

***Levant Wind S.r.l.***

**Parco Eolico "Levant" sito nei comuni di:  
Buseto Palizzolo, Erice e Valderice**

**RELAZIONE SULL'IMPATTO  
ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO**

Giugno 2022



Committente:

**Levant Wind S.r.l.**

**Levant Wind S.r.l.**  
Via Sardegna, 40  
00187 Roma  
P.IVA/C.F. 1618113100

Titolo del Progetto:

**Parco Eolico "Levant" sito nei Comuni di: Buseto Palizzolo, Erice e Valderice**

Documento:

**RELAZIONE SULL'IMPATTO  
ELETTROMAGNETICO  
DELL'IMPIANTO**

N° Documento:

**IT-VESLVT-TEN-SIA-TR-10**

Progettista:



**sede legale e operativa**  
San Martino Sannita (BN) Località Chianarile snc Area Industriale  
**sede operativa**  
Lucera (FG) via Alfonso La Cava 114  
P.IVA 01465940623  
**Azienda con sistema gestione qualità Certificato N. 50 100 11873**



Progettista  
**Dott. Ing. Nicola FORTE**



Consulente per la progettazione  
**Dott. Ing. Gaetano PUPELLA**  
**Dott. Ing. Salvatore PRIOLO**



Rev	Data Revisione	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	Giugno 2022	Richiesta AU	MC	PM	NF

 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI</b> SRL	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 3 di 27
---	--	---	--

## Sommario

<b>1. PREMESSA</b> .....	4
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	5
<b>3. INQUADRAMENTO NORMATIVO</b> .....	5
<b>4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO</b> .....	8
<b>4.1 Linee AT</b> .....	9
<b>4.2 Cabina Utente di raccolta a 36 kV</b> .....	16
<b>5. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO</b> .....	17
<b>5.1 Cenni storici</b> .....	17
<b>6. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO</b> .....	18
<b>6.1 Definizioni</b> .....	18
<b>6.2 Cenni teorici sul modello utilizzato</b> .....	18
<b>6.3 Metodo di calcolo</b> .....	19
<b>7. LINEE IN CAVO INTERRATO IN ALTA TENSIONE</b> .....	20
<b>7.1 Determinazione del Campo Elettrico</b> .....	20
<b>7.2 Determinazione del Campo di induzione Magnetica</b> .....	20
<b>7.2.1 Simulazione S1 – 3 terre</b> .....	22
<b>7.2.2 Simulazione S2 – 2 terre</b> .....	23
<b>7.3 Determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA)</b> .....	24
<b>8 CABINA UTENTE DI RACCOLTA a 36 kV</b> .....	26
<b>9 CONCLUSIONI</b> .....	27

 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI</b> SRL	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTRIMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 4 di 27
---	--	---	--

## 1. PREMESSA

Il progetto descritto nella presente relazione riguarda la realizzazione di un impianto eolico costituito da undici aerogeneratori della potenza unitaria di 6,00 MW modello Vestas-V162, per una potenza complessiva di impianto pari a 66,00 MW. L'installazione insisterà nei comuni di Buseto Palizzolo (TP), Erice (TP) e Valderice (TP) alle località "Menta", "Carrubazza", "Timpone Tangi", con opere di connessione ricadenti sugli stessi territori comunali.

Proponente dell'iniziativa è la società LEVANT WIND s.r.l. con sede in Via Sardegna 40, 00187 Roma (RM) Catastalmente l'area dove sono previsti gli aerogeneratori si inquadra tra i fogli nn. 280-298-300 del comune di Erice, nn. 19-20-21 del comune di Buseto Palizzolo, nn. 63-64-65-66-67-68 del comune di Valderice.

Gli aerogeneratori sono collegati tra di loro mediante un cavidotto in alta tensione interrato a 36 kV (detto "cavidotto interno").

L'energia erogata dall'impianto arriva, grazie al cavidotto interno alla cabina di raccolta sita sul territorio del comune di Erice. Dalla cabina di raccolta l'energia viene trasportata con cavo interrato a 36 kV (detto "cavidotto esterno") fino alla nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione a 150/36 kV della RTN prevista sul foglio 42 del comune di Buseto Palizzolo e da inserire in doppio entra- esce alle due linee RTN 150 kV "Buseto Palizzolo - Fulgatore" e "Buseto Palizzolo – Castellammare Golfo" previa la realizzazione di opere di rete.

Completano il quadro delle opere da realizzare una serie di adeguamenti temporanei alle strade esistenti necessari a consentire il passaggio dei mezzi eccezionali di trasporto delle strutture costituenti gli aerogeneratori ed un'area temporanea di trasbordo delle componenti. In fase di realizzazione dell'impianto saranno predisposte due aree temporanee logistiche di cantiere con le funzioni di stoccaggio materiali e strutture, ricovero mezzi, disposizione dei baraccamenti necessari alle maestranze (fornitore degli aerogeneratori, costruttore delle opere civili ed elettriche) e alle figure deputate al controllo della realizzazione (Committenza dei lavori, Direzione Lavori, Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione, Collaudatore).

La proposta progettuale presentata è stata sviluppata in modo da ottimizzare al massimo il rapporto tra le opere di progetto e il territorio, limitare al minimo gli impatti ambientali e paesaggistici e garantire la sostenibilità ambientale dell'intervento.

La presente relazione riporta lo studio elettromagnetico relativo all'impianto sopra descritto.

 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI</b> SRL	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 5 di 27
---	--	---	--

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 22 febbraio 2001, n. 36 “Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”;
- 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”;
- 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”;
- "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti" APAT;
- CEI 11-17 “Impianti di produzione, trasmissione, distribuzione pubblica di energia elettrica - Linee in cavo”;
- CEI 20-21 “Calcolo della portata di corrente” (IEC 60287);
- 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”;
- Linea guida ENEL “Distanza di prima approssimazione (DPA) da linee e cabine elettriche)

## 3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa nazionale per la tutela della popolazione dagli effetti dei campi elettromagnetici disciplina separatamente le basse frequenze (es. elettrodotti) e le alte frequenze (es. impianti radiotelevisivi, stazioni radiobase, ponti radio).

