



COMUNE DI FOGGIA



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO **IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA** **DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO** **INTEGRATO DA PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA**

Committente:

Grupotec Solar Italia 11 s.r.l.

Via Statuto, 10
20121 Milano (MI)



StudioTECNICO

ing. Marco G Balzano

Via Cannello Rotto, 3
70125 BARI | Italy
+39 331.6794367

www.ingbalzano.com



Spazio Riservato agli Enti:

REV	DATA	ESEGUITO	VERIFICA	APPROV	DESCRIZ
R0	10/02/2023	SDS	MBG	MBG	Prima Emissione

Numero Commessa:

SV782

Data Elaborato:

10/02/2023

Revisione:

R0

Titolo Elaborato:

Relazione Impatto Elettromagnetico

Progettista:

ing. Marco G. Balzano

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari n.9341
Professionista Antincendio Elenco Ministero degli Interni BA09341101837
Consulente Tecnico d'Ufficio (CTU) Tribunale Bari

Elaborato:

V.04

Sommario

1. Premessa	3
1.1 Generalità	3
1.2 Descrizione sintetica dell'iniziativa	5
1.3 Contatto	5
1.4 Localizzazione	7
Area Impianto	8
1.5 Oggetto del Documento	10
2. Campi Elettromagnetici: Generalità e Riferimenti Normativi	11
2.1 Generalità	11
2.2 Normative	14
2.3 Definizioni	17
3. Calcolo della D.p.a.	19
3.1 Impianto Fotovoltaico	19
3.2 Elettrodotti MT Interno a 30 kV	20
3.3 Valutazione Analitica Campi Elettromagnetici – Terne MT interrate a 1,2 m	22
3.4 Power Station	42
3.5 Elettrodotto Esterno	44
4. Conclusioni	53

STUDIOTECNICO
ing. Marco BALZANO

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

1. Premessa

1.1 Generalità

La Società **GRUPOTEC SOLAR ITALIA 11 SRL**, con sede in Via Statuto, 10 – 20121 Milano (MI), è soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un progetto **Agri-fotovoltaico** denominato **"AgroPV – Faranone"**.

L'iniziativa prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico, ossia destinato alla **produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile solare integrato** da un **progetto agronomico studiato per assicurare la compatibilità con le caratteristiche pedo-agricole e storiche del sito.**

Il progetto, meglio descritto nelle relazioni specialistiche, si prefigge l'obiettivo di **ottimizzare** e utilizzare in modo **efficiente** il territorio, producendo **energia elettrica** pulita e garantendo, allo stesso tempo, una **produzione agronomica**.

Il costo della produzione elettrica, mediante la tecnologia fotovoltaica, è concorrenziale alle fonti fossili, ma con tutti i vantaggi derivanti dall'uso della fonte solare, quali zero emissioni di CO₂, inquinanti solidi e liquidi, nessuna emissione sonora, ecc.

L'impianto fotovoltaico produrrà energia elettrica utilizzando come energia primaria l'energia dei raggi solari. In particolare, l'impianto trasformerà, grazie all'esposizione alla luce solare dei moduli fotovoltaici realizzati in materiale semiconduttore, una percentuale dell'energia luminosa dei fotoni in energia elettrica sotto forma di corrente continua che, opportunamente trasformata in corrente alternata da apparati elettronici chiamati "inverter", sarà ceduta alla rete elettrica nazionale.

La tecnologia fotovoltaica presenta molteplici aspetti favorevoli:

1. il sole è risorsa gratuita ed inesauribile;
2. non comporta emissioni inquinanti;
3. non genera inquinamento acustico
4. permette una diversificazione delle fonti energetiche e riduzione del deficit elettrico;
5. presenta una estrema affidabilità sul lungo periodo (vita utile superiore a 30 anni);
6. i costi di manutenzione sono ridotti al minimo;
7. il sistema presenta elevata modularità;
8. si presta a facile integrazione con sistemi di accumulo;
9. consente la delocalizzazione della produzione di energia elettrica.

L'impianto in progetto consente di produrre un significativo quantitativo di energia elettrica senza alcuna emissione di sostanze inquinanti, senza alcun inquinamento acustico e con un ridotto impatto visivo.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 3 di 53

L'iniziativa si inquadra, altresì, nel piano di realizzazione di impianti per la produzione di energia fotovoltaica che la società intende realizzare nella Regione Puglia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze di energia pulita e sviluppo sostenibile che, a partire dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997 sono state anche dall'Accordo sul Clima delle Nazioni Unite (Parigi, Dicembre 2015) e dal pacchetto di proposte legislative climatico "Fit for 55" a livello internazionale oltre che dal Piano Nazionale Energia e Clima (PNIEC - 2020) e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR - 2021) a livello nazionale. Tutti gli strumenti di pianificazione concordano nel porre la priorità sulla transizione energetica dalle fonti fossili alle rinnovabili che, oltre a ridurre gli impatti sull'ambiente, contribuiscono a migliorare il tenore di vita delle popolazioni e la distribuzione di reddito nelle regioni più svantaggiate, periferiche o insulari, anche grazie alla creazione di posti di lavoro locali permanenti che consente una maggiore coesione economica e sociale.

In tale contesto nazionale ed internazionale lo sfruttamento dell'energia solare costituisce senza dubbio una valida risposta alle esigenze economiche ed ambientali sopra esposte.

Di rilievo il **Regolamento UE n. 2577/2022** che, al fine di favorire ulteriormente la transizione e l'indipendenza energetica dell'Unione Europea, stabilisce che **gli impianti FER sono ex lege di interesse pubblico prevalente** rispetto ad altri interessi potenzialmente in conflitto.

In ragione delle motivazioni sopra esposte, al fine di favorire la transizione energetica verso **soluzioni ambientalmente sostenibili** la società proponente intende sottoporre all'iter valutativo l'iniziativa agrivoltaica oggetto della presente relazione.

La tipologia di opera prevista rientra nella categoria "impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda" citata nell'All. IV articolo 2 lettera b) del D.Lgs 152/2006, aggiornato con il D.Lgs 4/2008 vigente dal 13 febbraio 2008.

La progettazione è stata svolta utilizzando le **ultime tecnologie** con i migliori **rendimenti** ad oggi disponibili sul mercato. Considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tipologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.

Il progetto agronomico, da realizzare in consociazione con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica, è stato studiato sin dalle fasi iniziali in base ad un'approfondita analisi con lo scopo di:

- Attivare un progetto capace di favorire la biodiversità e la salvaguardia ambientale;
- Garantire la continuità delle attività colturali condotte sul fondo e preservare il contesto paesaggistico.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 4 di 53

1.2 Descrizione sintetica dell'iniziativa

L'iniziativa è da realizzarsi in agro del Comune di **Foggia (FG)**, circa 8,8 km a Nord-Est del centro abitato.

Per ottimizzare la produzione energetica, è stato scelto di realizzare l'impianto fotovoltaico mediante tracker monoassiali, ovvero inseguitori solari azionati da attuatori elettromeccanici capaci di massimizzare la produttività dei moduli fotovoltaici ed evitare il prolungato ombreggiamento del terreno sottostante.

Questa tecnologia elettromeccanica consente di seguire quotidianamente l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con la perfetta angolazione e massimizzando la producibilità e la resa del campo.

Circa le **attività agronomiche** da effettuare in consociazione con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica, si è condotto uno studio agronomico finalizzato all'analisi pedo-agronomica dei terreni, del potenziale, della vocazione storica del territorio e dell'attività colturale condotta dall'azienda agricola proprietaria del fondo.

Il progetto prevede, oltre alle opere di mitigazione a verde dislocata lungo le fasce perimetrali, un articolato progetto agronomico nelle aree utili interne ed esterne la recinzione oltre alla installazione di un apiario per favorire la biodiversità.

La scelta agronomica ha tenuto conto della tipologia e qualità del terreno/sottosuolo e della disponibilità idrica. Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni specialistiche.

Per quel che concerne l'impianto fotovoltaico, esso avrà una potenza complessiva pari a **64,000 MWn – 76,128 MWp**.

L'impianto sarà composto da inverter trifase, connessi a gruppi a trasformatori BT/MT o BT/AT (per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato).

L'impianto sarà collegato in A.T. alla Rete di Trasmissione gestita da Terna S.p.A.

In base alla soluzione di connessione (**STMG TERNA/P20220016743 del 28/02/2022 – CODICE PRATICA 202102331**), l'impianto fotovoltaico sarà collegato alla rete di trasmissione **in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV denominata "Manfredonia"**.

Le opere, data la loro specificità, sono da intendersi di interesse pubblico, indifferibili ed urgenti ai sensi di quanto affermato dall'art. 1 comma 4 della legge 10/91 e ribadito dall'art. 12 comma 1 del Decreto Legislativo 387/2003, nonché urbanisticamente compatibili con la destinazione agricola dei suoli come sancito dal comma 7 dello stesso articolo del decreto legislativo.

1.3 Contatto

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 5 di 53



StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341



Società promotrice: **GRUPOTEC SOLAR ITALIA 11 S.R.L**

Indirizzo: Via Statuto, 10
20121 MILANO
PEC: grupotecsolaritalia7srl@legalmail.it
Mob: +39 331.6794367

Progettista: **SEPTEM S.R.L.**

Direttore Tecnico: **Ing. MARCO G. BALZANO**

Indirizzo: Via Canello Rotto, 03
70125 BARI (BA)
Tel. +39 331.6794367
Email: studiotecnico@ingbalzano.com
PEC: ing.marcobalzano@pec.it

STUDIOTECNICO 
ing. MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 6 di 53

1.4 Localizzazione

L'area contrattualizzata dal proponente, dell'estensione di **127,57 ha**, sarà destinata alla realizzazione dell'impianto in progetto, denominato "**AgroPV-Faranone**", si trova in Puglia nel Comune di **Foggia (FG)**, in località "**Faranone**".

Le **opere di rete**, in ragione della posizione del progetto e della soluzione per la connessione alla RTN individuata da Terna, interesseranno l'agro di Foggia (FG), San Marco in Lamis (FG) e Manfredonia (FG).



Fig. 1-1: Localizzazione area di intervento, in blu la perimetrazione dell'impianto, in verde le aree coltivate esterne alla recinzione e in rosso le aree disponibili

Coordinate GPS:

Latitudine: 41.507349° N

Longitudine: 15.670701° E

Altezza s.l.m.: 38 m

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 7 di 53

AREA IMPIANTO

L'area di interesse per le opere di impianto è censita catastalmente nel comune di **Foggia (FG)**, come di seguito specificato:

Comune	Foglio di mappa	Particelle	Classamento	Consistenza (ha)
FOGGIA (FG)	63	1	Seminativo Irriguo/ Seminativo	65,3896
FOGGIA (FG)	63	13	Pascolo	0,0850
FOGGIA (FG)	63	15	Seminativo	2,8048
FOGGIA (FG)	64	5	Seminativo Irriguo	25,7226
FOGGIA (FG)	64	6	Seminativo Irriguo	6,4955
FOGGIA (FG)	66	2	Seminativo/ Seminativo Irriguo	0,6090
FOGGIA (FG)	66	12	Seminativo/ Seminativo Irriguo	0,0771
FOGGIA (FG)	66	14	Seminativo	6,2940
FOGGIA (FG)	66	15	Seminativo	6,8982
FOGGIA (FG)	66	16	Seminativo Irriguo	5,7718
FOGGIA (FG)	66	19	Seminativo	1,8104
FOGGIA (FG)	66	21	Seminativo Irriguo	4,6456
FOGGIA (FG)	66	22	Seminativo Irriguo	0,9644



STUDIOTECNICO
ing.MarcoBALZANO
PROF. ING. 31/03/2019

StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Cancellotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341



Fig. 1-2: Localizzazione area di intervento su ortofoto catastale, in blu la perimetrazione dell'area disponibile

STUDIOTECNICO 
ing.MarcoBALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 9 di 53

1.5 Oggetto del Documento

Il presente studio è stato redatto al fine di valutare l'impatto elettromagnetico generato dagli impianti elettrici funzionali all'impianto di produzione di energia elettrica da conversione fotovoltaica dell'energia solare.

Sono state individuate le potenziali sorgenti di emissione e si è proceduto alla valutazione dei potenziali rischi legati all'esposizione delle persone.

Nello Specifico gli apparati elettrici oggetto del presente studio sono:

- ✓ Impianto Fotovoltaico
- ✓ Power Center BT/MT;
- ✓ Elettrodotti di Media Tensione (MT);

Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto.

Per l'individuazione di tale fascia si deve effettuare il calcolo dell'induzione magnetica basato sulle caratteristiche geometriche, meccaniche ed elettriche della linea presa in esame. Esso deve essere eseguito secondo modelli tridimensionali o bidimensionali con l'applicazione delle condizioni espresse al paragrafo 6.1 della norma CEI 106-11.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, in prima approssimazione è possibile:

- Calcolare la fascia di rispetto combinando la configurazione dei conduttori, geometrica e di fase, e la portata in corrente in servizio normale che forniscono il risultato più cautelativo sull'intero tronco;
- Proiettare al suolo verticalmente tale fascia;
- Individuare l'estensione rispetto alla proiezione del centro linea (D.p.a.).

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 10 di 53

2. Campi Elettromagnetici: Generalità e Riferimenti Normativi

2.1 Generalità

La linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico e un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza come mostrato dai grafici seguenti.

Tuttavia nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il campo elettrico nullo ovunque. Pertanto il rispetto della normativa vigente in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

Per quanto riguarda invece il campo magnetico si rileva che la maggiore vicinanza dei conduttori delle tre fasi tra di loro rispetto alla soluzione aerea rende il campo trascurabile già a pochi metri dall'asse dell'elettrodotto. Di seguito è esposto l'andamento del campo magnetico massimo lungo il tracciato della linea interrata a 30 kV.

