



# COMUNE DI PISCINAS



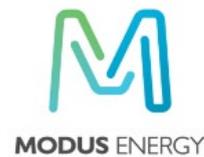
## PROGETTO DEFINITIVO

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

Committente:

**Green Genius Italy Utility 14 srl**

Corso Giuseppe Garibaldi, 49  
20121 Milano (MI)



**StudioTECNICO**

**Ing. Marco G Balzano**

Via Canello Rotto, 3  
70125 BARI | Italy  
+39 331.6794367  
www.ingbalzano.com



Spazio Riservato agli Enti:

REV	DATA	ESEGUITO	VERIFICA	APPROV	DESCRIZ
R0	02/02/2022	MSS	MBG	MBG	Prima Emissione

Numero Commessa:

**SV671**

Data Elaborato:

**02/02/2022**

Revisione:

**R0**

Titolo Elaborato:

**Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico**

Progettista:

**ing.MarcoG.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.08**



## Sommario

<b>1. Premessa</b>	<b>3</b>
1.1 Generalità	3
1.2 Localizzazione	5
1.3 Descrizione Sintetica dell'Iniziativa	8
1.4 Contatti	11
1.5 Oggetto della Relazione	11
<b>2. Campi Elettromagnetici: Generalità e Riferimenti Normativi</b>	<b>13</b>
2.1 Generalità	13
2.2 Normative	15
2.3 Definizioni	17
<b>3. Calcolo della D.p.a.</b>	<b>20</b>
3.1 Impianto Fotovoltaico	20
3.2 CLUSTER NORD - Rete di Media tensione: Elettrodotto interno a 15 kV	21
3.3 Valutazione Analitica Campi Elettromagnetici – Terne MT interrate a 1,2 m	22
3.4 CLUSTER SUD - Rete di Media tensione: Elettrodotto interno a 15 kV	30
3.5 Valutazione Analitica Campi Elettromagnetici – Terne MT interrate a 1,2 m	30
3.6 Power Station	38
3.7 Cabina di consegna	40
<b>4. Conclusioni</b>	<b>43</b>

STUDIOTECHNICO  
ing.MarcoBALZANO

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 2 di 43



## 1. Premessa

### 1.1 Generalità

La Società **Green Genius Italy Utility 14 s.r.l.**, con sede in Corso G. Garibaldi, 49 – 20121 Milano (MI), è soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un progetto **Agri-Fotovoltaico** denominato "**Piscinas-01**".

L'iniziativa prevede la realizzazione integrata di un impianto fotovoltaico destinato alla **produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e di un progetto agronomico**.

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

Il costo della produzione energetica, mediante questa tecnologia, è concorrenziale alle fonti fossili, ma con tutti i vantaggi derivanti dalla tecnologia fotovoltaica.

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. sfrutta il sole, risorsa gratuita ed inesauribile;
2. non comporta emissioni inquinanti;
3. non comporta inquinamento acustico;
4. permette la diversificazione delle fonti energetiche e la riduzione del deficit elettrico;
5. presenta una estrema affidabilità e lunga vita utile (superiore a 30 anni);
6. comporta costi di manutenzione ridotti;
7. offre modularità di sistema;
8. si può integrare facilmente con sistemi di accumulo;
9. consente la delocalizzazione della produzione di energia elettrica.

L'impianto in progetto, sfruttando l'energia rinnovabile del sole, 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	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 3 di 43

L'iniziativa si inquadra, pertanto, nel piano di realizzazione di impianti per la produzione di energia rinnovabile che la società intende realizzare nella Regione Sardegna per contribuire al soddisfacimento delle esigenze di energia pulita e sviluppo sostenibile sancite fin dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997 e in anni più recenti dall'Accordo sul Clima delle Nazioni Unite (Parigi, Dicembre 2015), dal Piano Nazionale Energia e Clima (PNIEC - 2020) e dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR - 2021), tutti concordi nel porre la priorità sulla transizione energetica dalle fonti fossili alle rinnovabili, con l'ulteriore vantaggio che le fonti energetiche rinnovabili possono contribuire a migliorare il tenore di vita e il reddito nelle regioni più svantaggiate, periferiche e insulari, favorendo lo sviluppo interno, contribuendo alla creazione di posti di lavoro locali permanenti, con il risultato di conseguire una maggiore coesione economica e sociale.

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

In questa ottica ed in ragione delle motivazioni sopra esposte si colloca e trova giustificazione il progetto dell'impianto fotovoltaico oggetto della presente relazione.

Per la parte energetica, l'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.

Ai sensi dell'art. 4 comma 3 del D.Lgs. n.28 del 3.03.2011 "al fine di evitare l'elusione della normativa di tutela dell'ambiente, del patrimonio culturale, della salute e della pubblica incolumità, fermo restando quanto disposto dalla Parte quinta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, e, in particolare, dagli articoli 270, 273 e 282, per quanto attiene all'individuazione degli impianti e al convogliamento delle emissioni, le Regioni e le Province autonome stabiliscono i casi in cui la presentazione di più progetti per la realizzazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili e localizzati nella medesima area o in aree contigue sono da valutare in termini cumulativi nell'ambito della valutazione di impatto ambientale".

Pertanto, in ottemperanza ai **punti I e IV della Deliberazione n.59/90 del 27.11.2020 Allegato f)** della **Regione Autonoma della Sardegna**, gli **impianti agri-fotovoltaici distanti 230 m circa**, pur essendo **eletttricamente indipendenti**, sono **presentati congiuntamente nel procedimento autorizzativo**.

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.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 4 di 43

Circa il **progetto agronomico**, da realizzare in consociazione con la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, si è condotta un'approfondita analisi con lo scopo di:

- Attivare un progetto per favorire la biodiversità e la salvaguardia ambientale;
- Potenziare la copertura a verde dell'area, anche in compensazione di ambiti degradati dal punto di vista ambientale situati nei dintorni dell'area progetto;
- Preservare la producibilità colturale condotta sul fondo ed il contesto paesaggistico.

## 1.2 Localizzazione

L'iniziativa agrofotovoltaica si collocherà in Sardegna, nell'agro del **Comune di Piscinas** (SU). L'area di progetto, distinta in **due cluster elettricamente indipendenti**, ha un'estensione complessiva di **27,545** ha, in località Sa Gea De Antoni Serra, a nord del centro abitato.