Il 14 febbraio 2001 è stata approvata dalla Camera dei deputati la legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico (L.36/01). In generale il sistema di protezione dagli effetti delle esposizioni agli inquinanti ambientali distingue tra:

- effetti acuti (o di breve periodo), basati su una soglia, per cui si fissano limiti di esposizione che garantiscono - con margini cautelativi - la non insorgenza di tali effetti;
- Effetti cronici (o di lungo periodo), privi di soglia e di natura probabilistica (all'aumentare dell'esposizione aumenta non l'entità ma la probabilità del danno), per cui si fissano livelli operativi di riferimento per prevenire o limitare il possibile danno complessivo.

È importante, dunque, distinguere il significato dei termini utilizzati nelle leggi (riportiamo nella tabella 1 le definizioni inserite nella legge quadro).



 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI<sup>SRL</sup></b>	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 6 di 27
---	--	---	--

<b>Limiti di esposizione</b>	<b>Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.</b>
<b>Valori di attenzione</b>	Valori di CEM che non devono essere superati negli ambienti abitativi, scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze prolungate. Essi costituiscono la misura di cautela ai fini della protezione da possibili effetti di lungo periodo.
<b>Obiettivi di qualità</b>	Valori di CEM causati da singoli impianti o apparecchiature da conseguire nel breve, medio e lungo periodo, attraverso l'uso di tecnologie e metodi di risanamento disponibili. Sono finalizzati a consentire la minimizzazione dell'esposizione della popolazione e dei lavoratori ai CEM anche per la protezione da possibili effetti di lungo periodo.

**Tab. 1:** Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro

La normativa di riferimento in Italia per le linee elettriche è il DPCM del 08/07/2003 (G.U. n. 200 del 29.08.2003) "Fissazione dei limiti massimi di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti"; tale decreto, per effetto di quanto fissato dalla legge quadro sull'inquinamento elettromagnetico, stabilisce:

- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute della popolazione nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze non contemplate dal D.M. 381/98, ovvero i campi a bassa frequenza (ELF) e a frequenza industriale (50 Hz);
- I limiti di esposizione, i valori di attenzione e gli obiettivi di qualità per la tutela della salute dei lavoratori professionalmente esposti nei confronti dei campi elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 0 Hz e 300 GHz (esposizione professionale ai campi elettromagnetici);
- Le fasce di rispetto per gli elettrodotti.

Relativamente alla definizione di limiti di esposizione, valori di attenzione e obiettivi di qualità per l'esposizione della popolazione ai campi di frequenza industriale (50 Hz) relativi agli elettrodotti, il DPCM 08/07/03 propone i valori descritti in tabella 2, confrontati con la normativa europea.

 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI<sup>SRL</sup></b>	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTRIMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 7 di 27
---	--	---	--

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B [ $\mu$ T]	Campo Elettrico [V/m]
DPCM	Limite di esposizione	100	5.000
	Limite di attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRRP1998, OMS)	100	5.000

**Tab. 2:** Definizioni di limiti di esposizione, di valori di attenzione e di obiettivi di qualità secondo la legge quadro

Il valore di attenzione di 10  $\mu$ T si applica nelle aree di gioco per l'infanzia, negli ambienti abitativi, negli ambienti scolastici e in tutti i luoghi in cui possono essere presenti persone per almeno 4 ore al giorno. Tale valore è da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

L'obiettivo di qualità di 3  $\mu$ T si applica ai nuovi elettrodotti nelle vicinanze dei sopraccitati ambienti e luoghi, nonché ai nuovi insediamenti ed edifici in fase di realizzazione in prossimità di linee e di installazioni elettriche già esistenti (valore inteso come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio). Da notare che questo valore corrisponde approssimativamente al livello di induzione prevedibile, per linee a pieno carico, alle distanze di rispetto stabilite dal vecchio DPCM 23/04/92.

Si ricorda che i limiti di esposizione fissati dalla legge sono di 100  $\mu$ T per lunghe esposizioni e di 1000  $\mu$ T per brevi esposizioni.

Per quanto riguarda la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentite le ARPA, ha approvato, con Decreto 29 maggio 2008, "La metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti".

Tale metodologia, ai sensi dell'art. 6 comma 2 del D.P.C.M. 8 luglio 2003, ha lo scopo di fornire la procedura da adottarsi per la determinazione delle fasce di rispetto pertinenti alle linee elettriche aeree e interrate, esistenti e in progetto. I riferimenti contenuti in tale articolo implicano che le fasce di rispetto debbano attribuirsi ove sia applicabile l'obiettivo di qualità: "Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree di gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione di nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio" (Art. 4). Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto è stato introdotto nella metodologia di calcolo un

 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI<sup>SRL</sup></b>	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 8 di 27
---	--	---	--

procedimento semplificato che trasforma la fascia di rispetto (volume) in una distanza di prima approssimazione (distanza).

Infine, in questa relazione, si richiamano le principali Norme CEI:

- CEI 211-7 “Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettromagnetici nell’intervallo di frequenza 10 kHz – 300 GHz, con riferimento all’esposizione umana”;
- 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 1: Linee elettriche aeree e in cavo”;

In particolare, per quanto riguarda il calcolo dell’induzione magnetica e la determinazione delle fasce si è tenuto conto delle indicazioni tecniche previste nel decreto del 29 maggio 2008 e nella Norma CEI 106-11, nelle quali viene ripreso il modello di calcolo normalizzato dalla Norma 211-4 e vengono proposte, in aggiunta, delle formule analitiche approssimate che permettono il calcolo immediato dell’induzione magnetica a una data distanza dal centro geometrico della linea elettrica.

#### **4. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO**

Nell’esercizio degli impianti eolici i campi elettromagnetici si manifestano a frequenza di 50 Hz, frequenza bassa alla quale corrispondono lunghezze d’onda in aria molto grandi (6.000 km). Il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l’uno dall’altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi elettrici sono prodotti dalle cariche elettriche e la loro intensità viene misurata in Volt al metro (V/m) o in chiloVolt al metro (kV/m). La loro intensità è massima vicino al dispositivo e diminuisce con la distanza; vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune, anche dal terreno nel caso di linee in cavo interrate.

I campi magnetici sono, invece, prodotti dal moto delle cariche elettriche, cioè dalla corrente. La loro intensità si misura in Ampere al metro (A/m), ma è spesso espressa in termini di una grandezza corrispondente, l’induzione magnetica, che si misura in Tesla (T), milliTesla (mT) o microTesla (μT). Sono massimi vicino alla sorgente e diminuiscono con la distanza e non vengono schermati dalla maggior parte dei materiali di uso comune che ne vengono facilmente attraversati.

