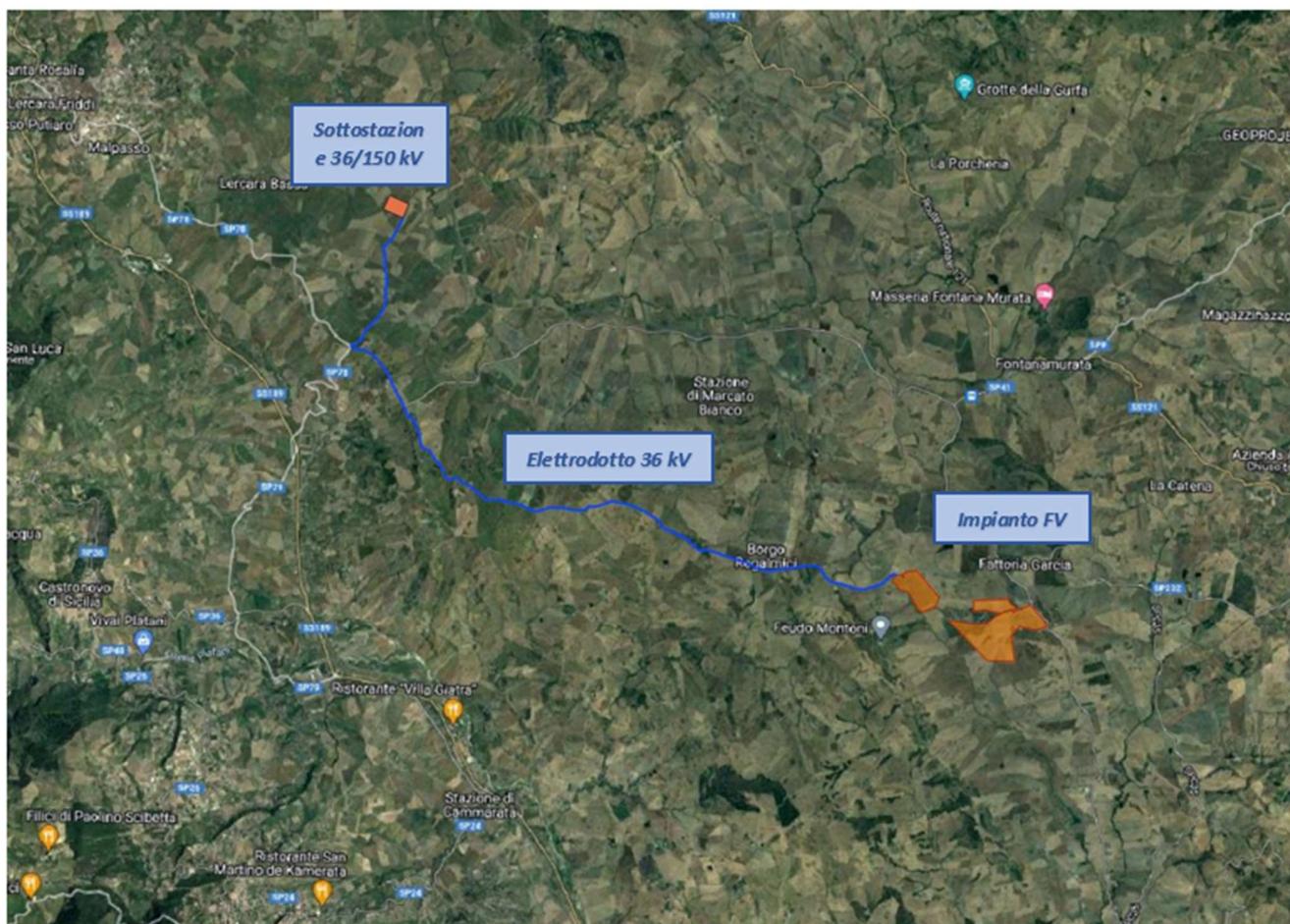
## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'Impianto in progetto si svilupperà su tre aree, e sarà ubicato come detto ubicato nel Comune di Cammarata in Provincia di Agrigento nel Comune di Vallelunga Pratameno in Provincia di Caltanissetta a circa 10 km a N-O dal centro abitato.

L'Impianto avrà complessivamente una estensione totale di 110 ha circa.



*Inquadramento territoriale generale*



*Inquadramento impianto FV e opere connesse su Orto Foto*

### 3 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

L’Impianto Agrivoltaico sarà costituito da strutture metalliche ad inseguitori solari (Tracker) sui quali saranno montati i moduli fotovoltaici. Le dette strutture avranno movimentazione mono-assiale (da est verso ovest). Gruppi di strutture e quindi di moduli, andranno a costituire dei “*sottocampi elettrici*”. L’energia prodotta dai moduli di ciascuno dei sottocampi, in **c.c.** (corrente continua) e in **BT** (Bassa Tensione), afferrirà ad un convertitore (Inverter) nel quale avverrà la conversione in **c.a.** (corrente alternata). Dagli Inverter la corrente, ancora in BT, arriverà ad un Trasformatore BT/AT dove subirà un innalzamento di tensione sino a 36 kV. Ciascun “sottocampo” farà capo quindi ad una Cabina Elettrica. Tutte le Cabine saranno collegate tra loro in serie (in configurazione ad anello). L’ultima Cabina della serie, raccoglierà tutta l’energia prodotta dall’Impianto Agrivoltaico. Tramite un cavidotto AT a 36 kV, questa sarà trasportata alla Cabina Utente e da questa ad una Stazione

Elettrica, per l'ulteriore innalzamento di tensione da 36 a 150 kV, necessario per l'immissione nella **RTN (Rete di Trasmissione Nazionale)** di Terna S.p.A.