La linea di connessione genera, con andamento radiale rispetto ai cavi, dei campi elettromagnetici dovuti al passaggio della corrente e ad essa proporzionali. In aria, l'andamento di tale campo in funzione della distanza dal cavo è proporzionale all'inverso del quadrato della distanza, ossia esso diminuisce fortemente la sua intensità con l'allontanarsi dalla sorgente.

La presenza di rivestimenti di isolamento e schermature metalliche ne limitano ulteriormente l'intensità.

Il **campo elettrico E** prodotto da un sistema polifase, risulta associato alle cariche in gioco, e quindi alle tensioni, ed è quindi presente non appena la linea sia posta in tensione, indipendentemente dal fatto che essa trasporti o meno potenza.

Il campo elettrico generato dalle linee elettriche in un determinato punto dello spazio circostante dipende principalmente dal livello di tensione e dalla distanza del punto dai conduttori della linea (altri fattori che influenzano l'intensità del campo elettrico sono poi la disposizione geometrica dei conduttori nello spazio e la loro distanza reciproca).

Il **campo magnetico B** è invece associato alla corrente (e quindi alla potenza) trasportata dalla linea: esso scompare quando la linea è solo "in tensione" ma non trasporta energia. I campi elettromagnetici, in base alla loro frequenza, possono essere suddivisi in:

- onde ionizzanti (IR): onde ad alta frequenza così chiamate in quanto capaci di modificare la struttura molecolare rompendone i legami atomici (l'esempio più ricorrente è quello dei raggi X) e perciò cancerogene;

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 11 di 53

- o onde non ionizzanti (NIR): su cui sono tuttora in corso numerosi studi tesi a verificare gli effetti sull'uomo. Questo tipo di onde comprende, tra le varie frequenze, le microonde, le radiofrequenze ed i campi a frequenza estremamente bassa (ELF - Extremely Low Frequency da 0 a 10 kHz). Fra questi campi a bassa frequenza (ELF) è compresa anche l'energia elettrica che è trasmessa a frequenza di 50 Hz.

Le grandezze che determinano l'intensità e la distribuzione del campo magnetico nello spazio circostante una linea interrata sono fondamentalmente:

1. intensità delle correnti di linea;
2. distanza dai conduttori;
3. isolanti, schermature e profondità di interrimento del cavo;
4. disposizione e distanza tra conduttori

Dunque, il campo magnetico, dipendendo dalla corrente, varia a seconda della richiesta/produzione di energia e quindi è fortemente influenzato dalle condizioni di carico/produzione delle linee stesse.

Per mitigare il campo magnetico generato da una linea elettrica è necessario agire su una o più delle grandezze sopra elencate, dal momento che la schermatura mediante materiali ad alta permeabilità e/o conducibilità non è strada praticabile.

L'influenza dei vari fattori si evince immediatamente dalla legge di Biot-Savart: il campo magnetico è direttamente proporzionale all'intensità di corrente e inversamente proporzionale alla distanza dalla sorgente.

Alle basse frequenze le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici rispetto a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri; è per questo che per le ELF il campo elettrico e il campo magnetico possono essere considerati e valutati come entità a sé stanti.

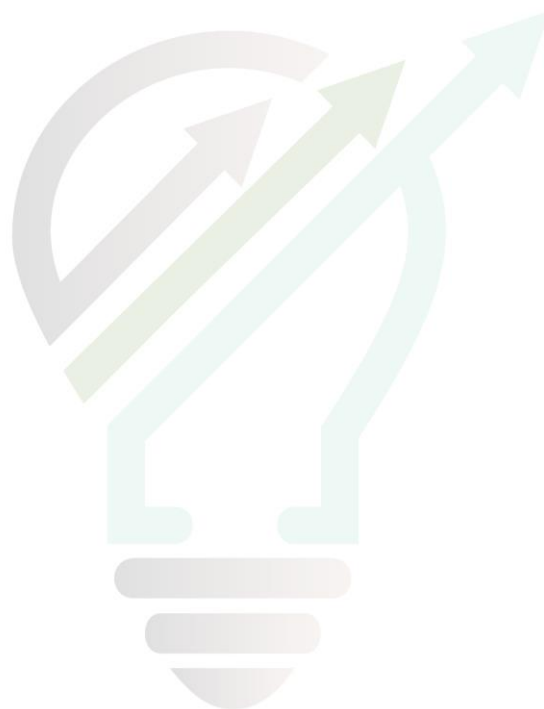
Il quarto fattore, entra in gioco per il fatto che il sistema di trasmissione è trifase, cioè composto da una terna di correnti di uguale intensità ma sfasate nel tempo.

Poiché il campo magnetico in ogni punto dello spazio circostante è dato dalla composizione vettoriale dei contributi delle singole correnti alternate, ne deriva un effetto di mutua compensazione di tali contributi tanto maggiore quanto più vicine tra loro sono le sorgenti, fino ad avere una compensazione totale se le tre correnti fossero concentriche.

Per le linee aeree, la distanza minima tra i conduttori è limitata alla necessaria distanza tra le fasi e dipende dalla tensione di esercizio, mentre per le linee in cavo tale distanza può essere dell'ordine di 20-30 cm con un abbattimento sostanziale del campo magnetico già a poca distanza.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 12 di 53

Come avviene ormai sempre più di frequente, le linee di Media Tensione non vengono più costruite mediante linea aerea, ma interrate consentendo di ridurre drasticamente l'effetto dovuto ai campi elettromagnetici attenuati dal terreno che agisce da "schermatura naturale", abbassando l'intensità di tali emissioni a valori addirittura inferiori ai più comuni elettrodomestici di uso quotidiano. Il calcolo è stato effettuato in aderenza alla Normative indicate.



STUDIOTECNICO 
ing. Marco BALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 13 di 53

2.2 Normative

Legge 22 febbraio 2001, n. 36 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici".

La legge fissa i principi fondamentali diretti alla tutela della salute della popolazione dai rischi derivanti dall'esposizione ai campi elettrici e magnetici in uno spettro di frequenze che va da 0 a 300 GHz.

La legge definisce le competenze in materia di campi elettromagnetici individuando due soggetti istituzionali responsabili che sono lo Stato e le Regioni, introduce un catasto nazionale nel quale confluiscono le informazioni dei catasti regionali sulle sorgenti di campi elettromagnetici e istituisce un Comitato interministeriale per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico.

La legge, riprendendo in parte quanto già presente in Decreti precedenti, definisce tre oggetti che sono:

- Il **limite di esposizione** da intendersi come valore massimo del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico che non deve essere superato in alcuna condizione di esposizione della popolazione. Questo valore nasce con l'obiettivo di prevenire i cosiddetti effetti acuti dovuti all'esposizione ai campi elettromagnetici e cioè gli effetti a breve termine che scompaiono al cessare dell'esposizione.
- Il **valore di attenzione** che è da intendersi come valore massimo del campo elettrico, magnetico o elettromagnetico che non deve essere superato nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Particolare attenzione va prestata per i siti scolastici, i luoghi dell'infanzia e le case di cura. L'obiettivo di tale valore è preservare la popolazione dagli effetti differiti che sono ipotizzati solo per il campo magnetico.
- L'**obiettivo di qualità** da intendersi come valore di campo, inferiore al valore di attenzione, rappresentativo di una tendenza che punta all'ulteriore mitigazione dell'esposizione al campo medesimo (l'obiettivo di fondo è fornire un riferimento per i criteri localizzativi e gli standard urbanistici); questo obiettivo si applica ai nuovi elettrodotti oppure alle nuove costruzioni in prossimità di elettrodotti esistenti.

DPCM 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, valori di attenzione ed obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti".

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 ha quale campo di applicazione, i campi elettrici e magnetici connessi al funzionamento degli elettrodotti a frequenza industriale; i limiti che il Decreto fissa, non si applicano a chi risulta essere esposto per ragioni professionali.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 14 di 53

Il Decreto fissa, nel suo campo di applicazione, i limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità di cui alla Legge 22 febbraio 2001 per i campi elettrici e magnetici, generati dagli elettrodotti a 50 Hz. Tali valori risultano essere:

- **Limiti di esposizione:** **100 μ T** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per l'intensità di campo elettrico intesi come valori efficaci;
- **Valori di attenzione:** **10 μ T** per l'induzione magnetica intesi come valore efficace;
- **Obiettivi di qualità:** **3 μ T** per l'induzione magnetica intesi come valore efficace;

Sia il valore di attenzione che l'obiettivo di qualità sono da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

"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 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio." [art. 3, comma 2];

"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 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio". [art. 4]

Il Decreto prevede la determinazione di una fascia di rispetto attorno all'elettrodotto, determinata utilizzando come valore limite di induzione magnetica, l'obiettivo di qualità e considerando, quale valore di corrente nominale della linea che determina il campo magnetico, la portata in servizio normale definita secondo le Norme CEI.

DM 29 maggio 2008, GU n. 156 del 5 luglio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Norma CEI 11-17 "Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo".

Norma CEI 11-60, "Portata al limite termico delle linee elettriche aeree esterne con tensione maggiore a 100 kV",

Norma CEI 20-21 "Calcolo della portata di corrente" (IEC 60287).

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 15 di 53

Norma CEI 106-11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6). Parte I: linee elettriche aeree e in cavo".

Norma CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche"

Linea Guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.05.08 Distanza di prima approssimazione (D.p.a.) da linee e cabine elettriche



2.3 Definizioni

Si introducono le seguenti definizioni anche in riferimento a quanto indicato nell'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto":

Corrente Valore efficace dell'intensità di corrente elettrica.

Portata in corrente in servizio normale Corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento. Essa è definita nella norma CEI 11-60 e sue successive modifiche e integrazioni.

La corrente di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto è la "portata di corrente in servizio normale relativa al periodo stagionale in cui essa è più elevata":

- Per le linee con tensione > 100 kV, è definita dalla norma CEI 11-60;
- Per gli elettrodotti aerei con tensione < 100 kV, i proprietari/gestori fissano la portata in corrente in regime permanente in relazione ai carichi attesi con riferimento alle condizioni progettuali assunte per il dimensionamento dei conduttori;
- Per le linee in cavo è definita dalla norma CEI 11-17 come portata in regime permanente;

Portata in regime permanente Massimo valore della corrente che, in regime permanente e in condizioni specificate, il conduttore può trasmettere senza che la sua temperatura superi un valore specificato.

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

Distanza di prima approssimazione È la distanza in pianta dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto, la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della D.p.a., si trovi all'esterno della fascia di rispetto. Per le cabine è la distanza da tutte le facce del parallelepipedo della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

Cabina Primaria (CP) Stazione elettrica alimentata in AT, provvista di almeno un trasformatore AT/MT dedicato alla rete di distribuzione.

Fascia di rispetto: è lo spazio circostante un elettrodotto, che comprende tutti i punti, al di sopra e al di sotto del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità. Come prescritto dall'articolo 4, comma I lettera h della Legge Quadro n. 36 del 22 febbraio 2001, all'interno delle fasce di rispetto non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario ovvero ad uso che comporti una permanenza non inferiore a quattro ore.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 17 di 53

Distanza di prima approssimazione (D.p.a.): per le linee è la distanza, in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più della D.p.a., si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine secondarie è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra (Scheda B10).

Obiettivo di qualità (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, è fissato l'obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Valore di attenzione (DPCM 8 luglio 2003 art. 3 c. 2): a titolo di misura di cautela per la protezione della popolazione 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 μ T, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Luoghi tutelati (Legge 36/2001 art. 4 c.1, lettera h): aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenza non inferiore a 4 ore giornaliere.

3. Calcolo della D.p.a.

3.1 Impianto Fotovoltaico

Nel caso specifico del Campo Fotovoltaico, esso sarà costituito dall'insieme delle Stringhe di Moduli Fotovoltaici, dalle String Box e dai rispettivi Cavi Elettrici, considerato che:

- Tale Sezione di Impianto ha un funzionamento in corrente continua (0 Hz);
- Nel caso di una Buona Esecuzione delle Opere, i cavi con diversa polarizzazione (+ e -) sono posti a contatto, con l'annullamento quasi totale dei campi magnetici statici prodotti in un punto esterno;
- I cavi relativi alle dorsali principali, ovvero gli unici che trasportano un valore di corrente significativo, sono molto distanti dai confini dell'impianto;

La generazione di campi variabili è limitata ai soli transitori di corrente (durante la ricerca del MPPT da parte dell'inverter, e durante l'accensione o lo spegnimento) e sono comunque di brevissima durata.

Nella certificazione dei moduli fotovoltaici alla norma CEI 82-8 (IEC 61215) non sono comunque menzionate prove di compatibilità elettromagnetica, poiché assolutamente irrilevanti.

Gli inverter sono apparecchiature che al loro interno eseguono la trasformazione della corrente continua in corrente alternata. Essi sono costituiti per loro natura da componenti elettronici operanti ad alte frequenze.

Il legislatore ha previsto che tali macchine, prima di essere immesse sul mercato, possiedano le necessarie certificazioni a garantirne sia l'immunità dai disturbi elettromagnetici esterni, sia le ridotte emissioni per minimizzarne l'interferenza elettromagnetica con altre apparecchiature elettroniche posizionate nelle vicinanze o con la rete elettrica stessa (via cavo).

Oltre a quanto specificato, gli inverter ammessi in commercio devono rispettare la normativa vigente sulla compatibilità elettromagnetica, al fine di evitare interferenze con altre apparecchiature e con la rete elettrica.

Si precisa che la tensione lato DC raggiungerà massimo 1.500Vdc mentre, lato BT, l'impianto sarà esercito a 400Vac (servizi ausiliari) 800Vac (linee di potenza).

Alla luce delle considerazioni si può escludere il superamento dei limiti di riferimento dei valori di campo Elettromagnetico.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 19 di 53

3.2 Elettrodotti MT Interno a 30 kV

Quella che viene presentata in questo paragrafo è una valutazione analitica del campo magnetico generato da elettrodi interrati, basata su metodologie di calcolo approvate dal D.M. 29/05/2008 e specificate nella norma CEI 106-11.