Le opere elettriche di impianto sulle quali rivolgere l’attenzione al fine della valutazione dell’impatto elettrico e magnetico sono di seguito descritte:

- I cavidotti AT di collegamento tra gli aerogeneratori, detti “cavidotti interni”;
- La linea AT a 36 kV che collegherà la Cabina Utente di raccolta a 36 kV alla stazione elettrica RTN 36/150 kV, prevista nel comune di Buseto Palizzolo (TP), denominato “cavidotto esterno”
- La sezione 36 kV all’interno della Cabina Utente di raccolta.



 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI</b> SRL	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 9 di 27
---	--	---	--

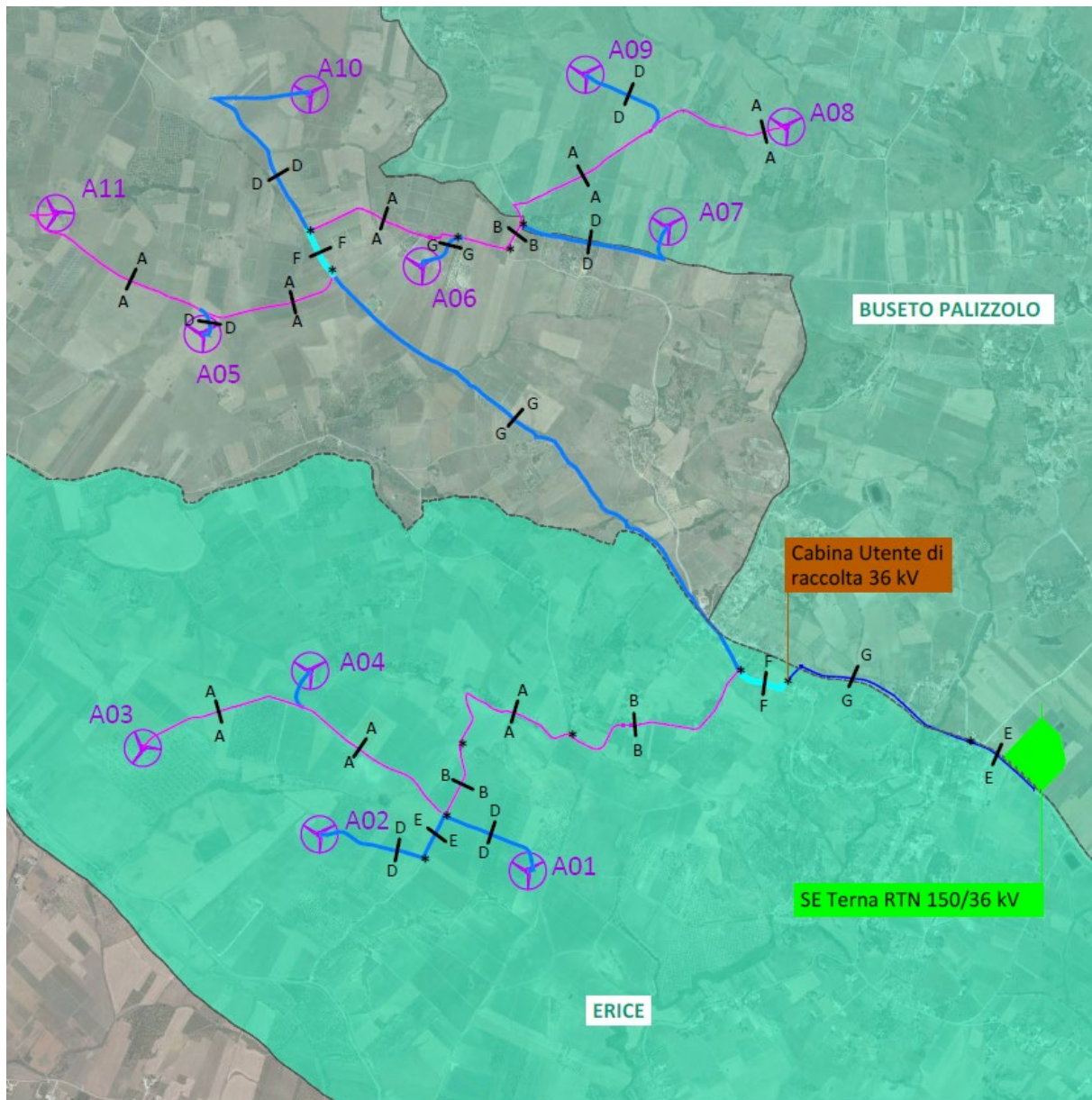
#### 4.1 Linee AT

Il collegamento tra i diversi aerogeneratori e tra questi e la stazione di utenza e la stazione della RTN verranno realizzati con cavi AT del tipo ARE4H5E(X) 20.8/36(42) kV, con conduttore in alluminio, con isolamento in XLPE a spessore ridotto, guaina esterna maggiorata in PE che permette la posa direttamente interrata senza armatura e senza l'adozione di opere addizionali come previsto dalla norma CEI 11-17, temperatura di impiego estesa fino a 105 °C che permette un range di impiego più ampio e quindi la possibilità di trasportare una corrente maggiore in condizioni normali.

Le sezioni calcolate, per i collegamenti interni e i collegamenti esterni, sono pari a 400 e a 630 mm<sup>2</sup>, le quali presentano le seguenti caratteristiche:

- **Sigla ARE4H5E(X) 20.8/36 kV 400 mm<sup>2</sup>**
- Diametro del conduttore 23,5 mm
- Diametro sull'isolante 39,1 mm
- Diametro esterno 47,9 mm
- Peso approssimativo 2.190 kg/km
- Portata di corrente cavi interrati a trifoglio a 20 °C 479 A
  
- **Sigla ARE4H5E(X) 20.8/36 kV 630 mm<sup>2</sup>**
- Diametro del conduttore 30,0 mm
- Diametro sull'isolante 46,3 mm
- Diametro esterno 56,0 mm
- Peso approssimativo 3.190 kg/km
- Portata di corrente cavi interrati a trifoglio a 20 °C 622 A