### 3.1 Configurazione elettrica dell'Impianto Agrivoltaico

Come detto l'impianto agrivoltaico, denominato "**Cammarata**", avrà una potenza di picco di 57,462 MWp e in immissione di 50,00 MWac e sarà connesso alla RTN per mezzo di una Stazione Elettrica 36/150 di nuova realizzazione di proprietà di Terna SPA.

Le sue componenti principali saranno:

- 1) Il Generatore Fotovoltaico;
- 2) Le strutture di supporto dei moduli;
- 3) Le Cabine Elettriche di Campo;
- 4) Il Gruppo Conversione / Trasformazione;
- 5) I cavidotti BT e AT;
- 6) La linea di connessione (cavo interrato a doppia terna) a 36 kV, sino alla nuova SE Terna 380/150/36.

Da un punto di vista elettrico, i moduli fotovoltaici (82.680), saranno collegati tra loro in serie a formare le **stringhe**. Per "**stringa fotovoltaica**" s'intende un insieme di moduli collegati tra loro in serie: la tensione resa disponibile dalla singola stringa è data dalla somma delle tensioni fornite dai singoli moduli che compongono la stringa.

Un certo numero di stringhe afferirà dapprima ad un Quadro di Campo (*string-box*) (lato **DC**) e poi ad un Inverter centralizzato alloggiato all'interno di apposito locale tecnico. A sua volta un certo numero di inverter formerà un **sottocampo elettrico**. Per "**sotto-campo fotovoltaico**" si intende un insieme di inverter che collegati tra loro (configurazione a stella o ad anello) afferiscono alla Cabina di Raccolta (lato **AC**). L'energia totale afferente alla Cabina di Raccolta, e quindi l'energia totale erogata dall'Impianto Agrivoltaico, sarà data dalla somma dell'energia raccolta da ciascun Inverter.

I sottocampi elettrici, sono elettricamente indipendenti tra loro,

Sul lato in corrente continua (DC) di ciascun inverter verrà collegato in parallelo un certo numero di stringhe; le uscite in corrente alternata (AC) di tali inverter, a loro volta, verranno poste in parallelo tra loro all'interno di un quadro principale in corrente alternata (QP) situato anch'esso all'interno di dedicati locali tecnici di campo (cabine di campo AT/BT); all'interno di tali quadri QP saranno

alloggiati interruttori quadripolari magnetotermici differenziali al fine di proteggere le linee relative ai sotto-campi da sovracorrenti, cortocircuiti e/o perdite di isolamento.

In sintesi l'impianto agrivoltaico in oggetto avrà le seguenti caratteristiche:

- potenza installata lato DC: 57,4626 MWp;
- potenza dei singoli moduli: 695 Wp;
- n. 20 cabine di conversione e trasformazione dell'energia elettrica;
- n. 2 Cabina di Raccolta e Controllo AT
- n. 5 Magazzino

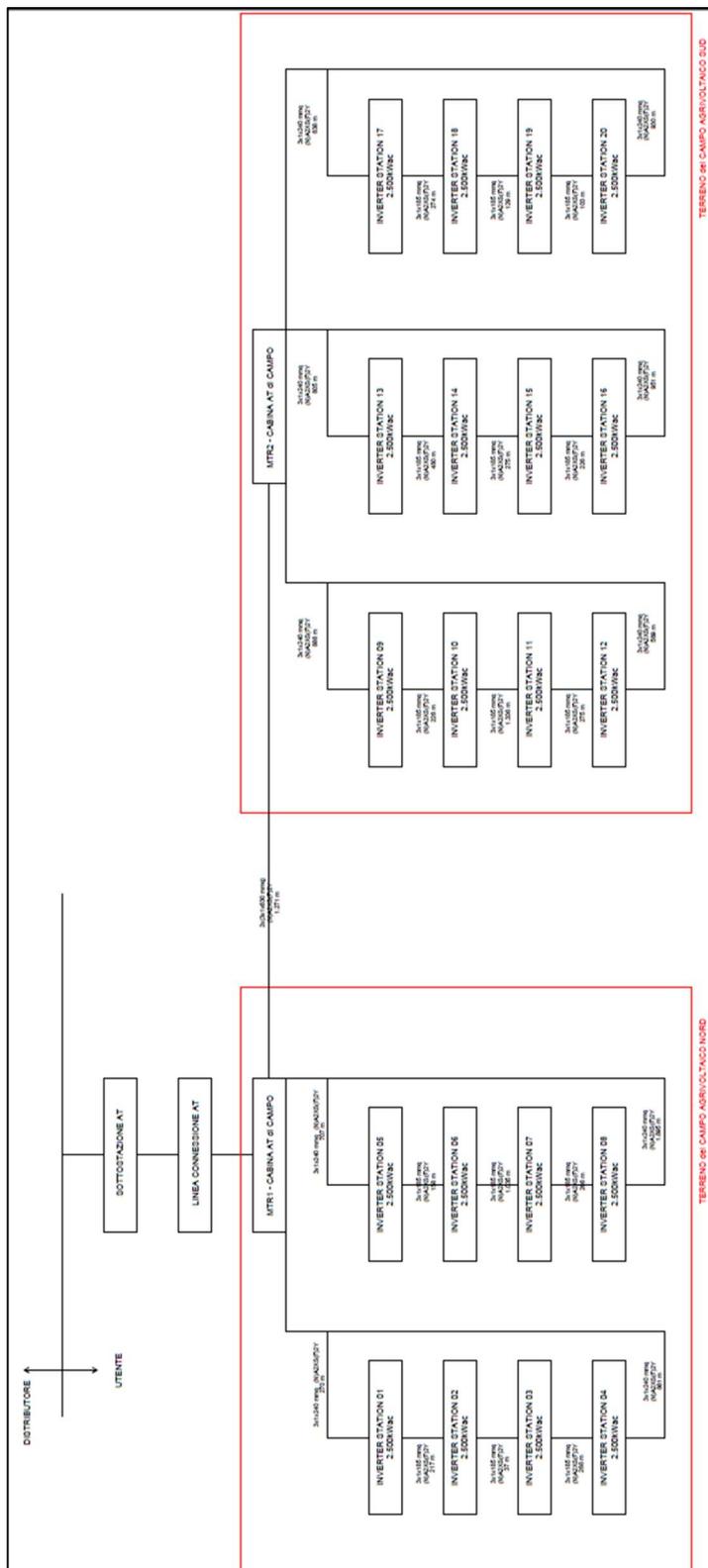
sarà costituito inoltre da:

- rete elettrica interna a bassa tensione e corrente continua;
- rete elettrica interna a 36 kV per il collegamento in entra-esce e anello tra le cabine di trasformazione fino alla cabina di smistamento;
- rete telematica interna di monitoraggio per il controllo dell'impianto agrivoltaico.

La tabella che segue, riassume la struttura ed il layout d'impianto

Totale						
Tracker Type	N° Strings/Tracker	N° PV Panels/Tracker	Tracker quantity	Total N° strings	Total N° PV Panels	Peak Power (kWp)
Trck 52 PV M	2	52	1.507	3.014	78.364	54.462,98
Trck 26 PV M	1	26	166	166	4.316	2.999,62
<b>Total</b>			<b>1.673</b>	<b>3.180</b>	<b>82.680</b>	<b>57.462,60</b>

**Tab. 1 – struttura impiatno fotovotlaico**



**Schema elettrico a bocchi impiato fotovoltaico**

## 4 IL QUADRO NORMATIVO

Il panorama normativo italiano in fatto di protezione contro l'esposizione dei campi elettromagnetici si riferisce alla **legge 22/2/01 n°36** che è la Legge Quadro sulla protezione dalle esposizioni ai campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici completata a regime con l'emanazione del **D.P.C.M. 8 luglio 2003**

Nel D.P.C.M. vengono fissati i limiti di esposizione e i valori di attenzione da rispettare per garantire 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 negli articoli 3 e 4 vengono indicate le soglie di rispetto per l'induzione magnetica:

### ➤ **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  $\mu$ T** per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- **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  $\mu$ 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  $\mu$ T** per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

All'art 6, vengono fissati i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento ***all'obiettivo di qualità (B=3 $\mu$ 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, l'obiettivo qualità da perseguire nella realizzazione dell'impianto è pertanto quello di avere un valore di intensità di campo magnetico non superiore ai **3 $\mu$ T** come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Si precisa inoltre che nelle valutazioni che seguiranno, è stata considerato il "**worst-case**", caso peggiore, cioè la condizione di esercizio, ovvero quella in cui l'Impianto Agrivoltaico trasferisce alla RTN (Rete di Trasmissione Nazionale) la massima produzione.

## **5 GENERALITÀ SUI CAMPI ELETTROMAGNETICI**

I campi elettrico e magnetico costituiscono le cosiddette radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti. In generale, nel caso di fenomeni variabili nel tempo, i due campi non sono indipendenti, ma dipendono l'uno dall'altro. Tuttavia, nel caso di frequenze basse o bassissime (come quella industriale, a 50 Hz) già a distanze trascurabili dall'emittente i due campi sono sostanzialmente indipendenti.

I campi elettrici e magnetici a 50 Hz si comportano come due agenti fisici separati la cui presenza si fa risentire in una regione dello spazio molto vicino alla sorgente i cui effetti devono essere analizzati separatamente.

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

- **E: Campo elettrico:** dipende principalmente dalla tensione a cui funziona la sorgente. La sua intensità viene espressa in volt per metro (V/m);
- **H: Campo magnetico:** dipende principalmente dalla corrente che circola nella sorgente. La sua intensità si esprime in ampere per metro (**A/m**) ma è anche espressa in termini di una grandezza corrispondente: l'**induzione magnetica** indicata con la lettera **B** che si misura in tesla (**T**) e nei suoi sottomultipli il millitesla (**mT**) un millesimo di tesla, il microtesla ( **$\mu$ T**) un milionesimo di tesla.