Fig. 1-1: Localizzazione area di intervento, in blu la perimetrazione delle aree a disposizione del proponente, in giallo e rosso il tracciato della connessione

**Coordinate GPS (WGS84):**

Latitudine: 39.082802° N

Longitudine: 8.662869° E

Altezza: 60 m.s.l.m

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 5 di 43

L'area di progetto è censita catastalmente nel Comune di **Piscinas** (CA) come di seguito specificato:

Titolarità	Ubicazione	Foglio	Particella	Classamento	Consistenza
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	1	62	SEMINATIVO	2,7010
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	1	63	SEMINATIVO	1,0170
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	1	88	SEMINATIVO	1,1010
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	1	89	SEMINATIVO	6,9400
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	1	145	SEMINATIVO	0,1435
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	1	232	SEMINATIVO	2,0740
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	1	437	SEMINATIVO	2,2195
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	1	438	CATASTO FABBRICATI - C/6	0,0055

Titolarità	Ubicazione	Foglio	Particella	Classamento	Consistenza
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	4	25	PASCOLO	0,2815
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	4	28	SEMINATIVO	4,5925
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	4	29	SEMINATIVO	4,565

Il proponente, come da contratto preliminare, dispone inoltre dei seguenti mappali che potranno essere utilizzati per futuri sviluppi dell'iniziativa.



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



STUDIOTECHNICO  
ingMarcoBALZANO  
SPR/1700/21/09/2018

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

Titolarità	Ubicazione	Foglio	Particella	Classamento	Consistenza
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	2	69	SEMINATIVO	1,5255
NIEDDU ADRIANO NIEDDU GRAZIA MARIA NIEDDU GUIDO NIEDDU MARINA	PISCINAS (CA)	2	154	PASCOLO	0,3845

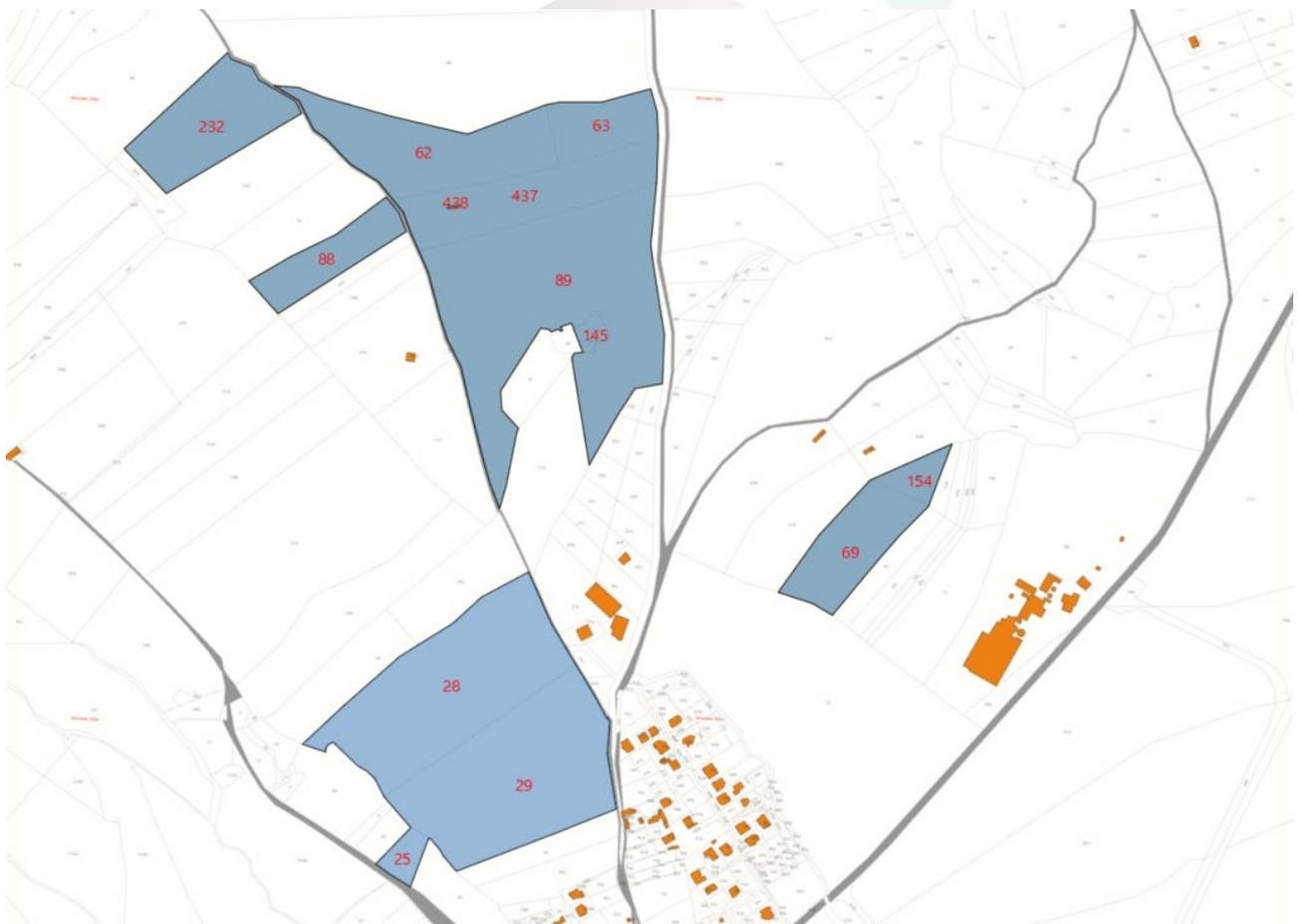


Fig. 1-2: Localizzazione area di intervento su planimetria catastale

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

<b>Rif. Elaborato:</b> SV671-V.08	<b>Elaborato:</b> Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	<b>Data</b> 02/02/2022	<b>Rev</b> R0	<b>Pagina 7 di 43</b>
--------------------------------------	---	---------------------------	------------------	-----------------------



### 1.3 Descrizione Sintetica dell'Iniziativa

L'iniziativa è da realizzarsi nell'agro del Comune di **Piscinas** (SU).

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.