Per la valutazione del campo magnetico generato dall'elettrodotto interrato occorre innanzitutto distinguere gli elettrodotti in funzione della tipologia di cavi utilizzati. Il progetto infatti prevede l'utilizzo di cavi unipolari, da posare in formazione a trifoglio congiunti in maniera da formare un unico fascio di forma rotonda. Essi sono costituiti da conduttori di alluminio rivestito da un primo strato di semiconduttore, da un isolante primario in elastomero termoplastico, da un successivo strato di semiconduttore, da uno schermo a nastro di alluminio, da protezione meccanica in materiale polimerico (Air Bag, consentendo la posa direttamente interrata) e guaina in polietilene di colore rosso. Sia il semiconduttore (che ha la funzione di uniformare il campo elettrico) che l'isolante primario sono di tipo estruso.

Gli Elettrodotti di Media Tensione relativi al campo fotovoltaico si dividono in:

- Cavi MT 30 kV Interrati per il collegamento Elettrico tra le Power Station;
- Cavi MT 30 kV Interrati per il convogliamento dell'energia elettrica Prodotta alla Stazione di Elevazione di Utenza (S.S.E.U.).

La rete a 30 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo **ARE4H5E COMPACT 18/30 kV** (o equivalente) con conduttore in alluminio.

Per il collegamento elettrico tra le Power Center e la Cabina di Sezionamento, la rete MT a 30 kV interna al parco fotovoltaico sarà costituita da n° 4 circuiti indipendenti composti ciascuno da 1 terna di cavi interrati con posa a trifoglio.

In particolare, la configurazione prevede tratte con due, tre e quattro terne ricomprese nello stesso scavo con interasse reciproco di 25 cm.

L'elettrodotto esterno, incaricato di trasportare l'energia prodotta dall'impianto agrofotovoltaico alla **di sezionamento** si compone di **un'unica tratta in soluzione interrata in triplice terna.**

Dato il recente sviluppo della soluzione tecnica a 36 kV, non si esclude la possibilità nella futura fase esecutiva di adottare Power Center a 0,8/36 kV ed elettrodotti eserciti a 36 kV, modifica che si configura come non sostanziale del progetto presentato.

In tal caso si sottolinea che le analisi dei campi magnetici indotti dai campi elettrici saranno caratterizzati da una intensità inferiore in considerazione della minore intensità di corrente transitante nei cavi derivante dal maggior potenziale a parità di potenza di impianto.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 20 di 53



StudioTECNICO | Ing. Marco G Balzano
Via Canello Rotto, 3 | 70125 BARI | Italy
www.ingbalzano.com - +39.331.6764367



STUDIOTECNICO
ing.MarcoBALZANO
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI BARI N. 9341

Progettista: Ing. Marco Gennaro Balzano
Ordine Degli Ingegneri Della Provincia Di Bari N. 9341



STUDIOTECNICO 
ing.MarcoBALZANO

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 21 di 53

3.3 Valutazione Analitica Campi Elettromagnetici – Terne MT interrate a 1,2 m

Di seguito si riporta la distribuzione MT interna al parco fotovoltaico.

1° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
LINEA 1 - ROSSA	1	1.092,6	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x400	30.000

2° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
LINEA 2 - BLU	1	2.037,2	Trifoglio / Interrato a 1,2	ARE4H5E	3x1x400 Collegamento P.C. 3x1x630 Collegamento Cab. Sezionamento	30.000

3° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
LINEA 3 - MAGENTA	1	1084,00	Trifoglio / Interrato a 1,2	ARE4H5E	3x1x400	30.000

4° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
LINEA 4 - VERDE	1	903,65	Trifoglio / Interrato a 1,2	ARE4H5E	3x1x400 Collegamento P.C. 3x1x630 Collegamento Cab. Sezionamento	30.000

Le caratteristiche elettriche dei cavi in alluminio scelti sono riportate nella successiva tabella considerando una posa a trifoglio interrata a 1,0 m, temperatura del terreno di 20°C e resistività termica del terreno $\rho = 1 \frac{^{\circ}\text{C m}}{\text{W}}$.

ARE4H5E COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV

Single core 12/20 kV and 18/30 kV



Conduttore di alluminio / Aluminium conductor – ARE4H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	open air installation	$\rho=1 \text{ }^{\circ}\text{C m/W}$	$\rho=2 \text{ }^{\circ}\text{C m/W}$
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm)	(A)	(A)

DATI COSTRUTTIVI - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450	190	175	134
70	9,7	25,6	34	870	450	235	213	164
95	11,4	26,5	35	950	470	285	255	196
120	12,9	27,4	36	1040	470	328	291	223
150	14	28,1	37	1130	490	370	324	249
185	15,8	29,5	38	1260	510	425	368	283
240	18,2	31,5	41	1480	550	503	426	327
300	20,8	34,7	44	1740	590	581	480	369
400	23,8	37,9	48	2130	650	680	549	422
500	26,7	41	51	2550	690	789	624	479
630	30,5	45,6	56	3130	760	918	709	545

Per la portata effettiva dei cavi invece si è tenuto conto di fattori di correzione che adeguano la portata nominale del cavo alle reali condizioni di esercizio in regime permanente secondo i seguenti effetti:

- Temperatura dell'ambiente esterno diversa da quella di riferimento $\rightarrow K_{\text{temp_amb}}$
- Compresenza di più cavi nello stesso scavo e loro relativa distanza dall'asse neutro $\rightarrow K_{\text{terne}}$
- Profondità di posa della terna di cavi $\rightarrow K_{\text{posa}}$
- Resistenza termica del terreno $\rightarrow K_{\text{resistenza}}$

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 23 di 53

Temperatura dell'ambiente diversa da quella di riferimento

T. conduttore	Tipo di cavo	temperature ambiente (°C)								
		10	15	20	25	30	35	40	45	50
90°C	cavi in terra / buried cables	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,85	0,8	0,76
90°C	cavi in aria/ in air cables	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82
105°C	cavi in terra / buried cables	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,8
105°C	cavi in aria/ in air cables	1,12	1,1	1,06	1,03	1	0,97	0,93	0,89	0,86

profondità di posa (m)

0,8	1	1,2	1,5
1,02	1	0,98	0,96

Resistenza termica (km/W)

0,8	1	1,2	1,5
1,08	1	0,93	0,85

- Le resistività termiche del terreno sono intese uniformi:
 $r=1,0 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità;
 $r=1,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ per terreno o sabbia scarsamente umidi
- L'eventuale presenza di protezioni meccaniche (quali laterizi e lastre di cemento) che non comportano intercapedini d'aria, non altera le portate

distanza tra cavi o terne numero di cavi o terne (in orizzontale)

cm	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,6
25	0,86	0,78	0,74	0,69

Pertanto il valore della portata di corrente a regime che viaggerebbe nel cavo in media tensione, tenuto conto degli effetti citati, è stimato in:

a. Dati Elettrici – Elettrodotto MT interno Linea 1:

	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	Kta	kt	kp	kr	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea 1	8.000	30.000	153,96	3x1x400 mmq	549	0,96	1	1	0,85	1	439,02	0,30%

b. Dati Elettrici - Elettrodotto MT interno Linea 2:

	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	Kta	kt	kp	kr	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea 2	21.600	30.000	415,69	3x1x630 mmq	709,00	0,96	1	1	0,85	1	566,97	0,48%

c. Dati Elettrici - Elettrodotto MT interno Linea 3:

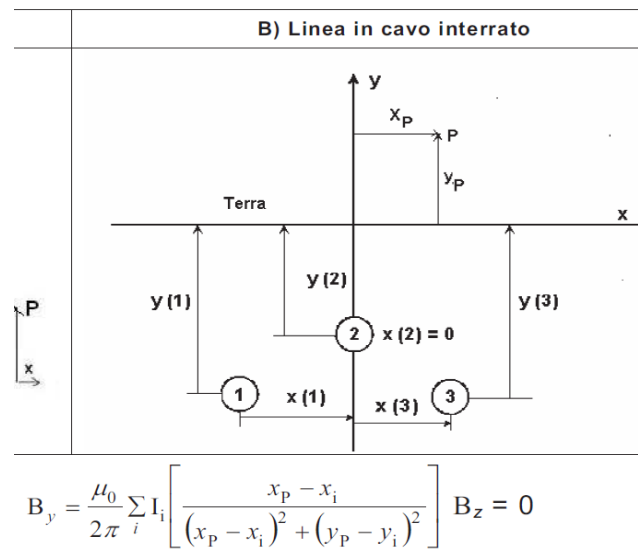
	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	Kta	kt	kp	kr	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea 3	16.400	30.000	315,62	3x1x400 mmq	549	0,96	1	1	0,85	1	439,02	0,30%

d. Dati Elettrici - Elettrodotto MT interno Linea 4:

	Potenza (kW)	U (V)	I (A)	Configurazione	Nominal Capacity (A)	Kta	kt	kp	kr	N. Circuiti	Iz (A)	DV (%)
Linea 4	18.000	30.000	346,41	3x1x630 mmq	549	0,96	1	1	0,85	1	439,02	0,22%

Per tener conto della presenza di una terna o più terne nella sezione di scavo, data la scelta di ripartire l'intera portata di corrente in questo modo, 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, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.



E' 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 per il modello, un sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicoidali, in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema.

Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, ossia:

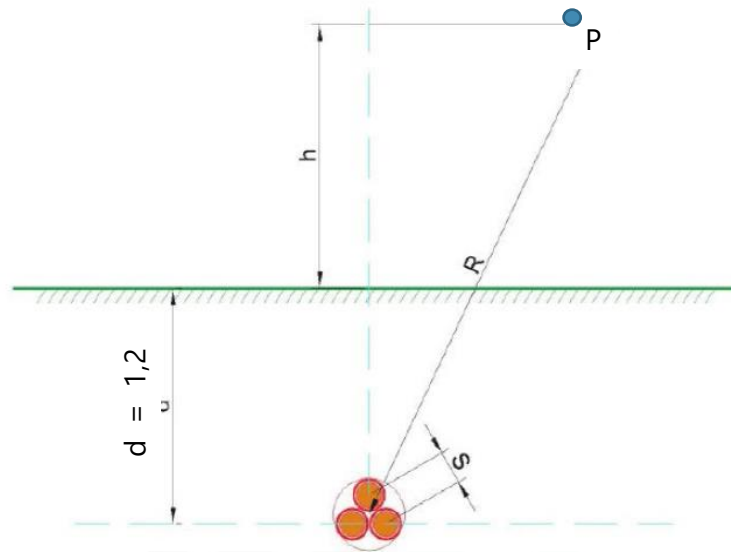
$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

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 ad I [A].

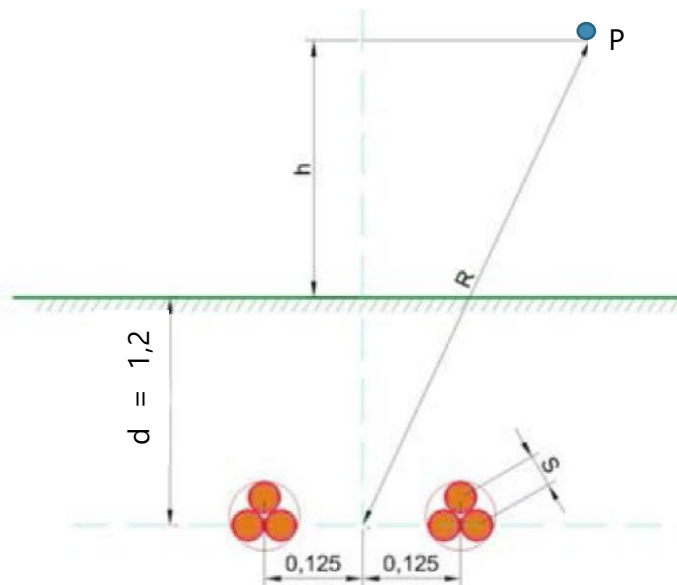
Considerata la natura vettoriale del campo magnetico è possibile sommare i contributi dovuti alle singole terne e calcolare, attraverso il modello semplificato, il valore del campo magnetico nello spazio circostante l'elettrodotto.

Considerata quindi la disposizione spaziale della terna e fissando l'asse centrale come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{(x_p - x_1)^2 + (y_p - y_1)^2}$$



$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x_p - x_1)^2 + (y_p - y_1)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x_p - x_2)^2 + (y_p - y_2)^2}$$



STU
ing.

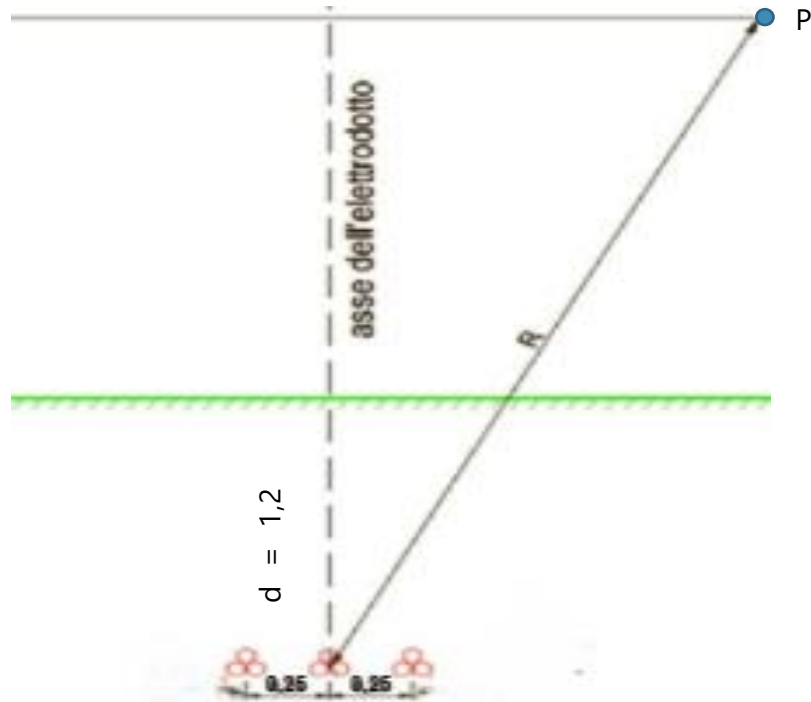


SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x_p - x_1)^2 + (y_p - y_1)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x_p - x_2)^2 + (y_p - y_2)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_3 * I_3}{(x_p - x_3)^2 + (y_p - y_3)^2}$$

P

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 27 di 53



dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal centro del sistema (baricentro della terna di cavi), S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I [A] specifica della terna i -esima.