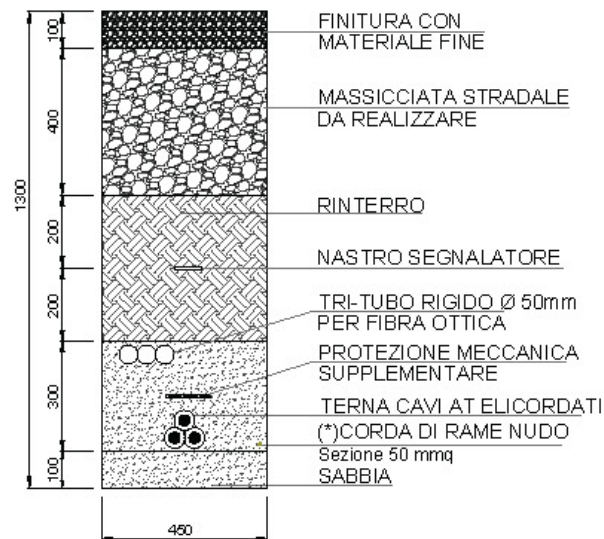
Di seguito si riporta il layout di progetto con la disposizione degli Aerogeneratori e dei collegamenti previsti:



**Fig.1:** Inquadramento delle opere di progetto – Parco Eolico Levant

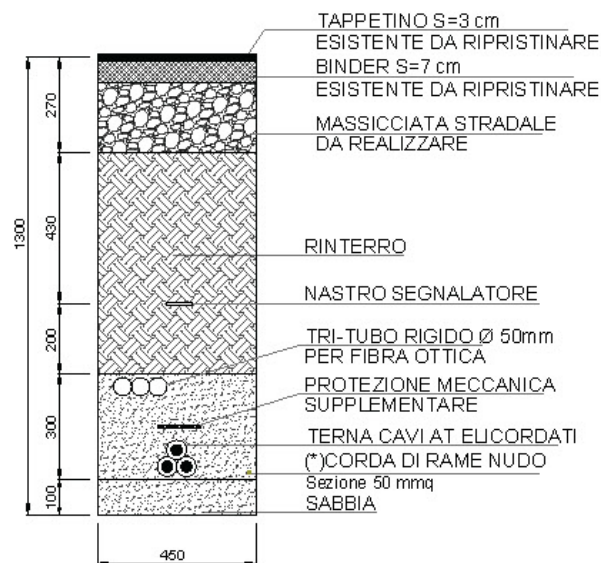
Si riportano di seguito le sezioni tipiche di posa indicate nella planimetria in figura 1:

**SEZIONE A-A**  
 CAVIDOTTO AT INTERRATO  
**1 TERNA DI CAVI**  
 PERCORSO SU STRADA DI PROGETTO IN  
 MASSICCIA O SU STRADA ESISTENTE  
 DA ADEGUARE



**Fig.2:** Sezione A-A: posa 1 terna su strada di progetto massiciata o esistente da adeguare

**SEZIONE B-B**  
 CAVIDOTTO AT INTERRATO  
**1 TERNA DI CAVI**  
 PERCORSO SU STRADA ESISTENTE  
 ASFALTATA



**Fig. 3:** Sezione B-B: di posa 1 terna di casi su strada esistente asfaltata

**SEZIONE C-C**  
 CAVIDOTTO AT INTERRATO  
**1 TERNA DI CAVI**  
 PERCORSO SU TERRENI  
 OVE NECESSARIO



**Fig. 4:** Sezione C-C: di posa 1 terna su terreni

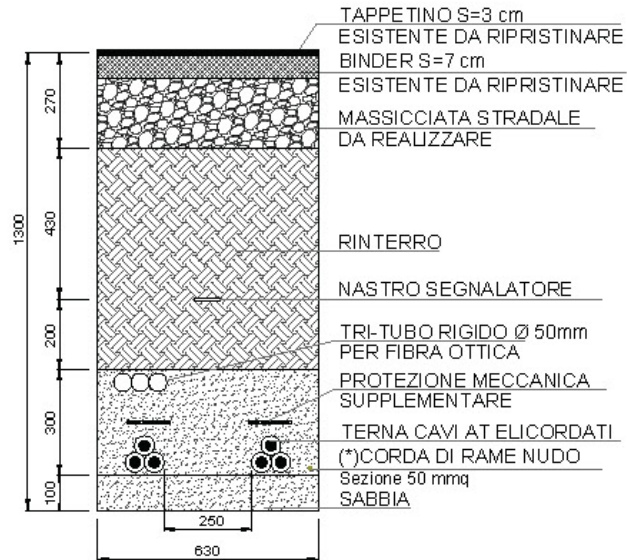
**SEZIONE D-D**  
 CAVIDOTTO AT INTERRATO  
**2 TERNE DI CAVI**  
 PERCORSO SU STRADA DI PROGETTO IN  
 MASSICCIATA O SU STRADA ESISTENTE  
 DA ADEGUARE