Fig. 1-3: Stato di fatto

SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 8 di 43

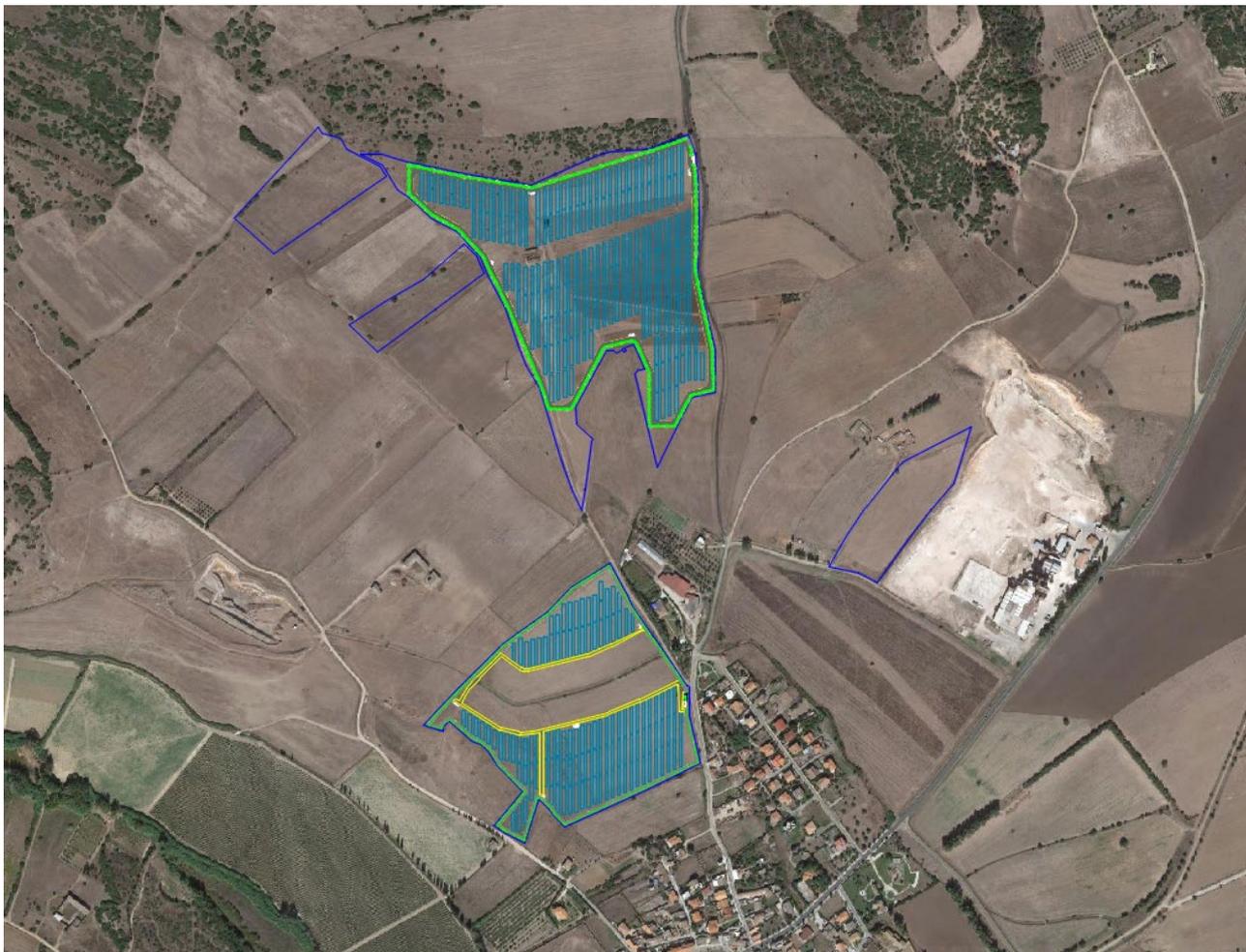


Fig. 1-4: Stato di progetto

Per quel che concerne i dati tecnici degli impianti fotovoltaici, questi avranno una potenza di:

Cluster Nord: **6,000 MWn – 7,87968 MWp;**

Cluster Sud: **4,000 MWn – 4,70592 MWp.**

Gli inverter saranno connessi a gruppi a un trasformatore 800/15.000 V (per i dettagli si veda lo schema unifilare allegato).

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 9 di 43

Segue un riassunto generale dei dati relativi ai due impianti:

#### Cluster Nord

<b>Potenza nominale:</b>	<b>6.000</b> kWn
<b>Potenza picco:</b>	<b>7.879,68</b> kWp
<b>Inverter:</b>	<b>24</b> unità
<b>Strutture:</b>	<b>192</b> inseguitori monoassiali da <b>72</b> moduli
<b>Moduli fotovoltaici:</b>	<b>13.824</b> u. x <b>570</b> Wp

#### Cluster Sud

<b>Potenza nominale:</b>	<b>4.000</b> kWn
<b>Potenza picco:</b>	<b>4.705,92</b> kWp
<b>Inverter:</b>	<b>16</b> unità
<b>Strutture:</b>	<b>102</b> inseguitori monoassiali da <b>72</b> moduli <b>19</b> inseguitori monoassiali da <b>48</b> moduli
<b>Moduli fotovoltaici:</b>	<b>8.256</b> u. x <b>570</b> Wp

Presso gli impianti verranno realizzate le rispettive cabine di campo e cabine principali di impianto. Gli impianti saranno collegati in M.T. alla Rete di Distribuzione gestita da E-Distribuzione S.p.A. attraverso due infrastrutture di rete elettricamente indipendenti in base alle soluzioni di connessione **STMG ENEL/P1311367 del 09/07/2021 - CODICE RINTRACCIABILITA' 280245644** per il cluster nord e **STMG ENEL/P1366488 del 09/08/2021 - CODICE RINTRACCIABILITA' 295343398** per il cluster sud, mediante la realizzazione di **nuove cabine di consegna** collegate in **antenna** con linee dedicate alla Cabina Primaria **AT/MT VILLAPERUCCI**.

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.

<b>Rif. Elaborato:</b>	<b>Elaborato:</b>	<b>Data</b>	<b>Rev</b>	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 10 di 43

## 1.4 Contatti

Società promotrice: **GREEN GENIUS ITALY UTILITY 14 S.R.L**

Indirizzo: Corso Giuseppe Garibaldi, 49  
20121 MILANO  
PEC: greengeniustalyutility14@unapec.it  
Mob: +39 331.6794367

Progettista: **Ing. MARCO G. BALZANO**

Indirizzo: Via Cancellotto Rotto, 3  
70125 BARI (BA)  
PEC: ing.marcobalzano@pec.it  
E-mail: [studiotecnico@ingbalzano.com](mailto:studiotecnico@ingbalzano.com)  
Mob: +39 331.6794367

## 1.5 Oggetto della Relazione

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);

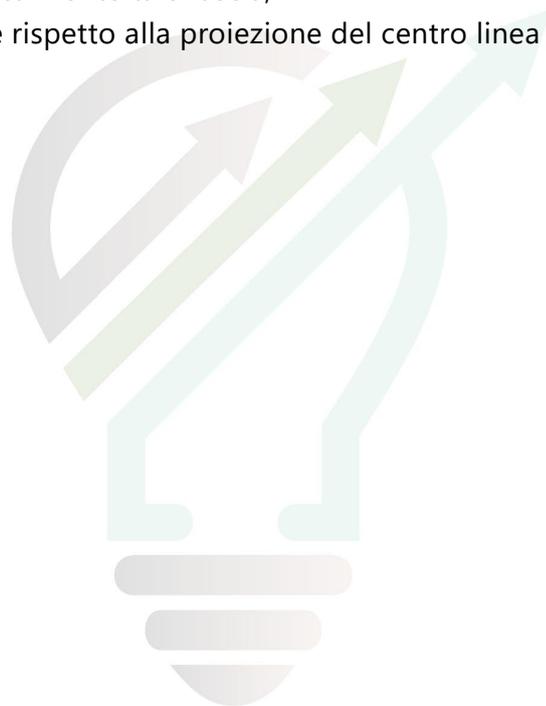
Lo studio dell'impatto elettromagnetico nel caso di linee elettriche aeree e non, si traduce nella determinazione di una fascia di rispetto.