L'intensità del campo elettrico dipende principalmente dalla tensione della linea e aumenta al crescere della tensione. Il valore efficace dell'intensità del campo elettrico prodotto in un punto dalla

linea di data tensione si mantiene costante. Hanno influenza sul campo elettrico, oltre che la tensione, la distanza dalla linea (presenta un massimo a qualche metro di distanza dall'asse della linea e decresce man mano che ci si allontana), la distanza dei conduttori da terra e la disposizione dei conduttori. Nel caso di linee elettriche realizzate mediante cavi isolati e schermati (come nel caso di linee elettriche interrate) o per componenti elettrici presenti all'interno di cabine che quindi fanno da effetto schermante (come ad esempio i trasformatori, gli inverter e i quadri elettrici), il campo elettrico all'esterno dello schermo è teoricamente nullo e praticamente insignificante (spesso non misurabile), sempre ordini di grandezza inferiore rispetto ai limiti di legge già per distanze dal cavo dell'ordine dei decimetri. Il campo elettrico non è quindi una grandezza pertinente nel caso in esame. 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.

## **6 CALCOLO DEI VALORI DEL CAMPO B**

All'interno dell'Impianto Agrivoltaico in progetto tutte le apparecchiature elettriche presenti, sono fonte di emissione di Campi Elettromagnetici ed in particolare le linee elettriche AT di interconnessione tra le apparecchiature di trasformazione BT/AT all'interno delle Cabine Elettriche. Per queste ultime si calcolerà la **DPA (Distanze di Prima Approssimazione)**, cioè la distanza oltre la quale il campo di induzione elettromagnetica è al di sotto dell'Obiettivo di Qualità, i  $3 \mu T$ .

Attenzione particolare sarà volta alla linea AT (cavidotto esterno di Vettoriamento) che trasporterà tutta l'energia prodotta dall'Impianto Agrivoltaico verso la nuova Sottostazione Elettrica 380/150/36 kV di Terna, punto di consegna ed immissione dell'energia nella RTN.

In sintesi il calcolo sarà effettuato per:

- Linee AT interne all'Impianto Agrivoltaico;
- Linea esterna di Vettoriamento di connessione tra la Cabina di Raccolta la detta nuova Sottostazione Elettrica Terna;
- Cabine elettriche interne all'Impianto Agrivoltaico (DPA);

Per la valutazione del campo elettromagnetico generato dagli elettrodotti, occorre innanzitutto distinguere il caso in cui lo stesso elettrodotto sia costituito da 1 o da più terne di cavi AT, secondo quanto suggerito dalla Norma CEI 106-11. Di seguito si riportano le due casistiche, che verranno poi applicate ai casi del progetto in esame.

### **Caso A – 1 terna di cavi**

Per quanto concerne il caso di una singola terna di cavi sotterranei di alta tensione posati a trifoglio, la norma CEI 106-11 al cap.7.1 indica che con una profondità di posa pari a 0,80 m già al livello del suolo sulla verticale del cavo e nelle condizioni limite di portata si determina una induzione magnetica inferiore a  $3 \mu T$ . Tuttavia si terrà conto nel seguito, per il modello del sistema, di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicordati.

La norma CEI 106-11 al cap.62.3, per i cavi posati a trifoglio, suggerisce l'espressione approssimata del campo magnetico

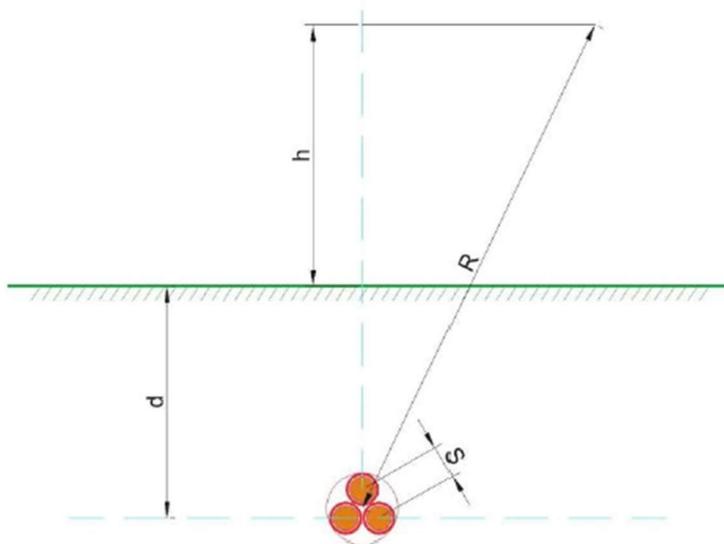
$$B = 0,1 * \sqrt{6} \frac{S*I}{R^2} \quad (1)$$

dove:

**B** [ $\mu$ T] 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].



### Caso B – 2 o più terne di cavi

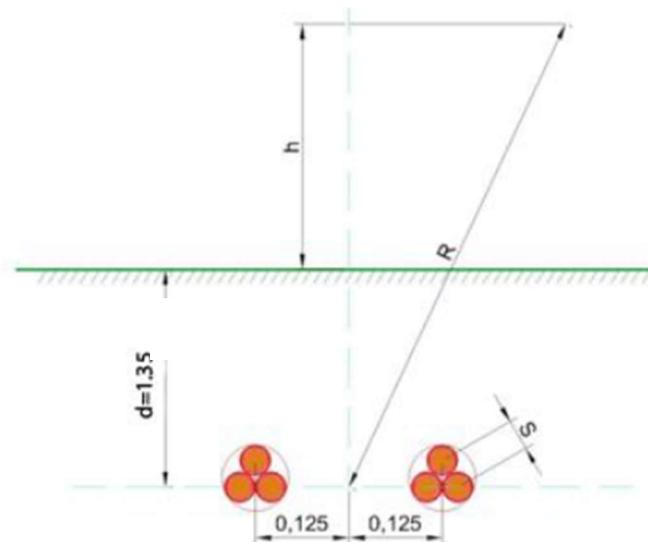
Per tener conto della presenza di due o più terne nella stessa sezione di scavo si è fatto ricorso ad un modello matematico che tenesse conto del campo magnetico generato da ogni singola terna. Il modello costituito, secondo quanto previsto e suggerito dalla norma CEI 211-4 cap. 4.3, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica, calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.

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.

$$B_i = \sum_{i=1}^n (0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_i * I_i}{(x-x_i)^2 + (y-d)^2}) \quad (2)$$

Nel caso di 2 terne quindi avremo:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x-x_1)^2 + (y-d)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x-x_2)^2 + (y-d)^2}$$



## 6.1 Campo elettromagnetico generato dalle linee AT interrate all'interno dell'Impianto Agrivoltaico

Dallo schema a blocchi innanzi riportato, si evince che il massimo numero di terne all'interno dello stesso scavo è pari a 2, una da 185 mm<sup>2</sup> e una da 240 mm<sup>2</sup>.

Questa configurazione si ripete per tutti e 5 i sottocampi elettrici, quindi le considerazioni fatte a seguire, hanno valenza generale per l'intero impianto. Da un punto di vista elettrico, l'impianto risulta molto ben bilanciato. Ciascun sottocampo sviluppa infatti la stessa potenza **11,492 MW**. Consideriamo quindi a base dei calcoli, uno qualsiasi dei 5 sottocampi sottocampo 1 che origina il più alto valore di corrente sulle due terne.

SOTTOCAMPO 1									
INV	Potenza INVina (kWp)	Tratti	Potenza cumulata (kWp)	Tensione (kV)	Corrente Ib (A)	Sezione (mm <sup>2</sup> )	Portata Nominale Iz' (A)	Ktot	Portata Nominale Iz (A)
INV I1	2.873,13	INV I1 - INV I2	2.873,13	30,00	56,42	185,00	391	0,91	356
INV I2	2.873,13	INV I2 - INV I3	5.746,26	30,00	112,84	185,00	391	0,91	356
INV I3	2.891,20	INV I3 - INV I4	8.637,46	30,00	169,62	185,00	391	0,91	356
INV I4	2.873,13	INV I4 - MTR1	11.510,59	31,00	218,75	240,00	534	0,91	487
INV I1	2.873,13	INV I1 - MTR1	2.873,13	30,00	56,42	240,00	534	0,91	487

Tab. 2 – Portate anello linea 2

**I terna:** 185 mm<sup>2</sup> – Ib=56,42A;

**II terna:** 240 mm<sup>2</sup> – Ib=218,75 A;

Le caratteristiche tecniche delle due terne sono le seguenti:

### Constructional data (nominal)

Nominal section area	Conductor diameter	Thickness of insulation	DC conductor resistance at 20°C	Electrostatic capacitance	Aluminium screen			Copper wire/lead sheath			Copper wire/alu sheath			Corrugated Alu sheath			Lead sheath		
					Sectional area*	Outside diameter of cable*	Weight of cable*	Sectional area*	Outside diameter of cable*	Weight of cable*	Sectional area*	Outside diameter of cable*	Weight of cable*	Sectional area*	Outside diameter of cable*	Weight of cable*	Sectional area*	Outside diameter of cable*	Weight of cable*
mm <sup>2</sup>	mm	mm	Ω/km	µF/km	mm <sup>2</sup>	mm	kg/m	mm <sup>2</sup>	mm	kg/m	mm <sup>2</sup>	mm	kg/m	mm <sup>2</sup>	mm	kg/m	mm <sup>2</sup>	mm	kg/m
185 R	16.2	10.9	0.1640	0.18	190	55	3	95	60	7	105	56	3	250	64	3	810	63	12
240 R	18.4	10.5	0.1250	0.20	200	56	3	95	62	8	105	58	4	260	65	3	810	64	12
300 R	20.5	10.5	0.1000	0.22	190	59	3	95	64	8	100	60	4	270	67	4	810	66	12
400 R	23.3	10.7	0.0778	0.23	180	62	4	90	67	9	100	64	4	310	72	4	820	69	13
500 R	26.4	10.9	0.0605	0.25	180	65	4	85	71	9	100	67	5	330	76	5	810	72	13
630 R	30.3	11.1	0.0469	0.27	190	70	5	85	76	10	95	72	5	350	80	6	800	76	14
800 R	34.7	11.4	0.0367	0.29	190	75	6	80	81	11	90	77	6	400	87	7	800	80	15
1000 R	38.2	11.5	0.0291	0.31	170	79	7	75	85	13	90	81	7	420	91	7	790	84	15
1200 R	41.4	11.6	0.0247	0.33	180	82	7	65	88	14	85	84	8	470	95	8	810	87	16
1600 S	48.9	11.9	0.0186	0.37	210	92	9	55	98	17	80	94	10	560	106	11	800	96	18