**Fig. 5:** Sezione D-D: di posa 2 terne su strada di progetto massicciata o esistente da adeguare

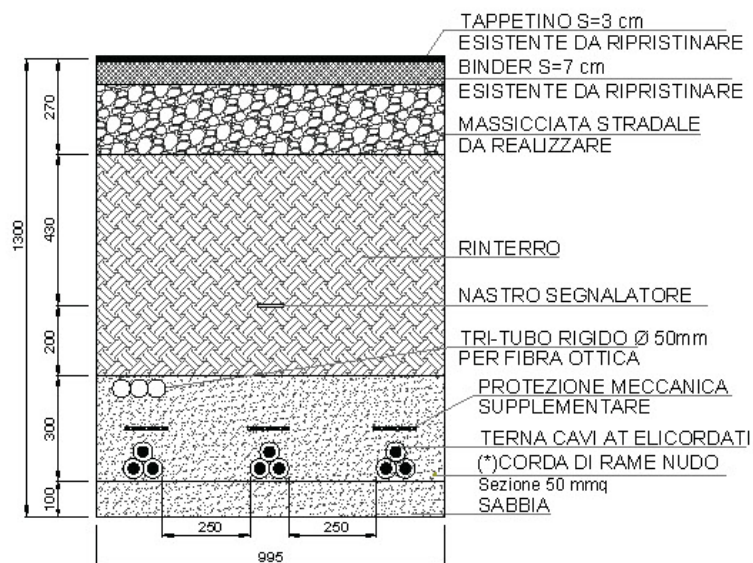


**SEZIONE E-E**  
 CAVIDOTTO AT INTERRATO  
**2 TERNE DI CAVI**  
 PERCORSO SU STRADA ESISTENTE  
 ASFALTATA



**Fig. 6:** Sezione E-E: di posa 2 terne su strada asfaltata

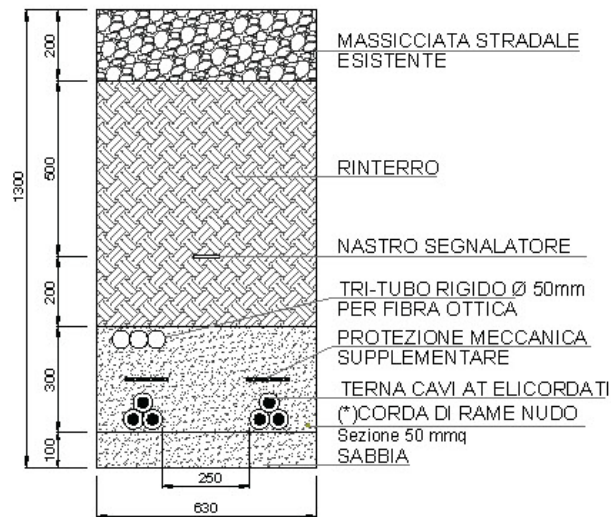
**SEZIONE F-F**  
 CAVIDOTTO AT INTERRATO  
**2 TERNE DI CAVI**  
 PERCORSO SU STRADA ESISTENTE  
 ASFALTATA



**Fig. 7:** Sezione F-F: di posa 3 terne su strada esistente asfaltata



**SEZIONE G-G**  
 CAVIDOTTO AT INTERRATO  
**2 TERNE DI CAVI**  
 PERCORSO SU STRADA ESISTENTE IN  
 MASSICCIA



**Fig. 8:** Sezione G-G: di posa di 2 terne su strada esistente massicciata

Si riporta di seguito lo schema a blocchi dell'intero Parco Eolico Levant:

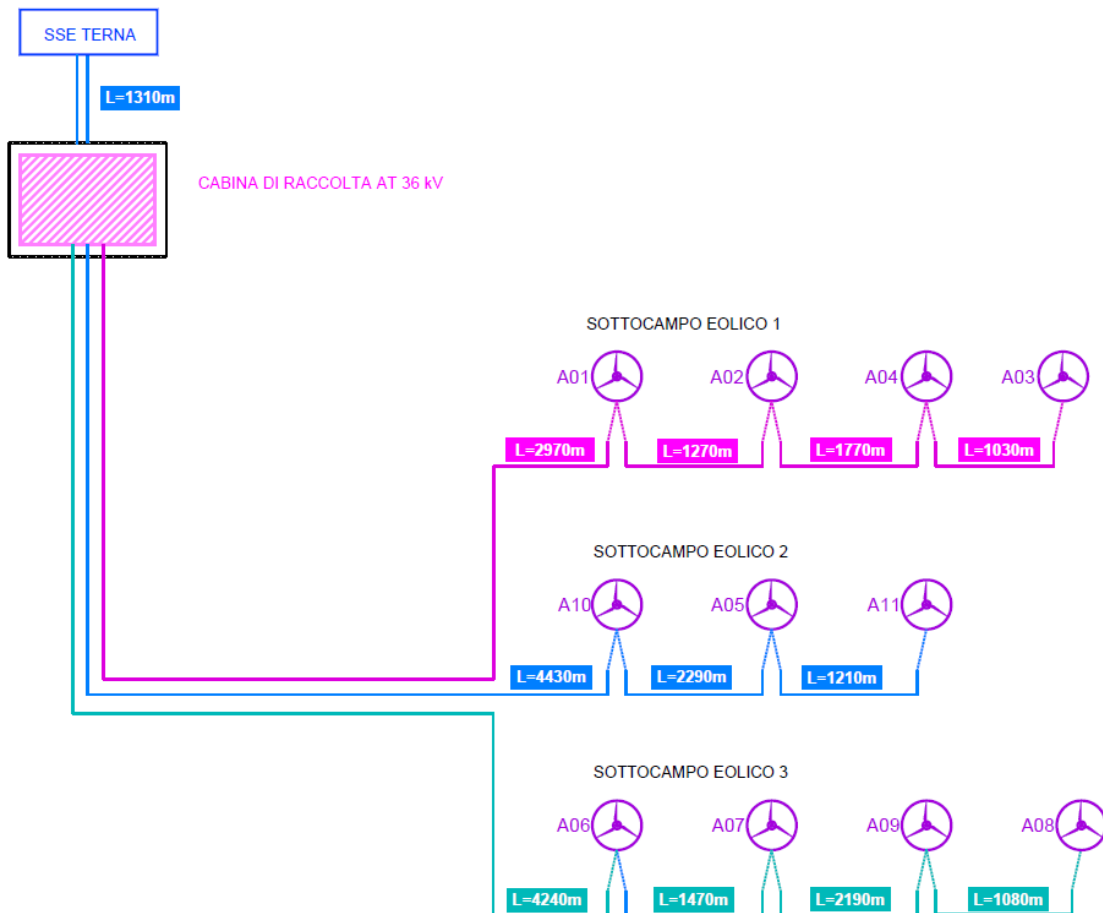


Fig.9: Schema a blocchi con indicazione delle distanze

Infine, si riporta la tabella riepilogativa con lunghezze collegamenti, sezione cavi e correnti:

Tratta	Lunghezza [m]	V <sub>n</sub> [kV]	I <sub>b</sub> [A]	n. terne	I <sub>z</sub> [A]
<b>Terna-CU</b>	1.310	36	1.059,70	2	557,0
<b>CU-A1</b>	2.970	36	385,4	3	525,5
<b>A1-A2</b>	1.270	36	289,0	2	404,7
<b>A2-A4</b>	1.770	36	192,7	2	404,7
<b>A4-A3</b>	1.030	36	96,3	1	404,7
<b>CU-A10</b>	4.430	36	289,0	3	404,7
<b>A10-A5</b>	2.290	36	192,7	3	404,7
<b>A5-A11</b>	1.210	36	96,3	1	404,7
<b>CU-A6</b>	4.240	36	385,4	3	525,5
<b>A6-A7</b>	1.470	36	289,0	2	404,7
<b>A7-A9</b>	2.190	36	192,7	2	404,7
<b>A9-A8</b>	1.080	36	96,3	2	404,7

**Tab. 3:** Tabella tratte e portate

Si è indicato con:

- I<sub>b</sub>: corrente di impiego della tratta di linea;
- I<sub>z</sub>: portata del cavo nelle condizioni di esercizio;
- V<sub>n</sub>: tensione nominale;

#### **4.2 Cabina Utente di raccolta a 36 kV**

La Cabina Utente raccoglie l'energia prodotta dai tre sottocampi da 36 kV che successivamente, nella stazione RTN, viene elevata e smistata al livello di 150 kV.