Facendo riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definito dalla norma CEI 11-17, sono state calcolate le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso, fissando vari valori di altezza h .

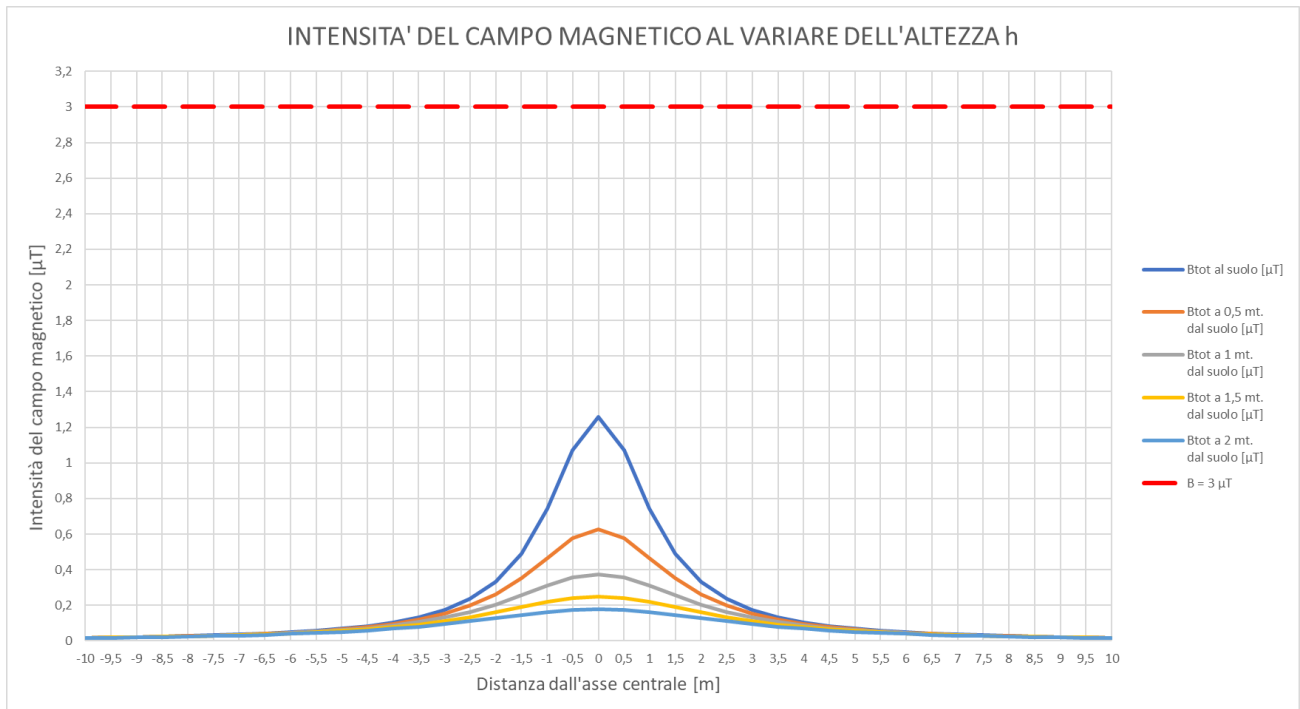
STUDIOTECNICO 
ing. Marco BALZANO
SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 28 di 53

Circuito 1

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione dell'induzione magnetica per la singola terna con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,017844966	0,017593482	0,017266247	0,016871967	0,016420477
-9,5	0,019742539	0,019435187	0,019036632	0,018558472	0,018013667
-9	0,021957707	0,021578178	0,021087993	0,020502813	0,01983991
-8,5	0,02456498	0,024090942	0,023481559	0,022758277	0,021944398
-8	0,027661879	0,027062242	0,026295662	0,025391967	0,024382992
-7,5	0,03137794	0,030608613	0,029631582	0,028489036	0,027225047
-7	0,035888052	0,034885206	0,033621719	0,032158347	0,030556944
-6,5	0,04143267	0,040101758	0,038441142	0,036540036	0,034486442
-6	0,048349182	0,046546499	0,044324029	0,041815508	0,03914778
-5,5	0,057121911	0,054622612	0,051587158	0,048220388	0,044707171
-5	0,068464197	0,064904746	0,060663316	0,056060494	0,051367575
-4,5	0,083457509	0,078227889	0,072148002	0,065729606	0,059370068
-4	0,103795491	0,095828129	0,086861486	0,07772406	0,068986027
-3,5	0,132227419	0,11956363	0,105921203	0,092640397	0,080488811
-3	0,173390169	0,152245026	0,130794318	0,111122981	0,094084894
-2,5	0,235395756	0,19805179	0,163227535	0,133692272	0,109775219
-2	0,332756132	0,262727628	0,204773005	0,160335993	0,12712032
-1,5	0,490567306	0,352177696	0,255316412	0,189747732	0,144931414
-1	0,741882525	0,465345337	0,309964616	0,218358668	0,161049231
-0,5	1,071120331	0,576494701	0,355637202	0,240078695	0,172563714
0	1,257078722	0,626364484	0,374006893	0,248311846	0,176776695
0,5	1,071120331	0,576494701	0,355637202	0,240078695	0,172563714
1	0,741882525	0,465345337	0,309964616	0,218358668	0,161049231
1,5	0,490567306	0,352177696	0,255316412	0,189747732	0,144931414
2	0,332756132	0,262727628	0,204773005	0,160335993	0,12712032
2,5	0,235395756	0,19805179	0,163227535	0,133692272	0,109775219
3	0,173390169	0,152245026	0,130794318	0,111122981	0,094084894
3,5	0,132227419	0,11956363	0,105921203	0,092640397	0,080488811
4	0,103795491	0,095828129	0,086861486	0,07772406	0,068986027
4,5	0,083457509	0,078227889	0,072148002	0,065729606	0,059370068
5	0,068464197	0,064904746	0,060663316	0,056060494	0,051367575
5,5	0,057121911	0,054622612	0,051587158	0,048220388	0,044707171
6	0,048349182	0,046546499	0,044324029	0,041815508	0,03914778
6,5	0,04143267	0,040101758	0,038441142	0,036540036	0,034486442
7	0,035888052	0,034885206	0,033621719	0,032158347	0,030556944
7,5	0,03137794	0,030608613	0,029631582	0,028489036	0,027225047
8	0,027661879	0,027062242	0,026295662	0,025391967	0,024382992
8,5	0,02456498	0,024090942	0,023481559	0,022758277	0,021944398
9	0,021957707	0,021578178	0,021087993	0,020502813	0,01983991
9,5	0,019742539	0,019435187	0,019036632	0,018558472	0,018013667
10	0,017844966	0,017593482	0,017266247	0,016871967	0,016420477



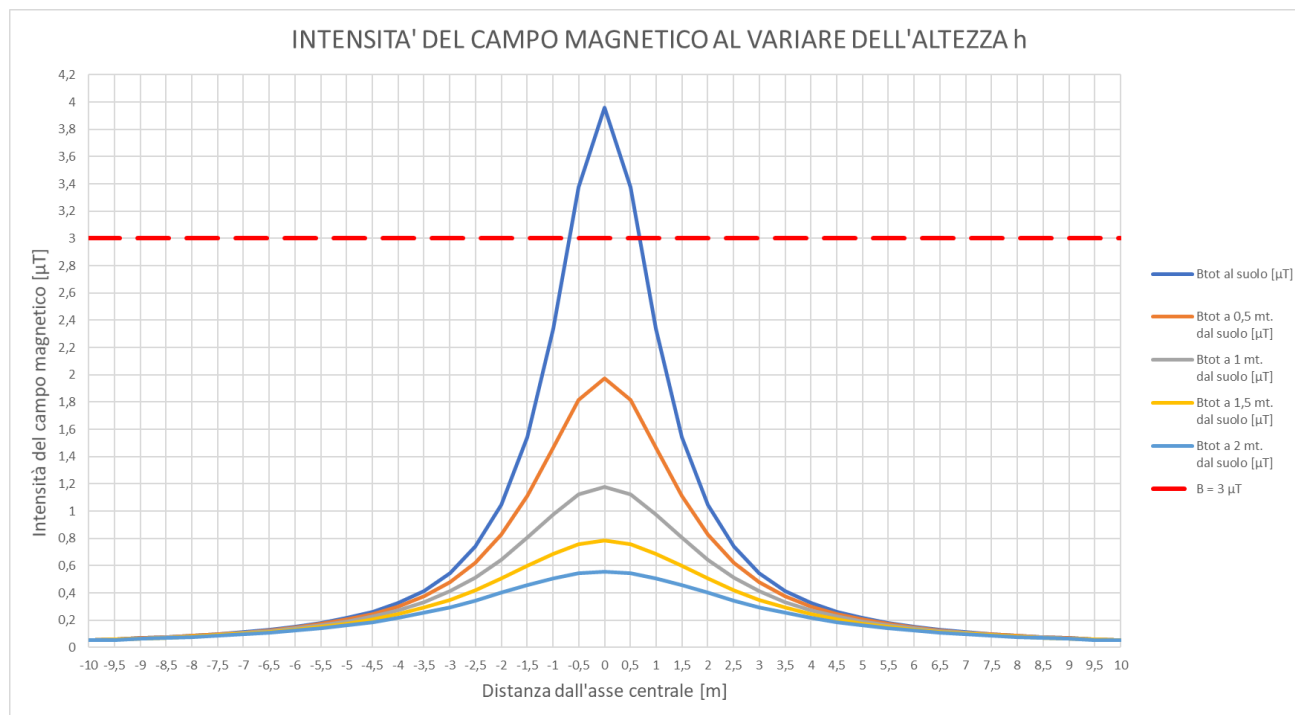
I valori del campo magnetico indotto dal campo elettrico sono tali da non implicare la necessità di individuare fasce di rispetto.

Circuito 2

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione dell'induzione magnetica per la singola terna con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,056211643	0,055419468	0,054388679	0,053146697	0,051724502
-9,5	0,062188996	0,06122084	0,059965392	0,058459187	0,05674305
-9	0,069166777	0,067971261	0,066427179	0,064583861	0,062495716
-8,5	0,077379686	0,075886466	0,07396691	0,071688573	0,069124853
-8	0,087134919	0,085246062	0,082831335	0,079984697	0,076806426
-7,5	0,098840511	0,09641713	0,093339484	0,089740464	0,085758897
-7	0,113047365	0,1098884	0,105908415	0,101298793	0,096254373
-6,5	0,130512911	0,126320538	0,121089596	0,115101112	0,108632293
-6	0,152299922	0,146621473	0,139620693	0,131718852	0,123315508
-5,5	0,17993402	0,172061228	0,162499546	0,151894222	0,140827589
-5	0,215662219	0,204449949	0,191089446	0,176590557	0,161807863
-4,5	0,262891152	0,246417851	0,227266205	0,20704826	0,187015713
-4	0,326955796	0,301858607	0,27361368	0,244830789	0,217305986
-3,5	0,416516368	0,376625435	0,33365179	0,291817251	0,253539755
-3	0,546179031	0,479571832	0,412002101	0,35003739	0,296367416
-2,5	0,74149663	0,623863138	0,514166734	0,421130656	0,34579194
-2	1,048181817	0,82759203	0,645034964	0,505058378	0,400429009
-1,5	1,545287014	1,109359744	0,804246697	0,597705355	0,456533954
-1	2,336929952	1,465837811	0,976388542	0,687829805	0,507305079
-0,5	3,374029043	1,815958307	1,120257187	0,756247889	0,543575699
0	3,959797975	1,973048126	1,178121711	0,782182316	0,55684659
0,5	3,374029043	1,815958307	1,120257187	0,756247889	0,543575699
1	2,336929952	1,465837811	0,976388542	0,687829805	0,507305079
1,5	1,545287014	1,109359744	0,804246697	0,597705355	0,456533954
2	1,048181817	0,82759203	0,645034964	0,505058378	0,400429009
2,5	0,74149663	0,623863138	0,514166734	0,421130656	0,34579194
3	0,546179031	0,479571832	0,412002101	0,35003739	0,296367416
3,5	0,416516368	0,376625435	0,33365179	0,291817251	0,253539755
4	0,326955796	0,301858607	0,27361368	0,244830789	0,217305986
4,5	0,262891152	0,246417851	0,227266205	0,20704826	0,187015713
5	0,215662219	0,204449949	0,191089446	0,176590557	0,161807863
5,5	0,17993402	0,172061228	0,162499546	0,151894222	0,140827589
6	0,152299922	0,146621473	0,139620693	0,131718852	0,123315508
6,5	0,130512911	0,126320538	0,121089596	0,115101112	0,108632293
7	0,113047365	0,1098884	0,105908415	0,101298793	0,096254373
7,5	0,098840511	0,09641713	0,093339484	0,089740464	0,085758897
8	0,087134919	0,085246062	0,082831335	0,079984697	0,076806426
8,5	0,077379686	0,075886466	0,07396691	0,071688573	0,069124853
9	0,069166777	0,067971261	0,066427179	0,064583861	0,062495716
9,5	0,062188996	0,06122084	0,059965392	0,058459187	0,05674305
10	0,056211643	0,055419468	0,054388679	0,053146697	0,051724502

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.