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.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 11 di 43

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	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 12 di 43

## 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 **15 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;

- 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 interramento 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.

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.

## 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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 15 di 43

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.

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  $\mu$ T** per l'induzione magnetica e **5 kV/m** per l'intensità di campo elettrico intesi come valori efficaci;
- **Valori di attenzione:** **10  $\mu$ T** per l'induzione magnetica intesi come valore efficace;
- **Obiettivi di qualità:** **3  $\mu$ 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  $\mu$ 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  $\mu$ 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).

**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;

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 17 di 43

**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.

**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).

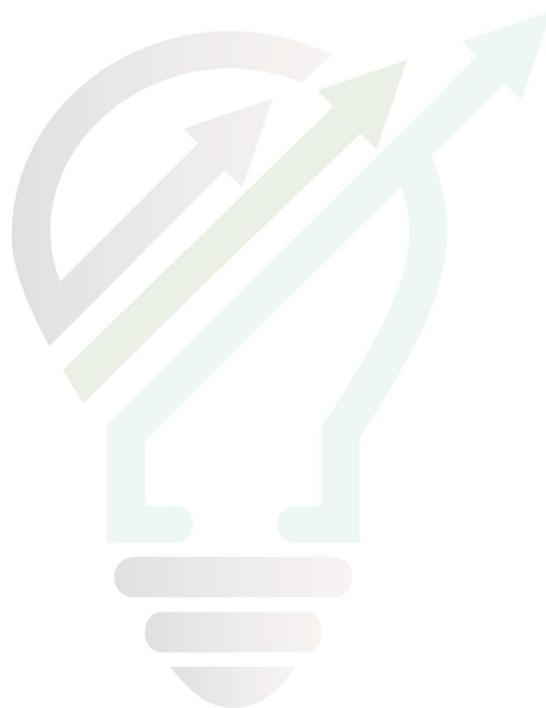
**Obiettivo di qualità** (DPCM 8 luglio 2003 art. 4): nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze giornaliere non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti 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  $\mu$ 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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 18 di 43

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.

**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.



STUDIOTECNICO   
 ing. Marco BALZANO  
 SERVIZI TECNICI DI INGEGNERIA

## 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 MPP 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	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 20 di 43

### 3.2 CLUSTER NORD - Rete di Media tensione: Elettrodotto interno a 15 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.

La rete a **15 kV** sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo **ARE4H5E COMPACT 12/20 kV** (o equivalente) con conduttore in alluminio.

**La rete di media tensione interna al parco fotovoltaico a 15 kV sarà costituita da n° 3 circuiti indipendenti composti da 1 terna con posa completamente interrata, per il collegamento Elettrico tra le Power Station e la Cabina di Consegna.**



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

Sono presentate le valutazioni dei campi elettromagnetici generati nei tratti a singola terna già considerati nella relazione specialistica "Relazione Calcoli Elettrici", nel tratto in cui c'è un parallelismo di due terne di lunghezza pari a **268,84 m** e di tre terne prossime alla cabina di consegna, di lunghezza pari a **1,52m**.

#### 1° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm <sup>2</sup> )	TENSIONE (V)
CIRCUITO 1	1	274,03	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x50	15.000

#### 2° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm <sup>2</sup> )	TENSIONE (V)
CIRCUITO 2	1	421,62	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x50	15.000

#### 3° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm <sup>2</sup> )	TENSIONE (V)
CIRCUITO 3	1	363,68	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x50	15.000

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  $\rho = 1 \frac{^{\circ}\text{C m}}{\text{W}}$ .

In tali condizioni il valore di portata di corrente nominale del cavo è  $I_n = 175 \text{ A}$ .

## 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	$p=1$ °C m/W	$p=2$ °C m/W
(mm <sup>2</sup> )	(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:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 23 di 43

- Temperatura dell'ambiente esterno diversa da quella di riferimento →  $K_{temp\_amb}$
- 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:  
 $r=1,0 K \cdot m/W$  per terreno o sabbia con normale contenuto di umidità;  
 $r=1,5 K \cdot m/W$  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

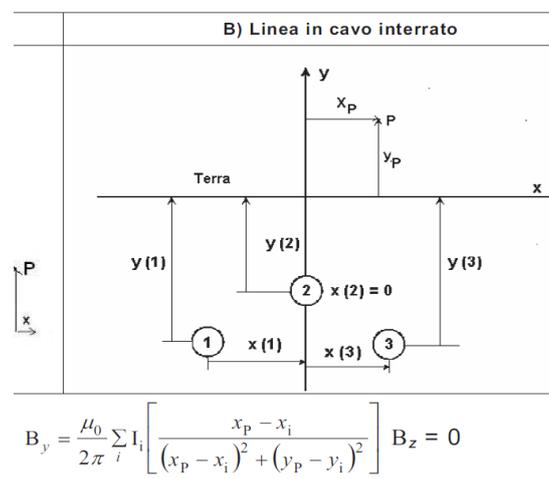
distanza tra cavi o terne	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
cm	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,6
25	0,86	0,78	0,74	0,69

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

$$I_{\text{regime}} = I_n * K_{\text{temp\_amb}} * K_{\text{terne}} * K_{\text{posa}} * K_{\text{resistenza}} = 175 * 0,96 * 0,98 * 0,85 * 1 = \mathbf{139,94 \text{ A}}$$

Per tener conto della presenza di una 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 teneva 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:

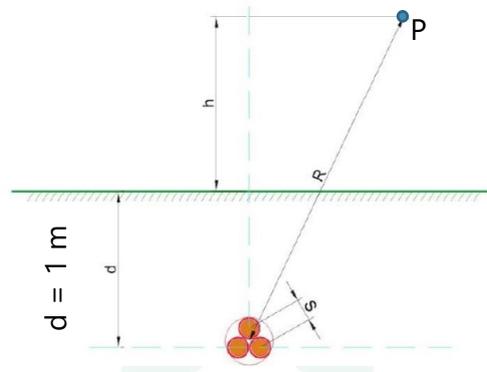
$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

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:

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



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.