\*Indicative value

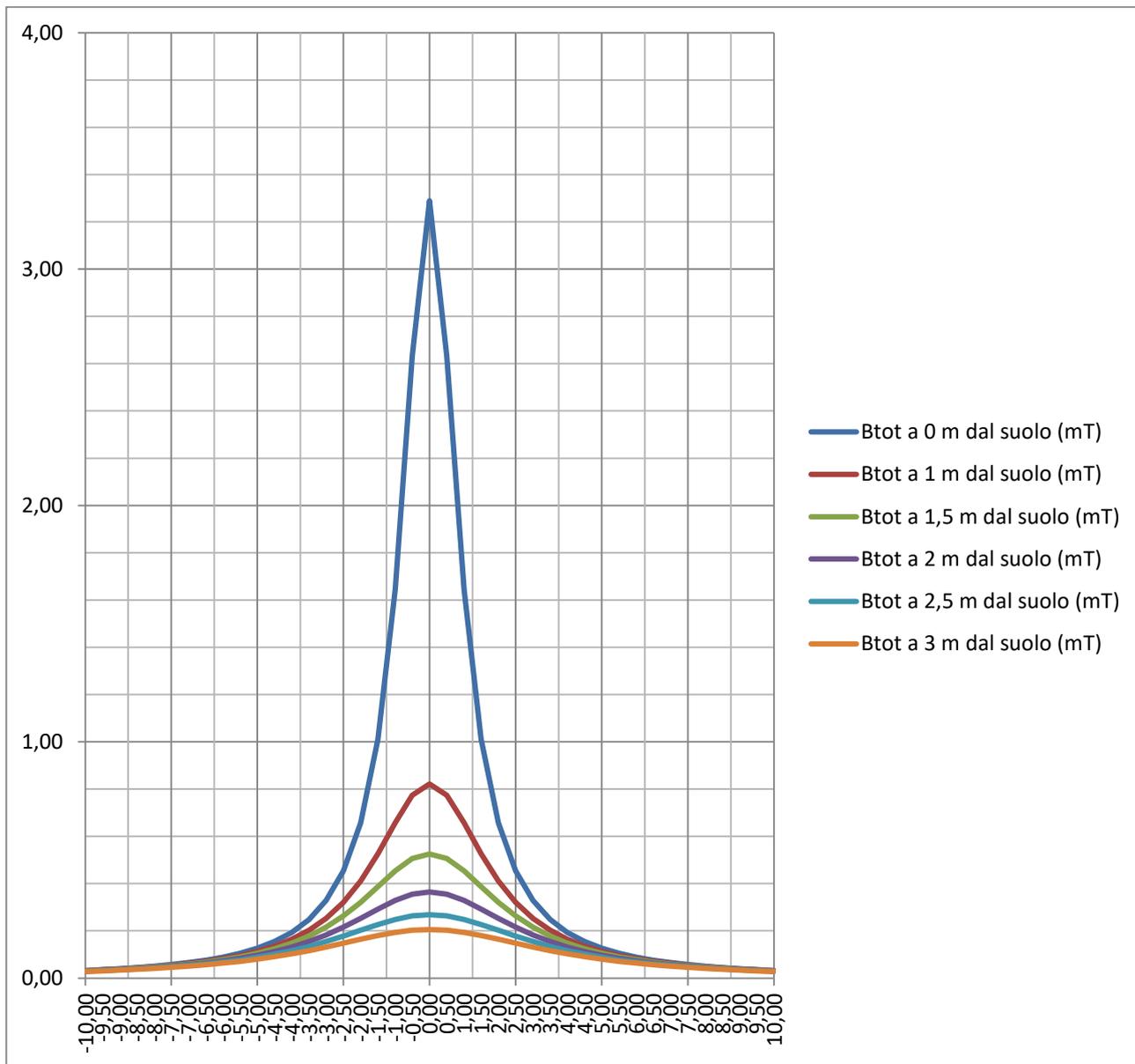
R : round stranded  
S : segmental stranded

Utilizzando la (2) è possibile calcolare il valore dell'induzione elettromagnetica generato dalla coppia di terne. Il calcolo è stato effettuato per ipotetici punti posti a diverse altezze dal suolo e diverse distanze dall'asse dei cavidotti, ottenendo i seguenti valori:

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	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
-9,50	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
-9,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
-8,50	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
-8,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
-7,50	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
-7,00	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
-6,50	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
-6,00	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06
-5,50	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07
-5,00	0,13	0,11	0,11	0,10	0,09	0,08
-4,50	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09
-4,00	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10
-3,50	0,25	0,20	0,18	0,15	0,13	0,12
-3,00	0,33	0,25	0,22	0,18	0,15	0,13
-2,50	0,45	0,32	0,26	0,22	0,18	0,15
-2,00	0,66	0,41	0,32	0,25	0,20	0,16
-1,50	1,01	0,53	0,39	0,29	0,23	0,18
-1,00	1,64	0,66	0,45	0,33	0,25	0,19
-0,50	2,63	0,77	0,51	0,36	0,26	0,20
<b>0,00</b>	<b>3,29</b>	<b>0,82</b>	<b>0,53</b>	<b>0,37</b>	<b>0,27</b>	<b>0,21</b>