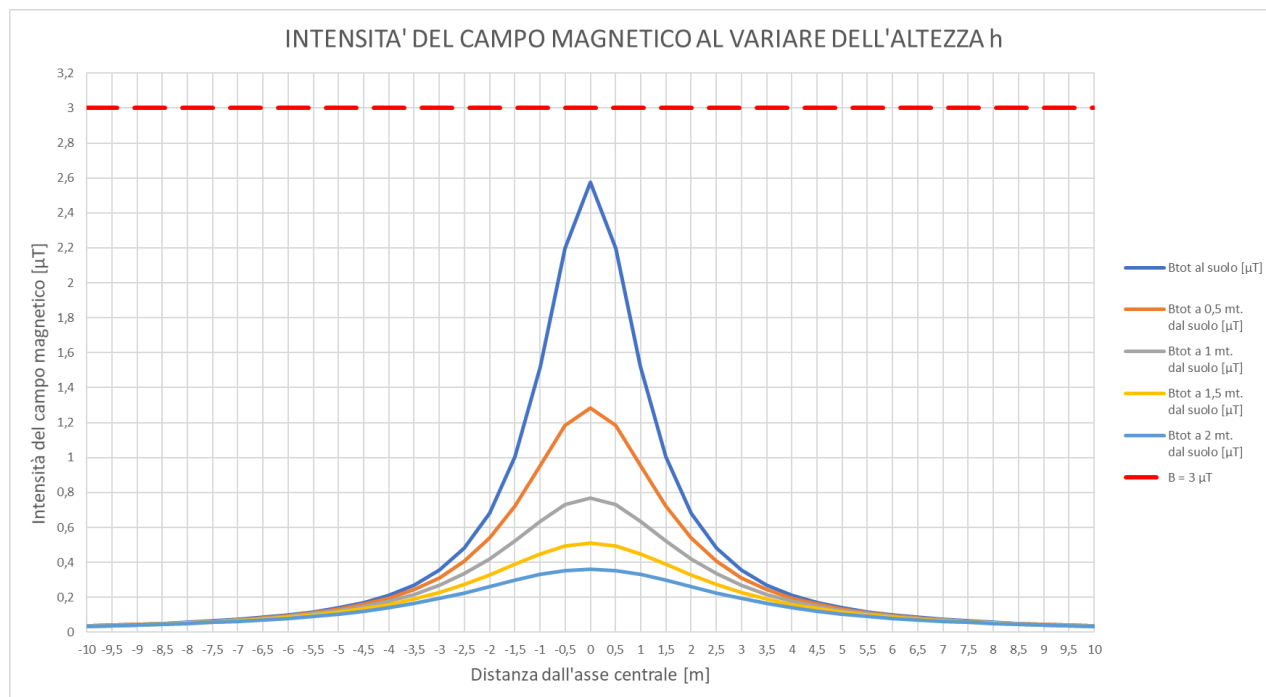
I valori del campo magnetico indotto dal campo elettrico comportano la necessità di individuare una fascia di rispetto di larghezza pari a 2,00 metri, ovvero 1 metro da ciascun lato dell'asse del tracciato.

Circuito 3

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione dell'induzione magnetica per la singola terna con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,03658218	0,036066638	0,035395807	0,034587533	0,033661977
-9,5	0,040472204	0,039842134	0,039025096	0,038044868	0,036928017
-9	0,045013299	0,044235265	0,043230387	0,042030767	0,040671815
-8,5	0,050358209	0,04938643	0,048137195	0,046654468	0,044986015
-8	0,056706852	0,055477596	0,053906107	0,052053533	0,049985135
-7,5	0,064324777	0,062747656	0,060744744	0,058402524	0,055811346
-7	0,073570507	0,071514673	0,068924524	0,065924612	0,062641735
-6,5	0,084936974	0,082208604	0,07880434	0,074907073	0,070697207
-6	0,099115822	0,095420324	0,09086426	0,085721792	0,08025295
-5,5	0,117099918	0,111976354	0,105753673	0,098851795	0,091649701
-5	0,140351603	0,133054729	0,124359799	0,114924013	0,10530353
-4,5	0,171087892	0,160367173	0,147903403	0,134745693	0,121708638
-4	0,212780756	0,196447665	0,178066045	0,159334323	0,141421356
-3,5	0,271066208	0,245105442	0,217138466	0,189912814	0,165002063
-3	0,355449846	0,312102303	0,268128352	0,227802111	0,192874033
-2,5	0,482561299	0,406006169	0,334616446	0,274069157	0,225039199
-2	0,682150071	0,538591638	0,419784659	0,328688785	0,260596656
-1,5	1,005662978	0,721964278	0,523398644	0,38898285	0,297109399
-1	1,520859175	0,95395794	0,635427464	0,44763527	0,330150924
-0,5	2,195796679	1,181814136	0,729056265	0,492161325	0,353755614
0	2,57701138	1,284047193	0,76671413	0,509039285	0,362392225
0,5	2,195796679	1,181814136	0,729056265	0,492161325	0,353755614
1	1,520859175	0,95395794	0,635427464	0,44763527	0,330150924
1,5	1,005662978	0,721964278	0,523398644	0,38898285	0,297109399
2	0,682150071	0,538591638	0,419784659	0,328688785	0,260596656
2,5	0,482561299	0,406006169	0,334616446	0,274069157	0,225039199
3	0,355449846	0,312102303	0,268128352	0,227802111	0,192874033
3,5	0,271066208	0,245105442	0,217138466	0,189912814	0,165002063
4	0,212780756	0,196447665	0,178066045	0,159334323	0,141421356
4,5	0,171087892	0,160367173	0,147903403	0,134745693	0,121708638
5	0,140351603	0,133054729	0,124359799	0,114924013	0,10530353
5,5	0,117099918	0,111976354	0,105753673	0,098851795	0,091649701
6	0,099115822	0,095420324	0,09086426	0,085721792	0,08025295
6,5	0,084936974	0,082208604	0,07880434	0,074907073	0,070697207
7	0,073570507	0,071514673	0,068924524	0,065924612	0,062641735
7,5	0,064324777	0,062747656	0,060744744	0,058402524	0,055811346
8	0,056706852	0,055477596	0,053906107	0,052053533	0,049985135
8,5	0,050358209	0,04938643	0,048137195	0,046654468	0,044986015
9	0,045013299	0,044235265	0,043230387	0,042030767	0,040671815
9,5	0,040472204	0,039842134	0,039025096	0,038044868	0,036928017
10	0,03658218	0,036066638	0,035395807	0,034587533	0,033661977

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.



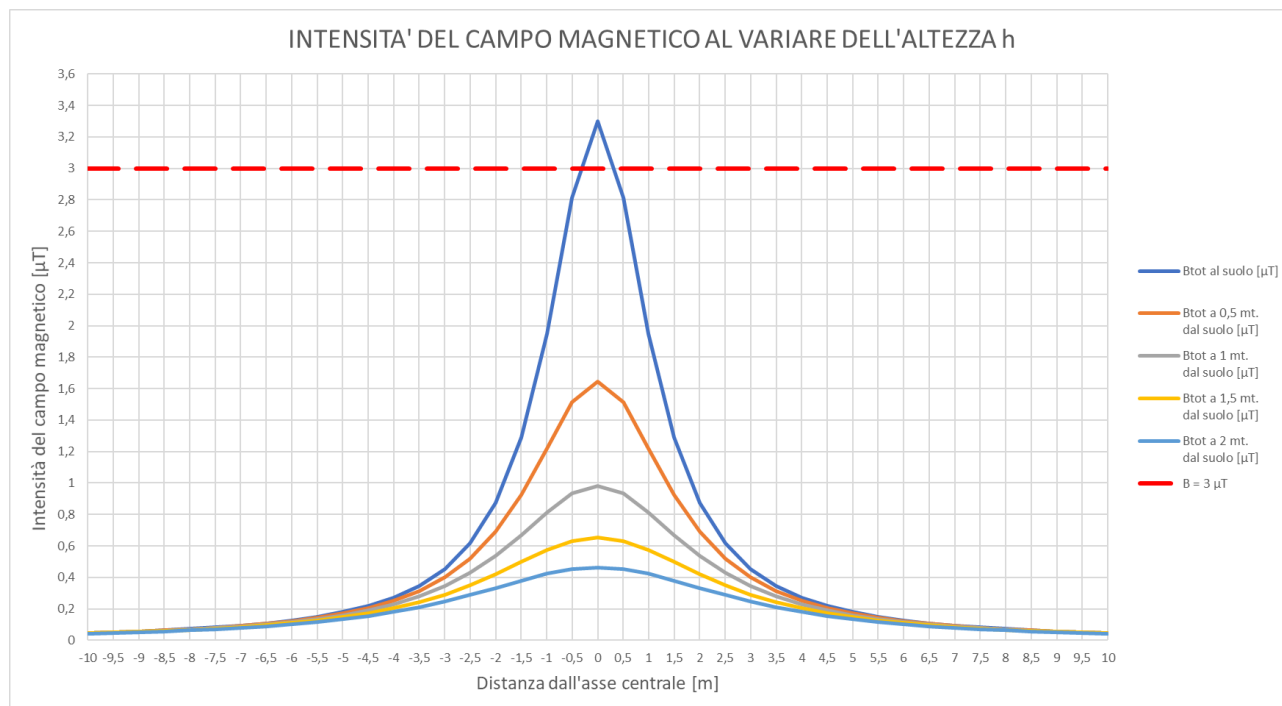
I valori del campo magnetico indotto dal campo elettrico sono tali da non implicare la necessità di individuare fasce di rispetto.

Circuito 4

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione dell'induzione magnetica per la singola terna con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,046843036	0,04618289	0,045323899	0,044288914	0,043103752
-9,5	0,051824164	0,051017367	0,04997116	0,048715989	0,047285875
-9	0,057638981	0,056642717	0,055355983	0,053819884	0,052079763
-8,5	0,064483072	0,063238722	0,061639092	0,059740477	0,057604044
-8	0,072612432	0,071038385	0,069026112	0,066653915	0,064005355
-7,5	0,082367093	0,080347609	0,077782903	0,07478372	0,071465748
-7	0,094206137	0,091573667	0,088257013	0,084415661	0,080211978
-6,5	0,108760759	0,105267115	0,100907997	0,095917593	0,090526911
-6	0,126916602	0,122184561	0,116350577	0,10976571	0,102762923
-5,5	0,149945016	0,143384356	0,135416289	0,126578518	0,117356324
-5	0,179718516	0,170374958	0,159241205	0,147158797	0,134839886
-4,5	0,21907596	0,20534821	0,189388504	0,172540217	0,155846427
-4	0,272463163	0,251548839	0,2280114	0,204025658	0,181088322
-3,5	0,347096974	0,313854529	0,278043158	0,243181042	0,211283129
-3	0,455149192	0,399643193	0,343335085	0,291697825	0,246972847
-2,5	0,617913858	0,519885949	0,428472279	0,350942213	0,28815995
-2	0,873484847	0,689660025	0,537529137	0,420881981	0,333690841
-1,5	1,287739179	0,924466453	0,670205581	0,498087796	0,380444962
-1	1,947441627	1,221531509	0,813657118	0,573191504	0,422754232
-0,5	2,81169087	1,513298589	0,933547656	0,630206574	0,452979749
0	3,299831646	1,644206771	0,981768093	0,651818597	0,464038825
0,5	2,81169087	1,513298589	0,933547656	0,630206574	0,452979749
1	1,947441627	1,221531509	0,813657118	0,573191504	0,422754232
1,5	1,287739179	0,924466453	0,670205581	0,498087796	0,380444962
2	0,873484847	0,689660025	0,537529137	0,420881981	0,333690841
2,5	0,617913858	0,519885949	0,428472279	0,350942213	0,28815995
3	0,455149192	0,399643193	0,343335085	0,291697825	0,246972847
3,5	0,347096974	0,313854529	0,278043158	0,243181042	0,211283129
4	0,272463163	0,251548839	0,2280114	0,204025658	0,181088322
4,5	0,21907596	0,20534821	0,189388504	0,172540217	0,155846427
5	0,179718516	0,170374958	0,159241205	0,147158797	0,134839886
5,5	0,149945016	0,143384356	0,135416289	0,126578518	0,117356324
6	0,126916602	0,122184561	0,116350577	0,10976571	0,102762923
6,5	0,108760759	0,105267115	0,100907997	0,095917593	0,090526911
7	0,094206137	0,091573667	0,088257013	0,084415661	0,080211978
7,5	0,082367093	0,080347609	0,077782903	0,07478372	0,071465748
8	0,072612432	0,071038385	0,069026112	0,066653915	0,064005355
8,5	0,064483072	0,063238722	0,061639092	0,059740477	0,057604044
9	0,057638981	0,056642717	0,055355983	0,053819884	0,052079763
9,5	0,051824164	0,051017367	0,04997116	0,048715989	0,047285875
10	0,046843036	0,04618289	0,045323899	0,044288914	0,043103752

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.



I valori del campo magnetico indotto dal campo elettrico comportano la necessità di individuare una fascia di rispetto di larghezza pari a 1,00 metri, ovvero 0,5 metri da ciascun lato dell'asse del tracciato.

La configurazione adottata e riscontrabile nel layout dedicato ai tracciati di bassa e media tensione previsti dal progetto prevedono la presenza di tratte con due e tre terne da posare nello stesso scavo.