Ai fini del calcolo è stato preso in esame il caso di una terna di cavi con sezione del singolo conduttore pari a 50 mm<sup>2</sup>, per in cui le condizioni operative sono le seguenti:

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = \frac{2000 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 15000 \text{ V} * 0,95} = \mathbf{81,03 \text{ A} < 139,94 \text{ A}}$$

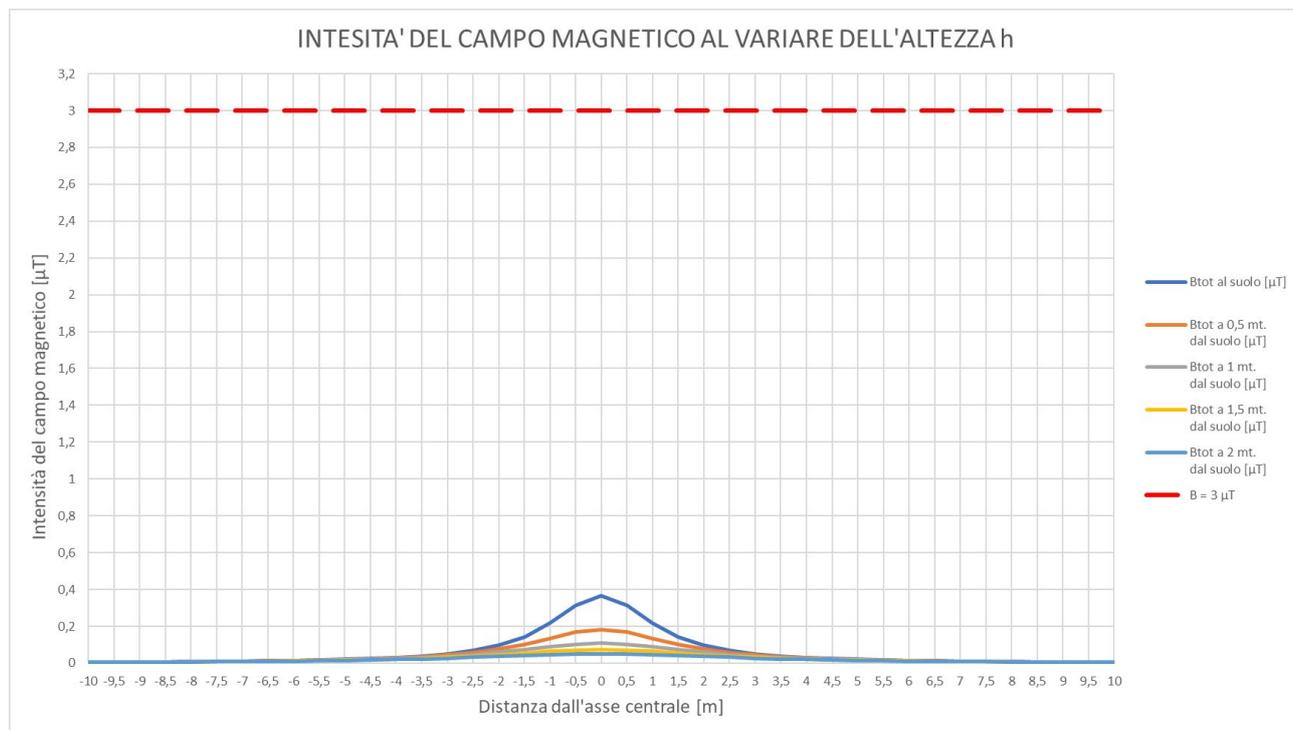
<b>Profondità di posa dei cavi</b>	-1,2 m
<b>Distanza terna dall'asse neutro</b>	0 m
<b>Sezione terna</b>	3x1x50 mm <sup>2</sup>
<b>Portata nominale terna</b>	175 A
<b>Portata corretta terna</b>	139,94 A



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 <sub>tot</sub> al suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 1 mt. dal suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,005478718	0,005401508	0,005301041	0,00517999	0,005041374
-9,5	0,006061306	0,005966944	0,00584458	0,005697776	0,005530512
-9	0,006741401	0,006624879	0,006474384	0,006294723	0,0060912
-8,5	0,00754188	0,007396342	0,00720925	0,00698719	0,006737315
-8	0,008492682	0,008308583	0,00807323	0,007795779	0,007486006
-7,5	0,009633578	0,009397381	0,009097416	0,008746634	0,008358567
-7	0,011018262	0,01071037	0,010322458	0,009873177	0,009381518
-6,5	0,012720557	0,012311943	0,011802105	0,011218432	0,010587943
-6	0,014844047	0,014290592	0,013608255	0,012838095	0,012019055
-5,5	0,017537429	0,0167701	0,015838162	0,014804505	0,013725886
-5	0,02101971	0,019926896	0,018624702	0,017211555	0,015770747
-4,5	0,025622919	0,024017334	0,022150702	0,020180142	0,018227652
-4	0,031867037	0,029420917	0,026668	0,02386265	0,021179921
-3,5	0,040596137	0,036708132	0,032519668	0,028442227	0,024711477
-3	0,053233824	0,046741894	0,04015615	0,034116705	0,028885713
-2,5	0,072270627	0,060805374	0,050113717	0,041045873	0,033702918
-2	0,10216197	0,080661991	0,062868905	0,049225963	0,039028168
-1,5	0,150612769	0,108124731	0,078386618	0,058255883	0,044496487
-1	0,227770951	0,142869182	0,095164575	0,067039942	0,049444939
-0,5	0,328852733	0,176993987	0,10918686	0,073708371	0,052980088
0	0,385945222	0,192304886	0,114826678	0,076236093	0,054273547
0,5	0,328852733	0,176993987	0,10918686	0,073708371	0,052980088
1	0,227770951	0,142869182	0,095164575	0,067039942	0,049444939
1,5	0,150612769	0,108124731	0,078386618	0,058255883	0,044496487
2	0,10216197	0,080661991	0,062868905	0,049225963	0,039028168
2,5	0,072270627	0,060805374	0,050113717	0,041045873	0,033702918
3	0,053233824	0,046741894	0,04015615	0,034116705	0,028885713
3,5	0,040596137	0,036708132	0,032519668	0,028442227	0,024711477
4	0,031867037	0,029420917	0,026668	0,02386265	0,021179921
4,5	0,025622919	0,024017334	0,022150702	0,020180142	0,018227652
5	0,02101971	0,019926896	0,018624702	0,017211555	0,015770747
5,5	0,017537429	0,0167701	0,015838162	0,014804505	0,013725886
6	0,014844047	0,014290592	0,013608255	0,012838095	0,012019055
6,5	0,012720557	0,012311943	0,011802105	0,011218432	0,010587943
7	0,011018262	0,01071037	0,010322458	0,009873177	0,009381518
7,5	0,009633578	0,009397381	0,009097416	0,008746634	0,008358567
8	0,008492682	0,008308583	0,00807323	0,007795779	0,007486006
8,5	0,00754188	0,007396342	0,00720925	0,00698719	0,006737315
9	0,006741401	0,006624879	0,006474384	0,006294723	0,0060912
9,5	0,006061306	0,005966944	0,00584458	0,005697776	0,005530512
10	0,005478718	0,005401508	0,005301041	0,00517999	0,005041374

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.