**Tab. 3 - Valori dell'induzione elettromagnetica a diverse distanze dall'asse del cavidotto e dal suolo**

che tradotto graficamente per le varie altezze dal suolo:



**Valori dell'induzione elettromagnetica a diverse altezze dal suolo e distanze dall'asse conduttori**

Dal grafico e dalla sua traduzione numerica nella tabella 3 innanzi riportata, è evidente che il valore dell'induzione elettromagnetica generato dai cavidotti interni all'impianto agrivoltaico, è ben di poco al di sopra dell'obiettivo di qualità, cioè 3  $\mu$ T, assumendo sull'asse degli stessi ed ad altezza del suolo, un valore pari a 3,29  $\mu$ T. Tuttavia si può notare come già a 50 cm dall'asse dei conduttori, il valore scenda a 2,63  $\mu$ T, rispettando quindi i limiti nomativi.

## 6.2 Campo elettromagnetico generato dalla linea AT di Vettoriamiento di connessione tra la Cabina di Smistamento Utente e la Sottostazione Elettrica Utente

Allo stesso modo è possibile calcolare il valore del capo di induzione elettromagnetica generato dall'elettrodotto esterno di collegamento con la nuova SE Terna, punto di cessione dell'energia prodotta dall'impianto.

Come visto nella *Relazione Tecnica e Calcoli Preliminare degli impianti*, l'elettrodotto esterno, sarà costituito da tre terne di cavi AT a 36 kV, ciascuna di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup>. In ciascuna di esse fluirà una corrente pari a **313,23 A**.

<b>Linea MTR2 - MTR1</b>						
<i>Potenza cumulata (kWp)</i>	<i>Tensione (kV)</i>	<i>Corrente Ib (A)</i>	<i>Sezione (mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Portata Nominale Iz' (A)</i>	<i>Ktot</i>	<i>Portata Nominale Iz (A)</i>
<b>34.477,56</b>						
<b>17.238,78</b>	36,00	<b>282,11</b>	<b>630,00</b>	<b>695</b>	<i>0,91</i>	<b>633</b>
<b>17.238,78</b>	36,00	<b>282,11</b>	<b>630,00</b>	<b>695</b>	<i>0,91</i>	<b>633</b>

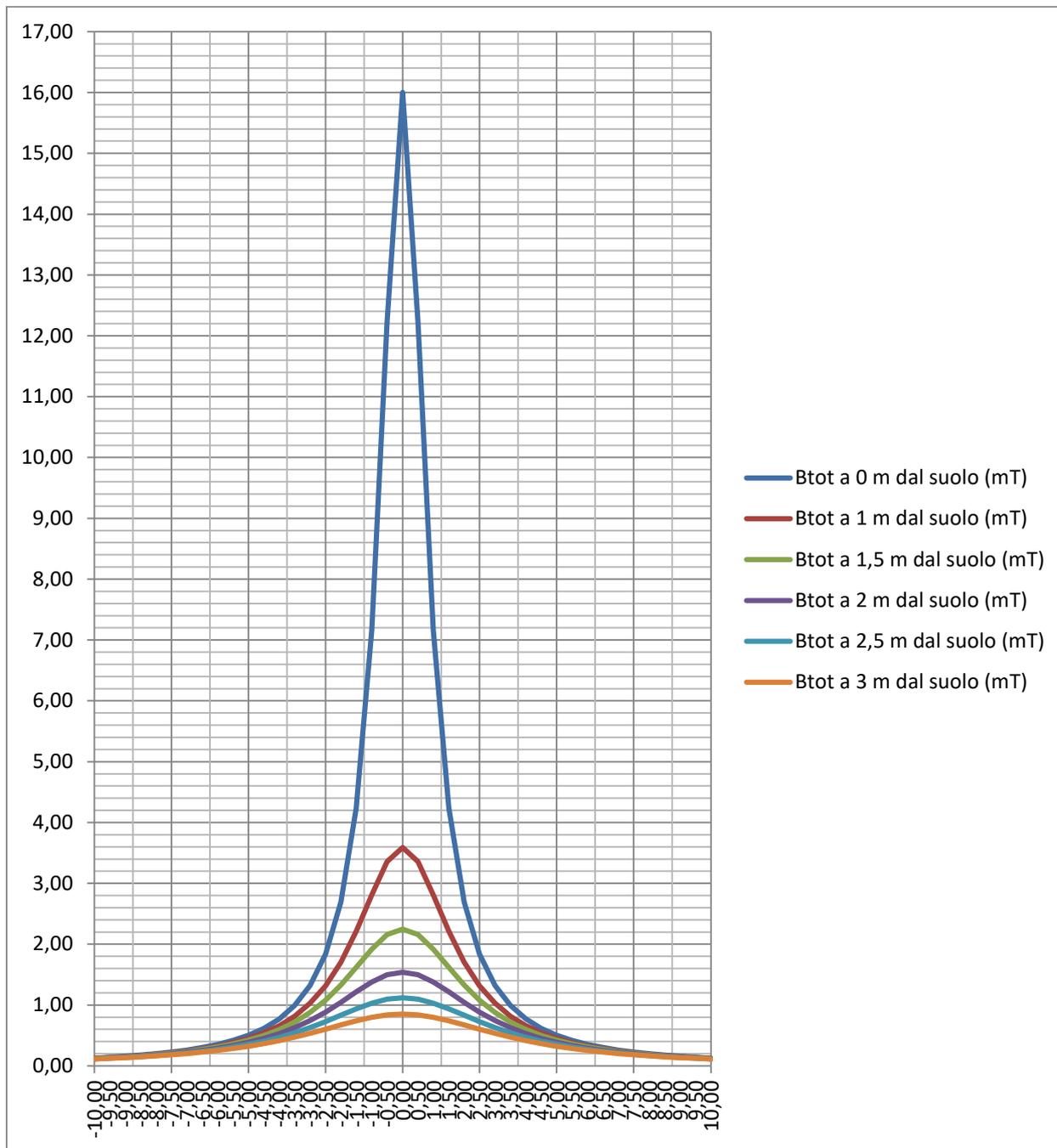
<b>Linea MTR1 - SSE</b>						
<i>Potenza cumulata (kWp)</i>	<i>Tensione (kV)</i>	<i>Corrente Ib (A)</i>	<i>Sezione (mm<sup>2</sup>)</i>	<i>Portata Nominale Iz' (A)</i>	<i>Ktot</i>	<i>Portata Nominale Iz (A)</i>
<b>57.462,60</b>	35,00	<b>967,23</b>	<b>630,00</b>			
<b>19.154,20</b>	36,00	<b>313,45</b>	<b>630,00</b>	<b>695</b>	<i>0,91</i>	<b>633</b>
<b>19.154,20</b>	36,00	<b>313,45</b>	<b>630,00</b>	<b>695</b>	<i>0,91</i>	<b>633</b>
<b>19.154,20</b>	36,00	<b>313,45</b>	<b>630,00</b>	<b>695</b>	<i>0,91</i>	<b>633</b>