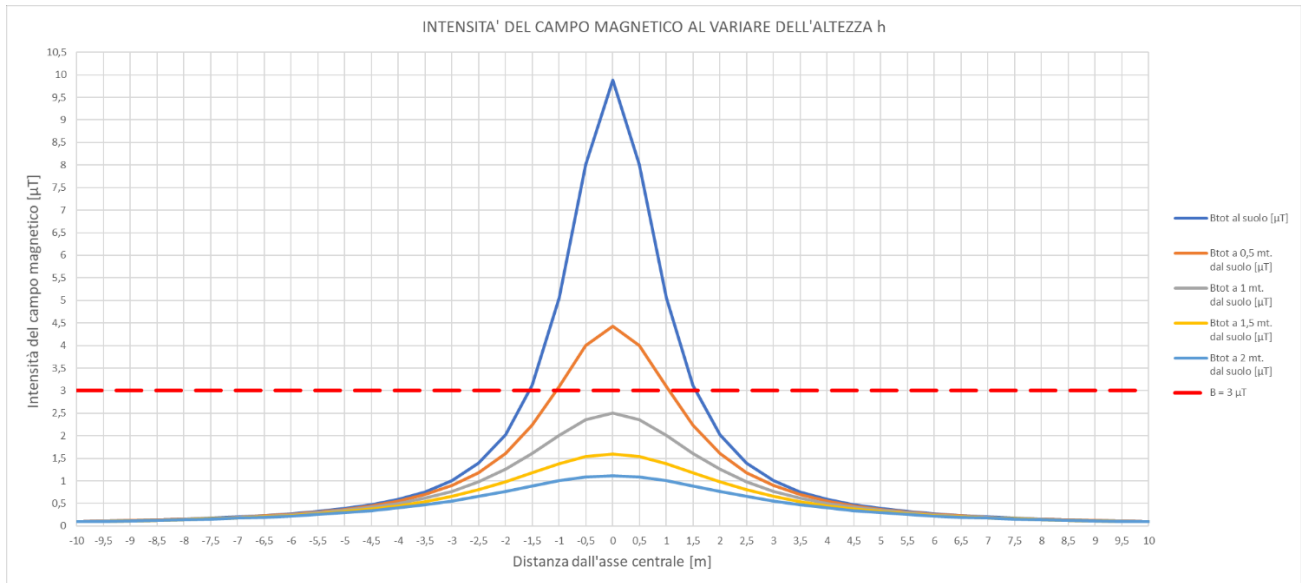
Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 36 di 53

Caso doppia terna

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione dell'induzione magnetica per il caso con due terne posate nello stesso scavo con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,099367164	0,098151131	0,096497872	0,094452401	0,092067229
-9,5	0,109989781	0,10850171	0,10648484	0,103999391	0,101114902
-9	0,122404038	0,120563779	0,118078524	0,11502996	0,111511303
-8,5	0,137034716	0,134732184	0,131635743	0,127857883	0,123525193
-8	0,154439643	0,151521011	0,147615632	0,142880989	0,137491398
-7,5	0,175362689	0,171608839	0,166615841	0,16060817	0,153829438
-7	0,200812929	0,195904978	0,189423976	0,181696249	0,173067583
-6,5	0,232185694	0,225648263	0,217091605	0,207000423	0,1958735
-6	0,271452623	0,26255749	0,251042032	0,237643217	0,223092292
-5,5	0,321468941	0,309065529	0,293228776	0,275107769	0,255791279
-5	0,386486991	0,368691959	0,346369941	0,321360862	0,295307026
-4,5	0,473047071	0,446649596	0,414293741	0,379005912	0,343281026
-4	0,591588942	0,55085145	0,502436993	0,451447635	0,401650736
-3,5	0,759506097	0,693602389	0,618519238	0,542997672	0,472523165
-3	1,007231861	0,894415262	0,773294243	0,658719204	0,557788251
-2,5	1,390970711	1,184389637	0,980827803	0,80352095	0,658232559
-2	2,020123054	1,611296452	1,256380326	0,979515857	0,771865658
-1,5	3,112891456	2,236932977	1,606791158	1,180298495	0,891438845
-1	5,054621092	3,089952474	2,005028882	1,38231454	1,002208273
-0,5	8,00419191	3,997542423	2,353725399	1,540171766	1,082853479
0	9,877157615	4,427691345	2,498113794	1,601035524	1,112678068
0,5	8,00419191	3,997542423	2,353725399	1,540171766	1,082853479
1	5,054621092	3,089952474	2,005028882	1,38231454	1,002208273
1,5	3,112891456	2,236932977	1,606791158	1,180298495	0,891438845
2	2,020123054	1,611296452	1,256380326	0,979515857	0,771865658
2,5	1,390970711	1,184389637	0,980827803	0,80352095	0,658232559
3	1,007231861	0,894415262	0,773294243	0,658719204	0,557788251
3,5	0,759506097	0,693602389	0,618519238	0,542997672	0,472523165
4	0,591588942	0,55085145	0,502436993	0,451447635	0,401650736
4,5	0,473047071	0,446649596	0,414293741	0,379005912	0,343281026
5	0,386486991	0,368691959	0,346369941	0,321360862	0,295307026
5,5	0,321468941	0,309065529	0,293228776	0,275107769	0,255791279
6	0,271452623	0,26255749	0,251042032	0,237643217	0,223092292
6,5	0,232185694	0,225648263	0,217091605	0,207000423	0,1958735
7	0,200812929	0,195904978	0,189423976	0,181696249	0,173067583
7,5	0,175362689	0,171608839	0,166615841	0,16060817	0,153829438
8	0,154439643	0,151521011	0,147615632	0,142880989	0,137491398
8,5	0,137034716	0,134732184	0,131635743	0,127857883	0,123525193
9	0,122404038	0,120563779	0,118078524	0,11502996	0,111511303
9,5	0,109989781	0,10850171	0,10648484	0,103999391	0,101114902
10	0,099367164	0,098151131	0,096497872	0,094452401	0,092067229

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.



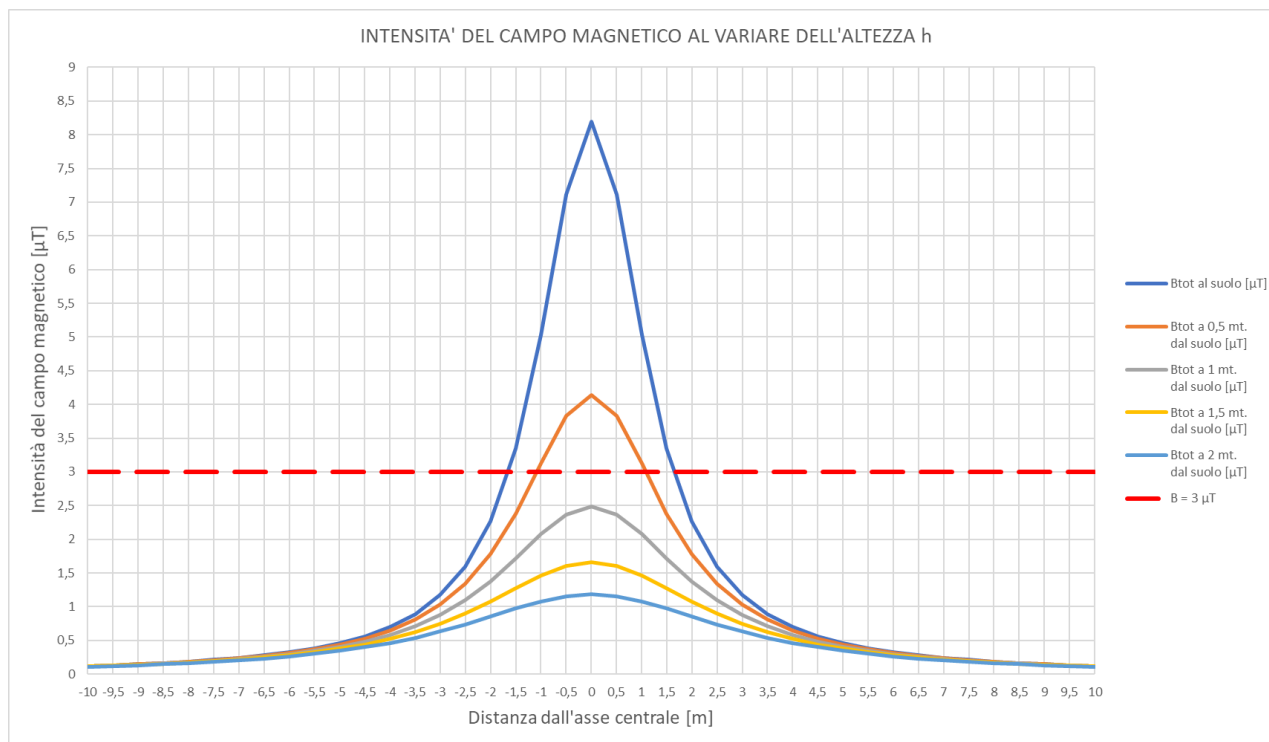
I valori del campo magnetico indotto dal campo elettrico comportano la necessità di individuare una fascia di rispetto di larghezza pari a 4,00 metri, ovvero 2 metri da ciascun lato dell'asse del tracciato.

Caso tripla terna

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione dell'induzione magnetica per il caso con due terne posate nello stesso scavo con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,119854845	0,118161086	0,115957455	0,113302794	0,110263542
-9,5	0,132616495	0,130545624	0,127860703	0,124640185	0,12097167
-9	0,147518022	0,144959626	0,141656	0,137713152	0,133247904
-8,5	0,165062687	0,161865446	0,157756424	0,152880923	0,147396641
-8	0,185909678	0,181862692	0,176690702	0,170596003	0,163794195
-7,5	0,210935334	0,205739119	0,199142786	0,191432768	0,182907781
-7	0,241324026	0,234544366	0,226007258	0,216125722	0,205319318
-6,5	0,278706088	0,269698621	0,258467656	0,245620509	0,23175455
-6	0,325372337	0,31315556	0,298107961	0,281141296	0,263117099
-5,5	0,38461684	0,36765104	0,347071769	0,324277685	0,300524736
-5	0,4613011	0,43708901	0,408288386	0,377091302	0,345339941
-4,5	0,562813301	0,527148536	0,485787406	0,442232345	0,399175938
-4	0,700756647	0,646244048	0,585112821	0,523030163	0,463838088
-3,5	0,894026917	0,80702548	0,713793291	0,623459611	0,541122721
-3	1,174595481	1,028588068	0,881640856	0,747751524	0,63233854
-2,5	1,598499036	1,339118173	1,100128868	0,899173803	0,737360225
-2	2,265587935	1,776500226	1,378876824	1,077216033	0,853061782
-1,5	3,344114262	2,376629945	1,715353464	1,272542354	0,971331608
-1	5,02844283	3,122093549	2,074580607	1,46100119	1,077793615
-0,5	7,110553029	3,832501641	2,370147862	1,6028539	1,153474889
0	8,199045549	4,142563672	2,487639065	1,656318771	1,181080925
0,5	7,110553029	3,832501641	2,370147862	1,6028539	1,153474889
1	5,02844283	3,122093549	2,074580607	1,46100119	1,077793615
1,5	3,344114262	2,376629945	1,715353464	1,272542354	0,971331608
2	2,265587935	1,776500226	1,378876824	1,077216033	0,853061782
2,5	1,598499036	1,339118173	1,100128868	0,899173803	0,737360225
3	1,174595481	1,028588068	0,881640856	0,747751524	0,63233854
3,5	0,894026917	0,80702548	0,713793291	0,623459611	0,541122721
4	0,700756647	0,646244048	0,585112821	0,523030163	0,463838088
4,5	0,562813301	0,527148536	0,485787406	0,442232345	0,399175938
5	0,4613011	0,43708901	0,408288386	0,377091302	0,345339941
5,5	0,38461684	0,36765104	0,347071769	0,324277685	0,300524736
6	0,325372337	0,31315556	0,298107961	0,281141296	0,263117099
6,5	0,278706088	0,269698621	0,258467656	0,245620509	0,23175455
7	0,241324026	0,234544366	0,226007258	0,216125722	0,205319318
7,5	0,210935334	0,205739119	0,199142786	0,191432768	0,182907781
8	0,185909678	0,181862692	0,176690702	0,170596003	0,163794195
8,5	0,165062687	0,161865446	0,157756424	0,152880923	0,147396641
9	0,147518022	0,144959626	0,141656	0,137713152	0,133247904
9,5	0,132616495	0,130545624	0,127860703	0,124640185	0,12097167
10	0,119854845	0,118161086	0,115957455	0,113302794	0,110263542

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.



I valori del campo magnetico indotto dal campo elettrico comportano la necessità di individuare una fascia di rispetto di larghezza pari a 4,00 metri, ovvero 2 metri da ciascun lato dell'asse del tracciato.

Ricordando che l'obiettivo da rispettare è l'obiettivo qualità pari a $3 \mu\text{T}$, fissato dal DPCM del 08/07/2003

Soglia	Valore limite del campo magnetico
Limite di esposizione	100 μT (da intendersi come valore efficace)
Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	10 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)	3 μT (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Il calcolo della D.p.a. per i cavidotti di collegamento in MT simulati si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dall'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo il cui valore del campo magnetico risulta essere uguale o inferiore all'obiettivo qualità di $3 \mu\text{T}$.

Si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo in corrispondenza dell'asse centrale ad altezza suolo e quindi sul piano di calpestio che, in base alle configurazioni mostrate sarà capace di superare il valore di $3 \mu\text{T}$ fissato quale obiettivo di qualità ma sarà sempre inferiore al valore di attenzione di $10 \mu\text{T}$ e al limite di esposizione di $100 \mu\text{T}$.

All'interno della fascia di rispetto determinate per ciascuna casistica su riportata non esistono recettori sensibili (strutture abitate da persone per un tempo superiore alle 4 ore) e in tale area sarà consentita la sola presenza di personale che effettuerà le sporadiche ed eventuali operazioni di manutenzione svolte in un tempo modesto. Si può affermare che non sussistono pericoli per la salute umana.

Si vuole ricordare però che sia l'obiettivo qualità di $3 \mu\text{T}$ che il limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$ fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliera e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Inoltre data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 41 di 53

3.4 Power Station

All'interno del Campo Fotovoltaico sono presenti n.12 Power Station,

Ognuna è comprensiva di n. 1 Quadro MT (QMT), di n°1 Trasformatore potenza massima pari a **6000 kVA** con rapporto di Trasformazione **30/0,800** kV, n.1 QBT, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, il tutto montato e cablato su apposito Skid predisposto.

La fascia di rispetto della cabina di trasformazione dell'impianto è calcolata sulla base della metodologia di calcolo semplificato descritta nel DM 29/05/08 pubblicata sulla gazzetta ufficiale n.156 del 5 luglio 2008 S.O. n. 160) mediante l'individuazione della distanza di prima approssimazione D.p.a., ottenuta applicando la seguente formula:

$$D.p.a. = 0,40942 * \sqrt{I} * x^{0,5241}$$

Dove:

I = corrente nominale (secondaria del trasformatore) [A];

x = diametro dei cavi in uscita dal trasformatore [m];

Di fatto i Power Station, sono assimilabili a cabine secondarie di trasformazione.