Ricordando che l'obiettivo da rispettare è l'obiettivo qualità pari a 3 µT, fissato dal DPCM del 08/07/2003, si rileva che l'elettrodoto oggetto di studio produce un campo magnetico massimo in corrispondenza dell'asse centrale ad altezza suolo e quindi sul piano di calpestio, nel tratto di sezione in cui è presente solo una terna, pari a **0,39 µT**, inferiore all'obiettivo di qualità fissato dalla norma e al limite di esposizione di 100 µT.

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  $3 \mu\text{T}$ .

**Utilizzando i dati forniti dai grafici allegati, si evince che per l'elettrodotto MT costituito dalla singola terna di sezione  $50 \text{ mm}^2$  non si necessita di alcuna fascia di rispetto al suolo poiché il valore massimo del campo elettromagnetico ad  $h=\text{suolo}$  risulta essere inferiore ai  $3 \mu\text{T}$ .**

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 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.

### 3.4 CLUSTER SUD - Rete di Media tensione: Elettrodotto interno a 15 kV

Parallelamente a quanto mostrato per il Cluster nord, vengono analizzati e calcolati i campi magnetici generati dalla rete di media tensione interna all'impianto.

La rete a 15 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo **ARE4H5E COMPACT 12/20 kV** (o equivalente) con conduttore in alluminio.

**La rete di media tensione interna al parco fotovoltaico a 15 kV sarà costituita da n° 2 circuiti indipendenti composti da 1 terna con posa completamente interrata, per il collegamento Elettrico tra le Power Station e la Cabina di Consegna.**



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

Sono presentate le valutazioni dei campi elettromagnetici generati nei tratti a singola terna già considerati nella relazione specialistica "Relazione Calcoli Elettrici" e nel tratto in cui insiste un parallelismo di due terne di lunghezza pari a **22,78 m**, prossimo alla cabina di consegna.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 30 di 43



### 1° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm <sup>2</sup> )	TENSIONE (V)
CIRCUITO 1	1	127,05	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x50	15.000

### 2° Circuito

ELETTRODOTTO	N. TERNE	LUNGHEZZA ELETTRODOTTO (m)	TIPO POSA / PROFONDITA' (m)	TIPOLOGIA CAVO	SEZIONE CAVO (mm <sup>2</sup> )	TENSIONE (V)
CIRCUITO 2	1	337,78	Trifoglio / Interrato a 1,2 m	ARE4H5E	3x1x50	15.000

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  $\rho = 1 \frac{^{\circ}\text{C m}}{\text{W}}$ .

In tali condizioni il valore di portata di corrente nominale del cavo è  $I_n = 175 \text{ A}$ .

## 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 <sup>2</sup> )	(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 →  $K_{temp\_amb}$
- 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

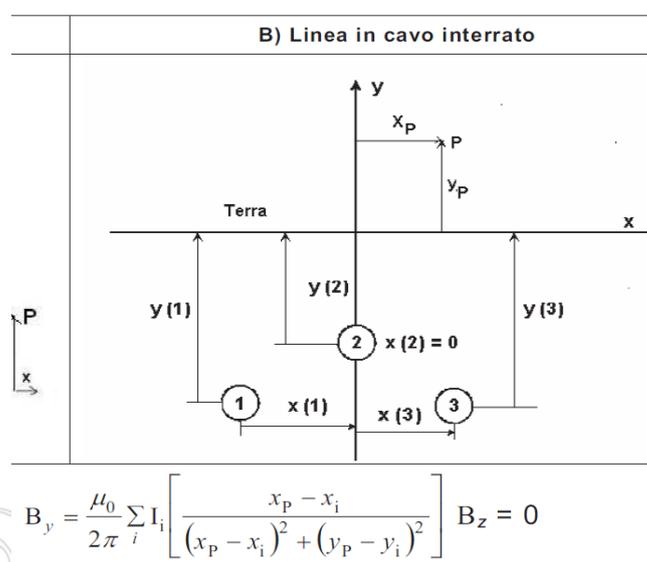
distanza tra cavi o terne cm	numero di cavi o terne (in orizzontale)			
	2	3	4	6
7	0,84	0,74	0,67	0,6
25	0,86	0,78	0,74	0,69

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

$$I_{\text{regime}}(1 \text{ terna}) = I_n * K_{\text{temp\_amb}} * K_{\text{terne}} * K_{\text{posa}} * K_{\text{resistenza}} = 175 * 0,96 * 0,98 * 0,85 * 1 = \mathbf{139,94 \text{ A}}$$

Per tener conto della presenza di una 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.



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:

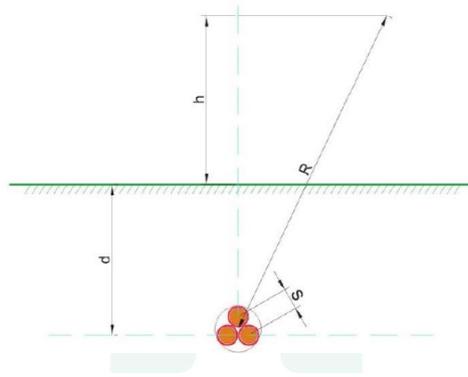
$$B = 0,1 * \sqrt{6} * \frac{S * I}{R^2}$$

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:

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



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. A

in fini del calcolo è stato preso in esame il tratto di circuito interessato da una corrente maggiore, costituito da una terna di cavi con sezione del singolo conduttore pari a 50 mm<sup>2</sup>, in cui le condizioni operative sono le seguenti:

$$I_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3} * V * \cos \varphi} = \frac{3000 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 15000 \text{ V} * 0,95} = 121,55 < 139,94 \text{ A}$$