Utilizziamo la (2) e calcoliamo il valore dell'induzione elettromagnetica generato dalle due terne. Il calcolo è stato effettuato per ipotetici punti posti a diverse altezze dal suolo e diverse distanze dall'asse dei cavidotti, ottenendo i seguenti valori:

Distanza dall'asse centrale (m)	Btot a 0 m dal suolo ( $\mu\text{T}$ )	Btot a 1 m dal suolo ( $\mu\text{T}$ )	Btot a 1,5 m dal suolo ( $\mu\text{T}$ )	Btot a 2 m dal suolo ( $\mu\text{T}$ )	Btot a 2,5 m dal suolo ( $\mu\text{T}$ )	Btot a 3 m dal suolo ( $\mu\text{T}$ )
-10,00	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,11
-9,50	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12
-9,00	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13
-8,50	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15
-8,00	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,16
-7,50	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18
-7,00	0,26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20
-6,50	0,30	0,28	0,27	0,26	0,24	0,23
-6,00	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25
-5,50	0,42	0,38	0,36	0,34	0,31	0,29
-5,00	0,50	0,45	0,42	0,39	0,35	0,32
-4,50	0,62	0,54	0,50	0,45	0,41	0,37
-4,00	0,77	0,66	0,60	0,53	0,47	0,42
-3,50	0,99	0,82	0,72	0,63	0,54	0,47
-3,00	1,32	1,03	0,88	0,74	0,63	0,54
-2,50	1,84	1,31	1,08	0,88	0,73	0,60
-2,00	2,69	1,70	1,33	1,04	0,83	0,67
-1,50	4,24	2,21	1,62	1,22	0,94	0,74
-1,00	7,16	2,81	1,92	1,38	1,03	0,80
-0,50	12,23	3,36	2,16	1,50	1,10	0,84
<b>0,00</b>	<b>16,00</b>	<b>3,59</b>	<b>2,25</b>	<b>1,54</b>	<b>1,12</b>	<b>0,85</b>

**Tab. 4 - Valori dell'induzione elettromagnetica a diverse distanze dall'asse del cavidotto e dal suolo**

che tradotto graficamente:



*Valori dell'induzione elettromagnetica a diverse altezze dal suolo e distanze dall'asse conduttori*

Dal grafico e dalla sua traduzione in numeri della tabella 4, si evince che:

- il valore dell'induzione elettromagnetica generato dal cavidotto di collegamento alla SE Terna, sull'asse del cavidotto e a livello campagna, è al di sopra dell'obiettivo di qualità, cioè  $3 \mu\text{T}$ , assumendo pari a  **$16,00 \mu\text{T}$** ;

- alla distanza di 2,0 dall'asse del cavidotto e sempre a 0 m dal suolo, il valore dell'induzione elettromagnetica scende rapidamente a **2,69**  $\mu\text{T}$ , valore inferiore all'obiettivo di qualità;
- ad 1,5 metri dal suolo il valore di B è pari **2,25**  $\mu\text{T}$ , valore inferiore all'obiettivo di qualità.

## 7 CONCLUSIONI

La trattazione appena svolta, porta alla conclusione che l'impatto elettromagnetico generato dai cavidotti AT può considerarsi di scarsa entità, e se consideriamo anche che le opere non saranno realizzate in aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o in luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore (limite normativo per l'esposizione a valori di B > di 3  $\mu\text{T}$ ), l'impatto può considerarsi **TREASCURABILE**.