In ottemperanza al DM 29/05/08 precedentemente citato, è stata prevista una fascia di rispetto espressa a titolo cautelativo mediante l'individuazione della distanza di prima approssimazione. In particolare, la D.p.a. è intesa come la distanza da ciascuna delle pareti del power center, calcolata simulando una linea trifase, con cavi paralleli, percorsa dalla corrente nominale BT in uscita dal trasformatore (I) e con distanza tra le fasi pari al diametro reale del cavo (x), ossia conduttore più isolante.

Considerando la taglia da **3.000 kVA**, il cui valore della **corrente lato BT** è $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V} = 2.165,06$ **A alla tensione di 800 V** e supponendo che i cavi in uscita al trasformatore abbiano una sezione pari a **630 mm²**, con più conduttori in parallelo e diametro esterno pari a circa **56 mm**, si ottiene una D.P.A. pari a:

$$D.p.a. = 0,40942 * \sqrt{2165,06} * (0,056)^{0,5241} = 4,21 \text{ m}$$

arrotondata per eccesso a **D.p.a. = 5 m**.

Considerando la taglia da **6.000 kVA**, il cui valore della **corrente lato BT** è $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V} = 4.330,13$ **A alla tensione di 800 V** e supponendo che i cavi in uscita al trasformatore abbiano una sezione pari a **630 mm²**, con più conduttori in parallelo e diametro esterno pari a circa **56 mm**, si ottiene una D.P.A. pari a:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 42 di 53

$$D.p.a. = 0,40942 * \sqrt{4330,1} * (0,056)^{0,5241} = 5,95 \text{ m}$$

arrotondata per eccesso a **D.p.a. = 6 m.**

Saranno pertanto previste attorno ai Power Center delle fasce di terreno di **5 m e 6 m** mantenuta libera da qualsiasi struttura. All'esterno di quest'area il campo di induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità di 3 μT riferendoci alla corrente in bassa tensione del trasformatore della tipica power station prevista a progetto. Il tracciato di posa dei cavi è tale per cui intorno ad esso non vi sono ricettori sensibili (zone in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) per distanze molto più elevate di quelle calcolate.

Come previsto nel progetto, non sussistono attività permanenti all'interno D.p.a. indicato e quindi non vi sono pericoli di esposizione ai campi elettrici e magnetici.

La zona adiacente sarà di transito e non di permanenza di persone; potrà essere occasionalmente occupata da personale Tecnico nei momenti di controllo, manutenzione ed attività eseguite nel rispetto dei programmi di sicurezza, valutata nella globalità dei rischi professionali aziendali. Analogo procedimento per la sicurezza dovrà essere adottato dal responsabile della sicurezza dell'impianto produttore, in modo da escludere, dalla suddetta zona di rispetto, le attività con elevato tempo di permanenza del personale.

Pertanto, secondo quanto indicato dalle linee guida dell'ente gestore citate in precedenza, la D.p.a. (distanza di prima approssimazione) è da considerarsi come quella della linea MT entrante/uscente.

Le linee MT entranti/uscenti in questione sono quelle prese in esame nei paragrafi precedenti, per le quali si è calcolata l'ampiezza delle fasce di rispetto.

Relativamente alla **cabina di sezionamento** e partenza d'impianto, si fa notare come tale cabina secondaria consista in una cabina di smistamento e non di trasformazione.

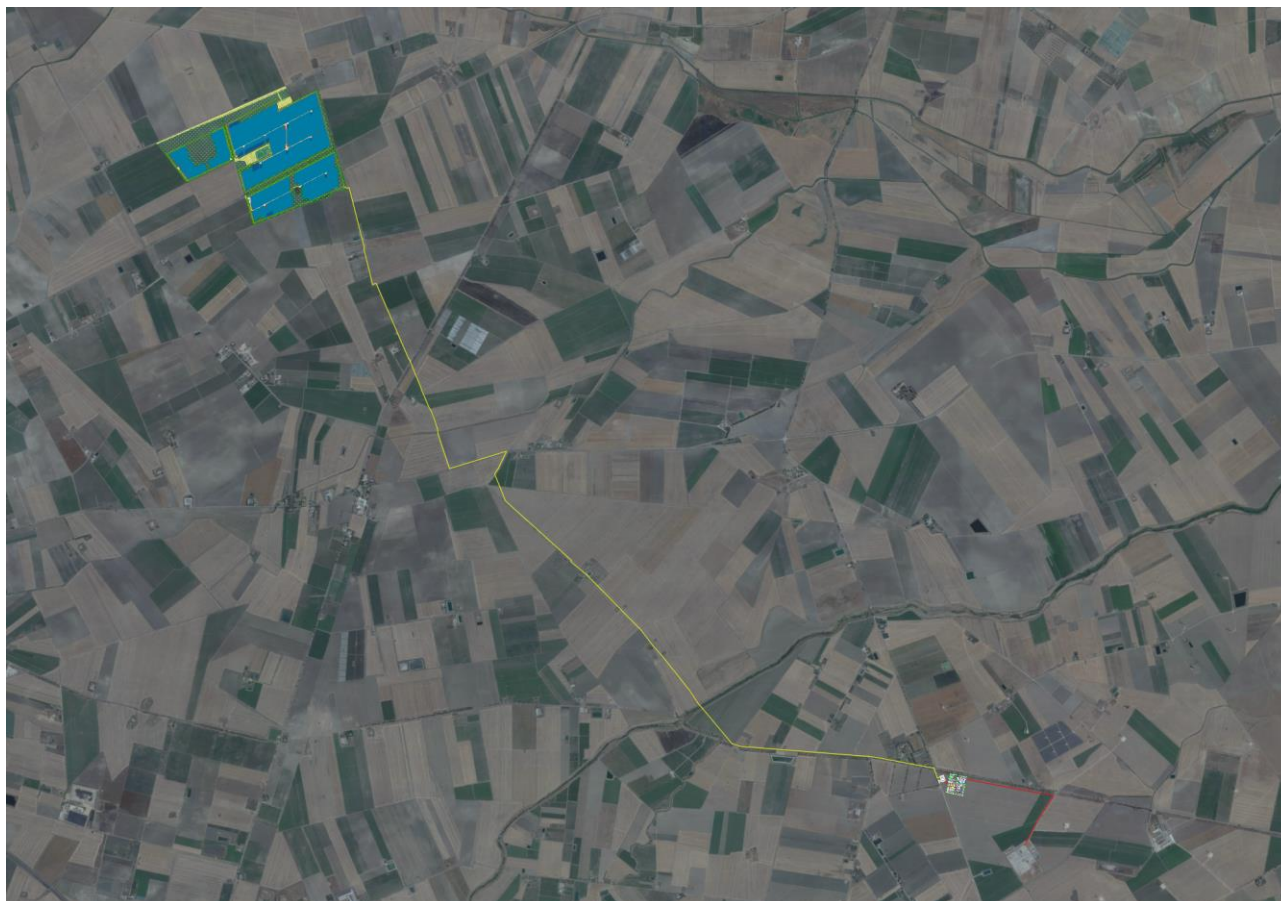
Pertanto, secondo quanto indicato dalle linee guida dell'ente gestore citate in precedenza, la D.p.a. (distanza di prima approssimazione) è da considerarsi come quella della linea MT entrante/uscente.

Le linee MT entranti/uscenti in questione sono quelle prese in esame nei paragrafi precedenti, per le quali si è calcolata l'ampiezza delle fasce di rispetto.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 43 di 53

3.5 Elettrodotto Esterno

Il tratto di elettrodotto, tracciato di colore giallo, è così definito:



La tabella che segue mostra la configurazione scelta e le caratteristiche di posa:

TRATTO		N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm ²)	TENSIONE (V)
CABINA SEZIONAMENTO	S.S.E.U.	3	9.360	Trifoglio Interr. a 1,5 m	ARE4H5E	3 x (3x1x630)	30.000

Le caratteristiche elettriche dei cavi in alluminio scelti sono riportate nella successiva tabella considerando una posa a trifoglio interrata a 1,5 m, temperatura del terreno di 20°C e resistività termica del terreno $\rho = 1 \frac{^{\circ}\text{C m}}{\text{W}}$.

In tali condizioni il valore di portata di corrente nominale del cavo è $I_0 = 709 \text{ A}$.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 44 di 53

ARE4HE COMPACT

Unipolare 12/20 kV e 18/30 kV

Single core 12/20 kV and 18/30 kV



Conduttore di alluminio / Aluminium conductor - ARP1H5E

sezione nominale	diametro conduttore	diametro sull'isolante	diametro esterno nominale	massa indicativa del cavo	raggio minimo di curvatura	portata di corrente in aria	posa interrata a trifoglio	
conductor cross-section	conductor diameter	diameter over insulation	nominal outer diameter	approximate weight	minimum bending radius	open air installation	$p=1$ °C m/W	$p=2$ °C m/W
(mm ²)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)	(mm)	(mm)	(A)	(A)

DATI COSTRUTTIVI - 12/20 kV

50	8,2	19,9	28	580	370	186	175	134
70	9,7	20,8	29	650	380	230	214	164
95	11,4	22,1	30	740	400	280	256	197
120	12,9	23,2	32	840	420	323	291	223
150	14	24,3	33	930	440	365	325	250
185	15,8	26,1	35	1090	470	421	368	283
240	18,2	28,5	37	1310	490	500	427	328
300	20,8	31,7	42	1560	550	578	483	371
400	23,8	34,9	45	1930	610	676	551	423
500	26,7	37,8	48	2320	650	787	627	482
630	30,5	42,4	53	2880	700	916	712	547

DATI COSTRUTTIVI - 18/30 kV

50	8,2	25,5	34	830	450	190	175	134
70	9,7	25,6	34	870	450	235	213	164
95	11,4	26,5	35	950	470	285	255	196
120	12,9	27,4	36	1040	470	328	291	223
150	14	28,1	37	1130	490	370	324	249
185	15,8	29,5	38	1260	510	425	368	283
240	18,2	31,5	41	1480	550	503	426	327
300	20,8	34,7	44	1740	590	581	480	369
400	23,8	37,9	48	2130	650	680	549	422
500	26,7	41	51	2550	690	789	624	479
630	30,5	45,6	56	3130	760	918	709	545

Per la portata effettiva dei cavi invece si è tenuto conto di fattori di correzione che adeguano la portata nominale del cavo alle reali condizioni di esercizio in regime permanente secondo i seguenti effetti:

- Temperatura dell'ambiente esterno diversa da quella di riferimento → K_{temp_amb}

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 45 di 53

- Compresenza di più cavi nello stesso scavo e loro relativa distanza dall'asse neutro → K_{terne}
- Profondità di posa della terna di cavi → K_{posa}
- Resistenza termica del terreno → $K_{resistenza}$

Temperatura dell'ambiente diversa da quella di riferimento										
T. conduttore	Tipo di cavo	temperature ambiente (°C)								
		10	15	20	25	30	35	40	45	50
90°C	cavi in terra / buried cables	1,07	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,85	0,8	0,76
90°C	cavi in aria/ in air cables	1,15	1,12	1,08	1,04	1	0,96	0,91	0,87	0,82
105°C	cavi in terra / buried cables	1,06	1,03	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,8
105°C	cavi in aria/ in air cables	1,12	1,1	1,06	1,03	1	0,97	0,93	0,89	0,86

profondità di posa (m)			
0,8	1	1,2	1,5
1,02	1	0,98	0,96

Resistenza termica (km/W)			
0,8	1	1,2	1,5
1,08	1	0,93	0,85

- Le resistività termiche del terreno sono intese uniformi:
 $r=1,0 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità;
 $r=1,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ per terreno o sabbia scarsamente umidi
- L'eventuale presenza di protezioni meccaniche (quali laterizi e lastre di cemento) che non comportano intercapedini d'aria, non altera le portate

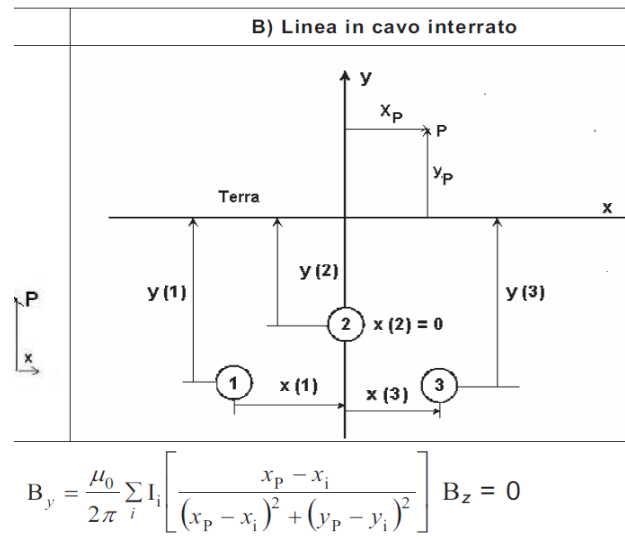
distanza tra cavi o terne cm	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,6
25	0,86	0,78	0,74	0,69

Pertanto il valore della portata di corrente a regime che può viaggiare nel cavo in media tensione, tenuto conto degli effetti citati, è stimato in:

$$I_z = I_0 * K_{temp_amb} * K_{terne} * K_{posa} * K_{resistenza} = 709 \text{ A} * 0,96 * 0,78 * 0,96 * 0,85 = 477,65 \text{ A}$$

Per tener conto della presenza di una terna nella 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, tiene conto delle componenti spaziali dell'induzione magnetica calcolate come somma del contributo delle correnti nei diversi conduttori.



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 per il modello, un sistema di cavi unipolari posati a trifoglio e non elicoidali, in questo modo viene introdotto un grado di protezione maggiore nel sistema.