La Cabina Utente di raccolta si pone come interfaccia tra l'impianto eolico e la sottostazione. Essa insiste su un'area recintata di 22,20 x 12,80 m e sarà costituita da un edificio monoblocco con dimensioni planimetriche di 14 x 4,10 m per un'altezza fuori terra del corpo di fabbrica pari a 4,10 m e un piano interrato di 4,10 m.

Essa si compone di tre ambienti adiacenti, ma non comunicanti con ingresso indipendente:

1. Locale controllo;
2. Locale quadri AT 36 kV;
3. Locale TR

 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI</b> SRL	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 17 di 27
---	--	---	---

Per i riferimenti grafici si rimanda all'elaborato di progetto IT-VESLVT-TEN-ELE-DW-03 "Particolare Edifici".

#### 4.1 Linea AT

Ai fini della simulazione di calcolo dei campi elettromagnetici sono state considerate le sezioni e le portate di corrente per posa a trifoglio, riportate in 4.1 -

## 5. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO

### 5.1 Cenni storici

In generale, per il calcolo del campo elettrico si ricorre al principio delle immagini in base al quale il terreno, considerato come piano equipotenziale a potenziale nullo, può essere simulato con una configurazione di cariche immagini. In altre parole, per ogni conduttore reale, sia attivo che di guardia, andrà considerato un analogo conduttore immagine la cui posizione è speculare, rispetto al piano di terra, a quella del conduttore reale e la cui carica è opposta rispetto a quella del medesimo conduttore reale.

In particolare, il campo elettrico di un conduttore rettilineo di lunghezza infinita con densità lineare di carica costante può essere espresso come:

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 d} \vec{u}_r$$

Dove:

- $\lambda$  è la densità lineare di carica sul conduttore;
- $\epsilon_0$  è la permittività del vuoto;
- $d$  è la distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo
- $\vec{u}_r$  è il versore unitario con direzione radiale al conduttore

 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI</b> SRL	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 18 di 27
---	--	---	---

## 6. METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

### 6.1 Definizioni

In riferimento all'allegato del D.M. del 29 Maggio 2008 "Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto" si introducono le seguenti definizioni:

- **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 par. 2.6 e sue successive modifiche e integrazioni.
- **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 (secondo CEI 11-17 par. 1.2.05).
- **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 (DPA):** 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 di DPA si trovi all'esterno delle fasce di rispetto. Per le cabine è la distanza, in pianta sul livello del suolo, da tutte le pareti della cabina stessa che garantisce i requisiti di cui sopra.

### 6.2 Cenni teorici sul modello utilizzato

L'induzione magnetica B generata da NR conduttori filiformi, numerati da 0 a (NR-1), può essere calcolata con l'espressione riportata di seguito; si fa notare che solo i conduttori reali contribuiscono al campo magnetico, perché si assume il suolo perfettamente trasparente dal punto di vista magnetico e non si considerano quindi i conduttori immagine.

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \int_{C_k} \frac{i}{r^3} \vec{r} \times d\vec{l}$$

Dove:

- $\mu_0$  è la permeabilità magnetica del vuoto;
- **NR** è il numero dei conduttori (nel nostro caso pari a 3),
- **i** la corrente;



 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI<sup>SRL</sup></b>	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 19 di 27
---	--	---	---

- $C_k$  il conduttore generico;
- $dl$  un tratto elementare del conduttore generico;
- $r$  la distanza tra il tratto elementare del conduttore generico e il punto dove si vuole calcolare il campo.

Il modello adottato (conduttori cilindrici rettilinei orizzontali indefiniti paralleli tra di loro) consente di eseguire facilmente l'integrazione e semplificare i calcoli. Indicato con  $Q$  il punto dove si vuole determinare il campo, definiamo sezione normale il piano verticale passante per  $Q$  e ortogonale ai conduttori; indichiamo quindi con  $P_k$  il punto dove il generico conduttore  $C_k$  interseca la sezione normale, e con  $I_k$  la corrente nel singolo conduttore (si è preso l'asse  $z$  nella direzione dei conduttori). Con queste posizioni, per l'induzione magnetica in  $Q$  si ottiene l'espressione:

$$\vec{B} = -\frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{k=0}^{NR-1} \frac{i_k \vec{z} \times (Q - P_k)}{|Q - P_k|^2}$$

La formula indica che l'induzione magnetica è inversamente proporzionale al quadrato della distanza del punto di interesse dai conduttori; esiste inoltre una proporzionalità diretta tra l'induzione e la distanza tra i singoli conduttori di ogni terna.

### 6.3 Metodo di calcolo

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 (DPA).

 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI</b> SRL	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 20 di 27
---	--	---	---

## 7. LINEE IN CAVO INTERRATO IN ALTA TENSIONE

Tutti i cavi di cui si farà utilizzo, sia per il collegamento interno dei sottocampi che per le connessioni alla stazione di utente e alla stazione RTN, saranno di tipo unipolare; le sezioni adottate sono pari a 400 mm<sup>2</sup> e a 630 mm<sup>2</sup>. I cavi verranno interrati a una profondità di 1,20 m, così come da sezioni sopra riportate.

La scelta di operare con linee AT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante derivante dall'utilizzo dei cavi motivi per cui non è stato eseguito nessun calcolo.

### 7.1 Determinazione del Campo Elettrico

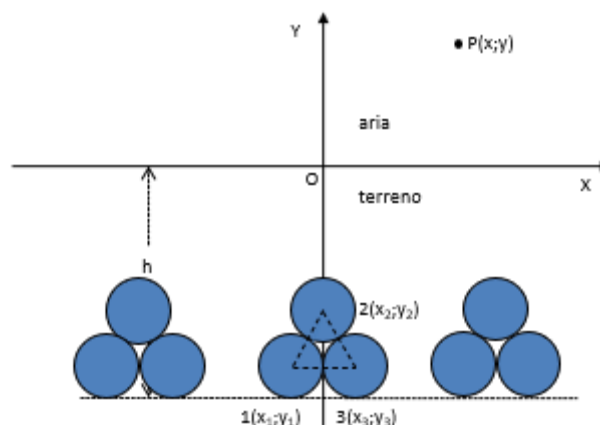
Il campo Elettrico per cavi AT interrati è nullo.