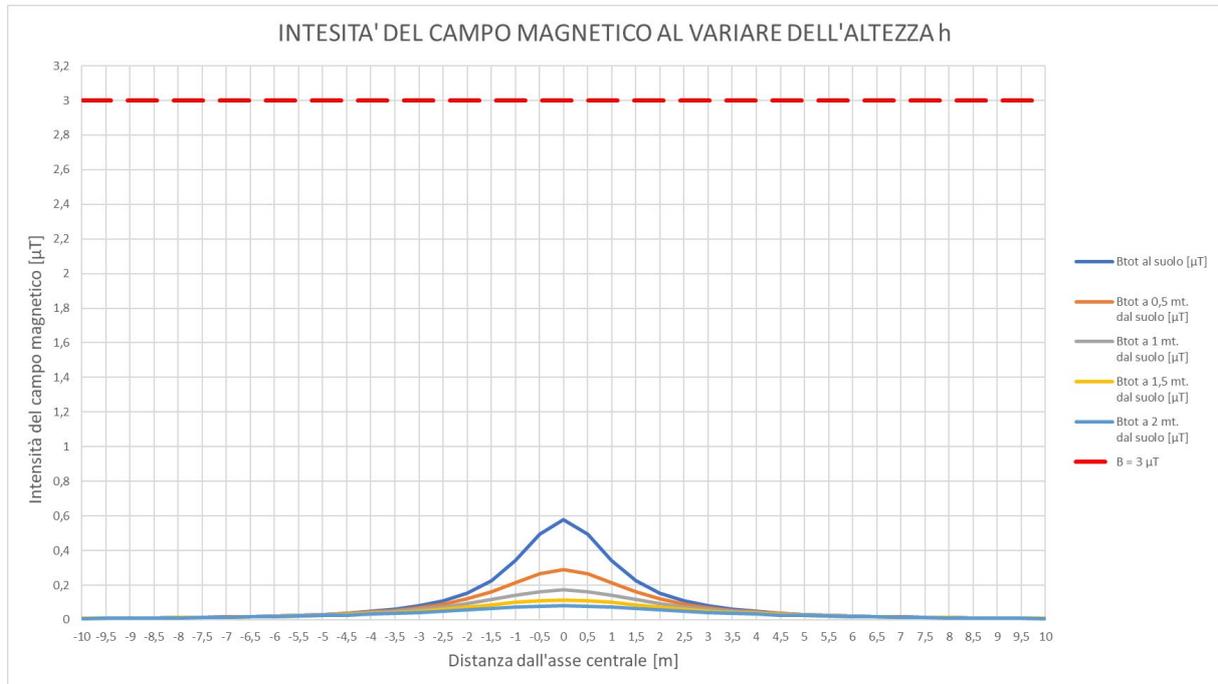
<b>Profondità di posa dei cavi</b>	-1,2 m
<b>Distanza terna dall'asse neutro</b>	0 m
<b>Sezione terna</b>	3x1x50 mm <sup>2</sup>
<b>Portata nominale terna</b>	175 A
<b>Portata corretta cavo terna</b>	139,94 A



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 <sub>tot</sub> al suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 0,5 mt. dal suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 1 mt. dal suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 1,5 mt. dal suolo [μT]	B <sub>tot</sub> a 2 mt. dal suolo [μT]
-10	0,008218076	0,008102261	0,007951561	0,007769985	0,007562062
-9,5	0,009091959	0,008950415	0,00876687	0,008546665	0,008295768
-9	0,010112102	0,009937319	0,009711576	0,009442085	0,009136801
-8,5	0,01131282	0,011094513	0,010813876	0,010480786	0,010105973
-8	0,012739023	0,012462875	0,012109844	0,011693669	0,01122901
-7,5	0,014450367	0,014096072	0,013646123	0,013119951	0,01253785
-7	0,016527393	0,016065556	0,015483686	0,014809765	0,014072277
-6,5	0,019080835	0,018467915	0,017703157	0,016827648	0,015881914
-6	0,02226607	0,021435888	0,020412382	0,019257142	0,018028583
-5,5	0,026306143	0,02515515	0,023757244	0,022206758	0,020588829
-5	0,031529564	0,029890343	0,027937054	0,025817333	0,02365612
-4,5	0,038434379	0,036026002	0,033226053	0,030270213	0,027341478
-4	0,047800555	0,044131375	0,040002	0,035793975	0,031769881
-3,5	0,060894206	0,055062198	0,048779501	0,042663341	0,037067216
-3	0,079850736	0,070112841	0,060234225	0,051175057	0,04332857
-2,5	0,10840594	0,091208061	0,075170575	0,061568809	0,050554377
-2	0,153242956	0,120992987	0,094303357	0,073838944	0,058542253
-1,5	0,225919154	0,162187097	0,117579926	0,087383824	0,06674473
-1	0,341656426	0,214303773	0,142746863	0,100559913	0,074167409
-0,5	0,4932791	0,265490981	0,163780291	0,110562557	0,079470131
0	0,578917833	0,288457328	0,172240016	0,11435414	0,08141032
0,5	0,4932791	0,265490981	0,163780291	0,110562557	0,079470131
1	0,341656426	0,214303773	0,142746863	0,100559913	0,074167409
1,5	0,225919154	0,162187097	0,117579926	0,087383824	0,06674473
2	0,153242956	0,120992987	0,094303357	0,073838944	0,058542253
2,5	0,10840594	0,091208061	0,075170575	0,061568809	0,050554377
3	0,079850736	0,070112841	0,060234225	0,051175057	0,04332857
3,5	0,060894206	0,055062198	0,048779501	0,042663341	0,037067216
4	0,047800555	0,044131375	0,040002	0,035793975	0,031769881
4,5	0,038434379	0,036026002	0,033226053	0,030270213	0,027341478
5	0,031529564	0,029890343	0,027937054	0,025817333	0,02365612
5,5	0,026306143	0,02515515	0,023757244	0,022206758	0,020588829
6	0,02226607	0,021435888	0,020412382	0,019257142	0,018028583
6,5	0,019080835	0,018467915	0,017703157	0,016827648	0,015881914
7	0,016527393	0,016065556	0,015483686	0,014809765	0,014072277
7,5	0,014450367	0,014096072	0,013646123	0,013119951	0,01253785
8	0,012739023	0,012462875	0,012109844	0,011693669	0,01122901
8,5	0,01131282	0,011094513	0,010813876	0,010480786	0,010105973
9	0,010112102	0,009937319	0,009711576	0,009442085	0,009136801
9,5	0,009091959	0,008950415	0,00876687	0,008546665	0,008295768
10	0,008218076	0,008102261	0,007951561	0,007769985	0,007562062

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.



Ricordando che l'obiettivo da rispettare è l'obiettivo qualità pari a 3 µT, fissato dal DPCM del 08/07/2003, 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, nel tratto di sezione in cui è presente solo una terna, pari a **0,58 µT, inferiore** all'obiettivo di qualità fissato dalla norma e al limite di esposizione di 100 µT.

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  $\mu\text{T}$ .