Come infatti suggerito dalla norma CEI 106-11, per i cavi unipolari posati a trifoglio è possibile ricorrere ad una espressione approssimata del campo magnetico, ossia:

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

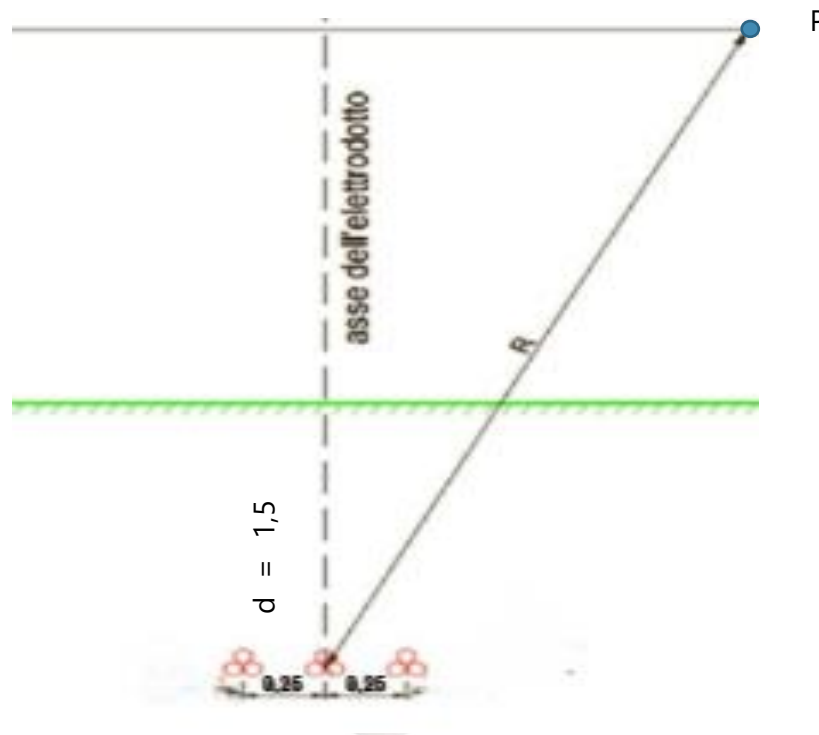
dove B [μ T] è l'induzione magnetica in un generico punto distante R [m] dal conduttore centrale, S [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari ad I [A].

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

Considerata quindi la disposizione spaziale delle due terne e fissando l'asse centrale come riportato in figura, si può calcolare il campo magnetico generato dall'elettrodotto attraverso la seguente formula:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 47 di 53

$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_1 * I_1}{(x_p - x_1)^2 + (y_p - y_1)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_2 * I_2}{(x_p - x_2)^2 + (y_p - y_2)^2} + 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S_3 * I_3}{(x_p - x_3)^2 + (y_p - y_3)^2}$$



dove B [μT] è l'induzione magnetica in un generico punto distante r [m] dal centro del sistema (baricentro delle due terne di cavi), S_i [m] è la distanza fra i conduttori adiacenti della terna i -esima percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate di ampiezza pari a I_i [A] specifica della terna i -esima.

Facendo riferimento alla portata in corrente in regime permanente, così come definito dalla norma CEI 11-17, sono state calcolate le distribuzioni dell'intensità del campo magnetico su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso, fissando vari valori di altezza h .

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Ai fini del calcolo è stato preso in esame il caso di **tre terne** di cavi con sezione del singolo conduttore pari a **630 mm²**, per cui le condizioni operative sono le seguenti:

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = \frac{64 \text{ MW}}{\sqrt{3} * 30.000 \text{ V} * 1,00} = 1.231,7 \text{ A} < 3 * 442,24 = 1.326,72 \text{ A}$$

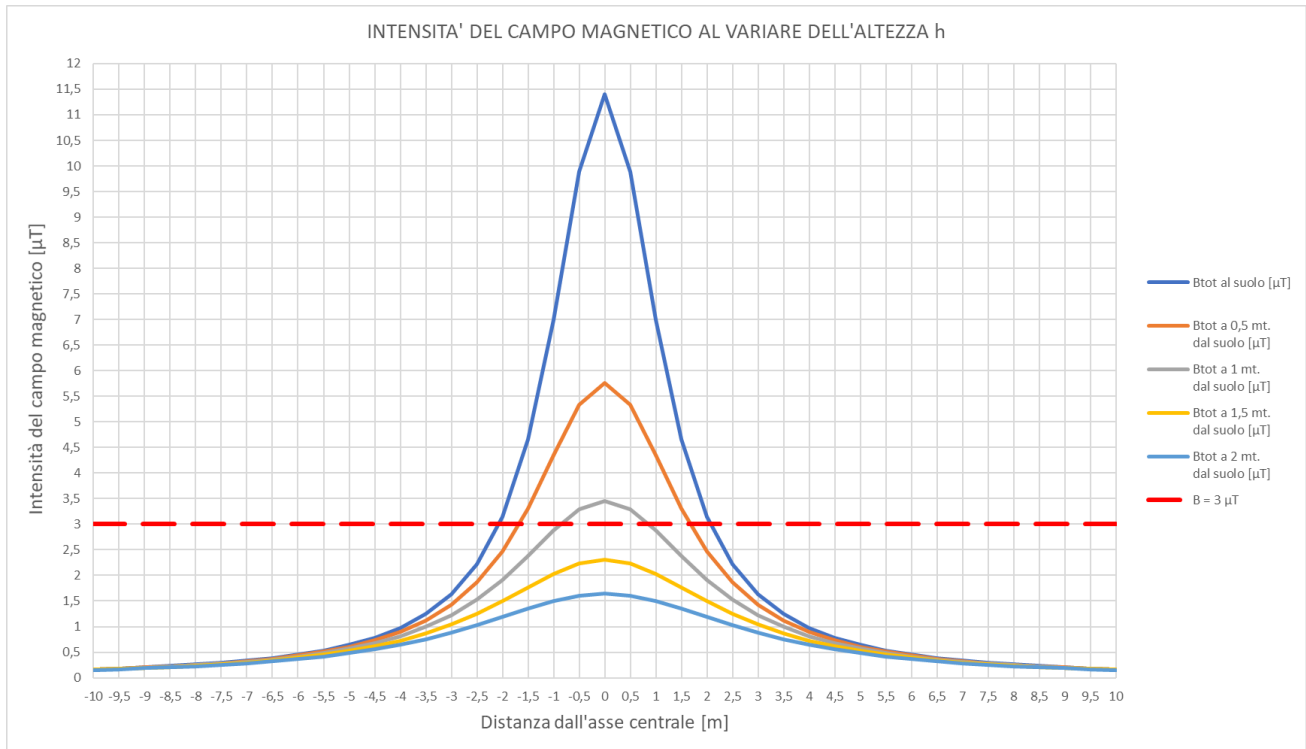
Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV782-V.04	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	10/02/2023	R0	Pagina 48 di 53

Profondità di posa dei cavi	-1,5 m
Distanza terna 1 dall'asse y	-0,125 m
Distanza terna 2 dall'asse y	0,00 m
Distanza terna 3 dall'asse y	0,125 m
Sezione terna 1	3x1x630 mm ²
Sezione terna 2	3x1x630 mm ²
Sezione terna 3	3x1x630 mm ²
Portata nominale terna 1+2+3	2127,00 A
Portata corretta cavo terna 1+2+3	1.326,72 A

La tabella che segue mostra i valori della distribuzione con un intervallo di campionamento dei valori in ascissa (distanza dall'asse centrale) pari a 0,5 m:

DISTANZA DALL'ASSE CENTRALE [m]	B _{tot} al suolo [μT]	B _{tot} a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B _{tot} a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,166754567	0,164398032	0,161332111	0,15763867	0,153410146
-9,5	0,184509906	0,181628695	0,177893151	0,173412432	0,168308411
-9	0,205242466	0,201682958	0,197086609	0,191600907	0,185388388
-8,5	0,229652434	0,225204099	0,219487198	0,212703893	0,205073587
-8	0,258656943	0,253026354	0,245830542	0,23735096	0,227887575
-7,5	0,293475247	0,28624573	0,277068224	0,266341243	0,254480391
-7	0,335755166	0,326322596	0,314444881	0,300696656	0,28566166
-6,5	0,387764992	0,375232864	0,359607173	0,341732881	0,322441113
-6	0,452691948	0,435694693	0,414758903	0,391153107	0,366075964
-5,5	0,535119082	0,51151449	0,482882462	0,451168954	0,418121371
-5	0,641810226	0,608123841	0,568053406	0,524648768	0,480472961
-4,5	0,783044593	0,733424051	0,675878129	0,615279784	0,555375218
-4	0,97496577	0,899122154	0,814070012	0,72769414	0,645339949
-3,5	1,243863537	1,122818059	0,99310371	0,867422067	0,752866395
-3	1,6342198	1,431079052	1,226630756	1,040349946	0,879775359
-2,5	2,223998659	1,863120937	1,530614077	1,251024421	1,025892486
-2	3,152122344	2,471652488	1,918437321	1,49873535	1,186868566
-1,5	4,652680712	3,306615576	2,386578733	1,77049371	1,351417889
-1	6,996094373	4,343782329	2,886373019	2,032697308	1,499538943
-0,5	9,892943345	5,332176197	3,297597025	2,230057601	1,604834628
0	11,40736772	5,763566848	3,461063047	2,304443507	1,643243026
0,5	9,892943345	5,332176197	3,297597025	2,230057601	1,604834628
1	6,996094373	4,343782329	2,886373019	2,032697308	1,499538943
1,5	4,652680712	3,306615576	2,386578733	1,77049371	1,351417889
2	3,152122344	2,471652488	1,918437321	1,49873535	1,186868566
2,5	2,223998659	1,863120937	1,530614077	1,251024421	1,025892486
3	1,6342198	1,431079052	1,226630756	1,040349946	0,879775359
3,5	1,243863537	1,122818059	0,99310371	0,867422067	0,752866395
4	0,97496577	0,899122154	0,814070012	0,72769414	0,645339949
4,5	0,783044593	0,733424051	0,675878129	0,615279784	0,555375218
5	0,641810226	0,608123841	0,568053406	0,524648768	0,480472961
5,5	0,535119082	0,51151449	0,482882462	0,451168954	0,418121371
6	0,452691948	0,435694693	0,414758903	0,391153107	0,366075964
6,5	0,387764992	0,375232864	0,359607173	0,341732881	0,322441113
7	0,335755166	0,326322596	0,314444881	0,300696656	0,28566166
7,5	0,293475247	0,28624573	0,277068224	0,266341243	0,254480391
8	0,258656943	0,253026354	0,245830542	0,23735096	0,227887575
8,5	0,229652434	0,225204099	0,219487198	0,212703893	0,205073587
9	0,205242466	0,201682958	0,197086609	0,191600907	0,185388388
9,5	0,184509906	0,181628695	0,177893151	0,173412432	0,168308411
10	0,166754567	0,164398032	0,161332111	0,15763867	0,153410146

Il grafico che segue mostra la distribuzione di tali valori in funzione della distanza dall'asse centrale. Le varie curve mostrano il valore dell'intensità del campo al variare del parametro h (da 0 m a 2 m da terra), ossia la distribuzione del campo su piani fuori terra paralleli al suolo e al suolo stesso.



I valori del campo magnetico indotto dal campo elettrico comportano la necessità di individuare una fascia di rispetto di larghezza pari a 5,00 metri, ovvero 2,0 metri da ciascun lato dell'asse del tracciato.

Ricordando che l'obiettivo da rispettare è l'obiettivo qualità pari a $3 \mu\text{T}$, fissato dal DPCM del 08/07/2003

Soglia	Valore limite del campo magnetico
Limite di esposizione	$100 \mu\text{T}$ (da intendersi come valore efficace)
Valore di attenzione (misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, nelle aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere)	$10 \mu\text{T}$ (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)
Obiettivo di qualità (nella progettazione di nuovi elettrodotti in aree di gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità delle linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio)	$3 \mu\text{T}$ (da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio)

Si rileva che l'elettrodotto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo in corrispondenza dell'asse centrale ad altezza suolo e quindi sul piano di calpestio, pari a **$11,40 \mu\text{T}$** , superiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma e al valore di attenzione di $10 \mu\text{T}$.

All'interno della fascia di rispetto appena definita non esistono recettori sensibili (strutture abitate da persone per un tempo superiore alle 4 ore) e in tal e area sarà consentita la sola presenza di personale che effettuerà le sporadiche ed eventuali operazioni di manutenzione svolte in un tempo modesto. Si può affermare che non sussistono pericoli per la salute umana.

Si vuole ricordare però che sia l'obiettivo qualità di $3 \mu\text{T}$ che il limite di attenzione di $10 \mu\text{T}$ fanno riferimento al valore della mediana nelle 24 ore di esercizio. Tutti i dimensionamenti, invece, sono stati eseguiti tenendo conto delle potenze nominali del parco fotovoltaico ipotizzando il funzionamento a piena potenza. In tal senso, occorre tenere conto delle effettive ore di produzione giornaliere e delle ore serali/notturne in cui l'elettrodotto non risulta trasportare energia, e conseguentemente generare campi elettromagnetici.

Inoltre data la natura non programmabile della fonte rinnovabile, i valori reali saranno certamente inferiori a quelli utilizzati nei calcoli con una significativa diminuzione del valore dei campi elettromagnetici generati, ben al di sotto dei valori normativi precedentemente illustrati.

4. Conclusioni

Come evidenziato nello studio analitico condotto e nelle tabelle e figure dei paragrafi precedenti, sono state individuate le potenziali sorgenti di emissione e si è proceduto alla valutazione dei potenziali rischi legati all'esposizione delle persone in riferimento alle opere da realizzare.

Sulla base dei risultati, alla luce della normativa vigente, sono state individuate eventuali fasce di rispetto da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici.

Considerando che all'interno di queste non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative alla realizzazione di un impianto fotovoltaico in oggetto e delle opere di connessioni rispettano la normativa vigente.