### 7.2 Determinazione del Campo di induzione Magnetica

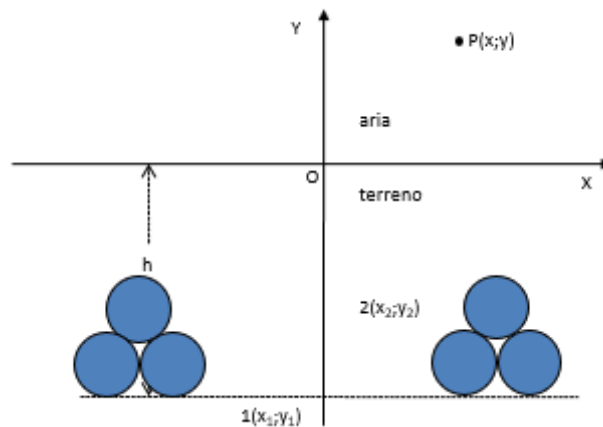
Per la progettazione dei tracciati dei cavidotti di collegamento, sia interni che esterni, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne con disposizione dei cavi "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Premesso che le sezioni dei cavi scelti sono pari a 400 mm<sup>2</sup> e a 630 mm<sup>2</sup> e che la profondità di interramento è pari a 1,20 m per tutti i tipici di posa, si riportano di seguito le due simulazioni condotte nelle condizioni più gravose, che coprono tutte le casistiche presenti in tutto l'impianto:

- **S1**: sezione tipica con 3 terne affiancate e spaziate di 250 mm; precisamente terne CU-A6, CU-A10 e CU-A1; tutte le terne prese in considerazione sono progettate con cavo di sezione pari a 630 mm<sup>2</sup> e la corrente considerata per ciascuna sarà pari alla massima portata del cavo stesso (622 A);

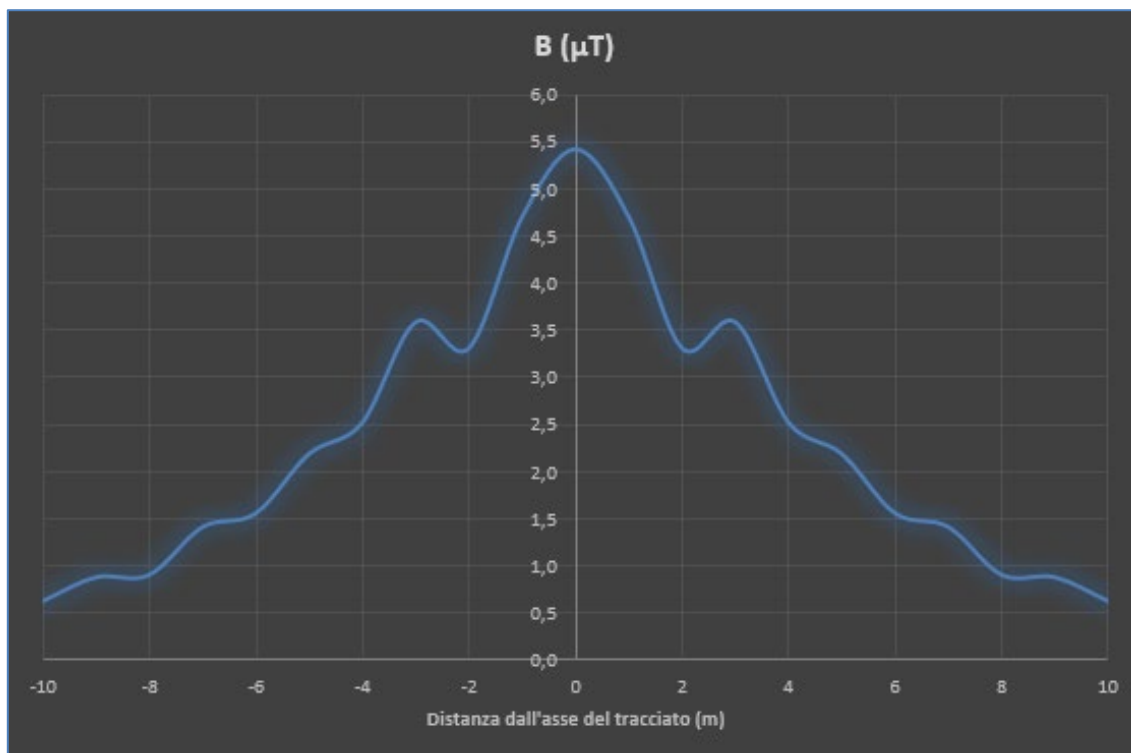


- **S2**: sezione tipica con 2 terne affiancate e spaziate di 250 mm; precisamente doppia terna Terna-CU o cavidotti esterni di collegamento tra la cabina di raccolta e la stazione RTN; le terne sono progettate con cavo di sezione pari a  $630 \text{ mm}^2$  e la corrente considerata per ciascuna sarà pari alla massima portata del cavo stesso (622 A).



I valori di induzione magnetica sono stati misurati ad altezza 1 m dal suolo (valore di riferimento normativo ai fini delle verifiche) e ad altezza asse conduttori (per la determinazione della DPA). Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo di induzione magnetica in funzione della distanza dall'asse del tipico di posa considerato.