**Utilizzando i dati forniti dai grafici allegati, si evince che per l'elettrodotto MT costituito dalla singola terna di sezione 50 mm<sup>2</sup> non si necessita di alcuna fascia di rispetto al suolo poiché il valore massimo del campo elettromagnetico ad h=suolo risulta essere inferiore ai 3  $\mu\text{T}$ .**

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 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.

### 3.6 Power Station

All'interno del progetto sono presenti n. 6 cabine di trasformazione, di cui n.3 cabine da 2.000 kVA collocate nel cluster Nord e n. 3 cabine, di cui 2 da 1.000 kVA e 1 da 2.000 kVA, collocate nel cluster Sud.

Ognuna delle cabine da 2.000 kVA è comprensiva di n. 1 Quadro MT (QMT), di n. 1 Trasformatore potenza pari a 2.000 kVA con rapporto di Trasformazione 15/0,800 kV, n.1 QBT, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, il tutto montato e cablato su apposito Skid predisposto.

Ciascuna delle cabine da 1.000 kVA, invece, comprende n. 1 Quadro MT (QMT), di n. 1 Trasformatore potenza pari a 1.250 kVA con rapporto di Trasformazione 15/0,800 kV, n.1 QBT, n. 1 autotrasformatore per l'alimentazione dei servizi ausiliari, il tutto montato e cablato su apposito Skid predisposto.

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 38 di 43

La fascia di rispetto delle cabine 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 2000 kVA, il cui valore della corrente lato BT è  $I = \frac{P}{\sqrt{3} * V} = 1385,64$  A alla tensione di 800 V e supponendo che i cavi in uscita al trasformatore abbiano una sezione pari a **50 mm<sup>2</sup>**, con più conduttori in parallelo e diametro esterno pari a circa **28 mm**, si ottiene una D.P.A. pari a:

$$D.p.a. = 0,40942 * \sqrt{1385,64} * (0,028)^{0,5241} = 2,339 \text{ m}$$

arrotondata per eccesso a **D.p.a. = 3 m**.

Saranno pertanto previste attorno ai Power Center delle fasce di terreno di **3 m** mantenute libere da qualsiasi struttura. All'esterno di quest'area il campo di induzione magnetica è inferiore all'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T 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 della D.p.a. indicata 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

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 39 di 43

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.

Il calcolo per il trasformatore di taglia 1000 KVA viene omissis in quanto l'analisi produrrebbe un valore di D.p.a. sicuramente più basso rispetto a quello ottenuto dal caso peggiore con il trasformatore di taglia 2000 KVA. Quindi la scelta di adottare una distanza di prima approssimazione pari a 3 m per tutte le tipologie di trasformatore interne al parco fotovoltaico rispetta ampiamente l'obiettivo qualità di 3 µT.

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.

### 3.7 Cabina di consegna

Per quanto riguarda la cabina di consegna Enel, per quanto precedentemente specificato, ai fini del calcolo della DPA si fa riferimento direttamente alla situazione potenziale futura, prevedendo all'interno della cabina di consegna un trasformatore di 630 kVA, in conformità al disegno di unificazione della cabina in oggetto Enel DG2092 ED.3

In corrispondenza di una potenza nominale di 630kVA si determina la corrente nominale del circuito di bassa tensione, alimentato ad una tensione di 400V.

$$I = \frac{630.000}{\sqrt{3} * 400} = 909,3A$$

Il cavo BT in uscita dal trasformatore che Enel potrebbe installare in futuro all'interno della cabina di consegna, può essere di sezione variabile; il valore del diametro standard è variabile da 20 mm a 27mm, tale valore è attinto dal documento tecnico Enel Distribuzione Spa denominato **"Linea Guida per l'applicazione del par. 5.1.3 dell'Allegato al DM 29.5.2008 – Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche"**, in particolare dalla scheda B10 che si riporta in figura

Pertanto, si assume il massimo valore per la variabile x:

Rif. Elaborato:	Elaborato:	Data	Rev	
SV671-V.08	Relazione Campi/Impatto Elettromagnetico	02/02/2022	R0	Pagina 40 di 43

$$x = \text{diametro del cavo} = 27 \text{ mm} = 0,027 \text{ m}$$

In funzione di tali dati si determina la DPA in oggetto:

$$DPA = \sqrt{909,3} * 0,40942 * 0,0270^{0,5241} = 1,82 \text{ m}$$

Considerato che l'algoritmo proposto dal DM 29/5/2008 prevede l'arrotondamento al mezzo metro superiore, risulta che **DPA=2,0 m**.

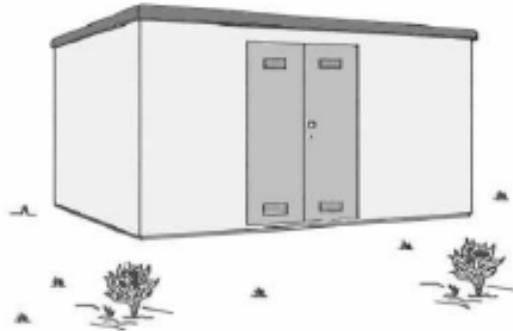
Si noti che tale valore ottenuto dal calcolo analitico del modello proposto DM 29/5/2008 coincide con il valore indicato dalla scheda B10 (Rif. B10 c) del documento di Enel Distribuzione richiamato e riportato.

**Ebbene ricordare che da specifica tecnica non è prevista l'installazione di un trasformatore.**

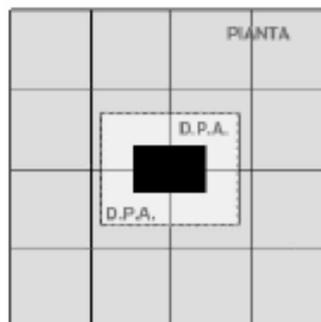
**Ciò nonostante, è stato eseguito il calcolo in via cautelativa facendo riferimento a una situazione potenziale futura**



**B10 – CABINA SECONDARIA TIPO BOX O SIMILARI, ALIMENTATA IN CAVO SOTTERRANEO –  
TENSIONE 15 KV O 20 KV**



**RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.**



  $< 3 \mu T$

  $> 3 \mu T$

DIAMETRO DEI CAVI (m)	TIPOLOGIA TRASFORMATORE (KVA)	CORRENTE (A)	DPA (m) filo parete esterna	RIF.TO
Da 0,020 a 0,027	250	361	1,5	B10a
	400	578	1,5	B10b
	630	909	2,0	B10c

## 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 le fasce di rispetto delle cabine da apporre al fine di garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici mentre per linee di media tensione interne agli impianti l'intensità del campo elettromagnetico è tale da non necessitare di fasce di rispetto al suolo.

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.