**7.2.1 Simulazione S1 – 3 terne**

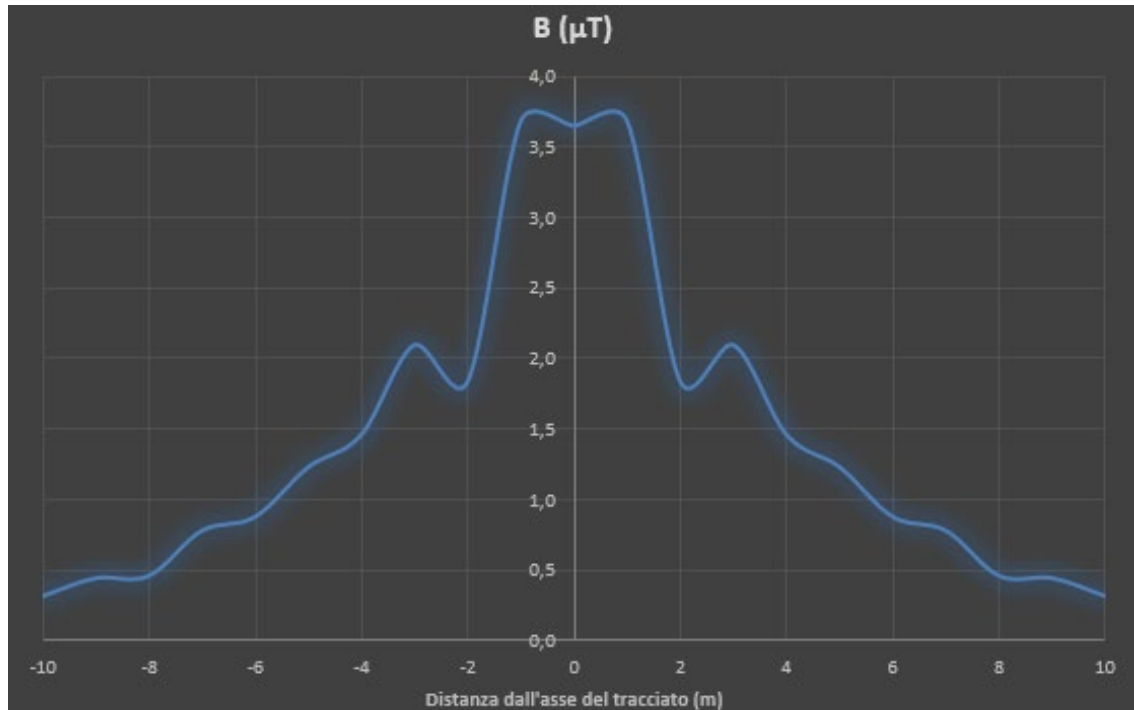


**Fig. 10:** Andamento del campo di induzione magnetica per 3 terne affiancate e corrente di 622 A per terna

x	CU-A6			CU-A10			CU-A1			TOTALE		
	Bx	By	B	Bx	By	B	Bx	By	B	Bx	By	B
-10	-0,0540	-0,0537	0,0762	0,2046	-0,2024	0,2878	0,2318	-0,2294	0,3262	0,3824	-0,4856	0,6181
-9	-0,0656	-0,0652	0,0924	0,2893	-0,2863	0,4070	0,3279	-0,3245	0,4613	0,5516	-0,6759	0,8724
-8	-0,0812	-0,0806	0,1144	0,2935	-0,2909	0,4132	0,3385	-0,3362	0,4771	0,5508	-0,7077	0,8968
-7	0,1029	-0,1021	0,1450	0,4151	-0,4114	0,5844	0,4788	-0,4755	0,6748	0,9968	-0,9890	1,4041
-6	0,1343	-0,1331	0,1891	0,4422	-0,4420	0,6252	0,5184	-0,5212	0,7351	1,0950	-1,0962	1,5494
-5	0,1816	-0,1797	0,2555	0,6253	-0,6250	0,8842	0,7332	-0,7371	1,0396	1,5401	-1,5418	2,1792
-4	0,2561	-0,2536	0,3604	0,6913	-0,7040	0,9867	0,8132	-0,8328	1,1640	1,7607	-1,7903	2,5110
-3	0,3791	-0,3774	0,5349	0,9777	-0,9956	1,3954	1,1501	-1,1777	1,6461	2,5069	-2,5507	3,5764
-2	0,5868	-0,5931	0,8343	1,0601	1,0765	1,5109	1,1960	1,1914	1,6881	2,8429	1,6749	3,2995
-1	0,9166	-0,9389	1,3122	1,4992	1,5224	2,1367	1,6913	1,6849	2,3874	4,1072	2,2684	4,6920
0	1,2752	1,2500	1,7856	1,3176	1,2786	1,8360	1,2752	1,2500	1,7856	3,8679	3,7786	5,4073
1	0,9166	-0,9389	1,3122	1,4992	1,5224	2,1367	1,6913	1,6849	2,3874	4,1072	2,2684	4,6920
2	0,5868	-0,5931	0,8343	1,0601	1,0765	1,5109	1,1960	1,1914	1,6881	2,8429	1,6749	3,2995
3	0,3791	-0,3774	0,5349	0,9777	-0,9956	1,3954	1,1501	-1,1777	1,6461	2,5069	-2,5507	3,5764
4	0,2561	-0,2536	0,3604	0,6913	-0,7040	0,9867	0,8132	-0,8328	1,1640	1,7607	-1,7903	2,5110
5	0,1816	-0,1797	0,2555	0,6253	-0,6250	0,8842	0,7332	-0,7371	1,0396	1,5401	-1,5418	2,1792
6	0,1343	-0,1331	0,1891	0,4422	-0,4420	0,6252	0,5184	-0,5212	0,7351	1,0950	-1,0962	1,5494
7	0,1029	-0,1021	0,1450	0,4151	-0,4114	0,5844	0,4788	-0,4755	0,6748	0,9968	-0,9890	1,4041
8	-0,0812	-0,0806	0,1144	0,2935	-0,2909	0,4132	0,3385	-0,3362	0,4771	0,5508	-0,7077	0,8968
9	-0,0656	-0,0652	0,0924	0,2893	-0,2863	0,4070	0,3279	-0,3245	0,4613	0,5516	-0,6759	0,8724
10	-0,0540	-0,0537	0,0762	0,2046	-0,2024	0,2878	0,2318	-0,2294	0,3262	0,3824	-0,4856	0,6181

**Tab. 4:** Valori delle componenti Bx e By e totali per singola terna e risultato totale

**7.2.2 Simulazione S2 – 2 terne**



**Fig. 11:** Andamento del campo di induzione magnetica per 2 terne affiancate e corrente di 622 A per terna

CU-A6			CU-A10			CU-A1			TOTALE		
Bx	By	B	Bx	By	B	Bx	By	B	Bx	By	B
-0,0559	-0,0556	0,0788	0,0000	0,0000	0,0000	0,2176	-0,2153	0,3061	0,1618	-0,2709	0,3155
-0,0680	-0,0676	0,0959	0,0000	0,0000	0,0000	0,3078	-0,3045	0,4329	0,2397	-0,3721	0,4427
-0,0846	-0,0840	0,1192	0,0000	0,0000	0,0000	0,3150	-0,3124	0,4436	0,2304	-0,3964	0,4585
0,1078	-0,1069	0,1518	0,0000	0,0000	0,0000	0,4454	-0,4419	0,6274	0,5532	-0,5487	0,7792
0,1415	-0,1401	0,1991	0,0000	0,0000	0,0000	0,4785	-0,4796	0,6775	0,6200	-0,6197	0,8766
0,1926	-0,1906	0,2709	0,0000	0,0000	0,0000	0,6767	-0,6782	0,9581	0,8693	-0,8688	1,2290
0,2739	-0,2714	0,3856	0,0000	0,0000	0,0000	0,7501	-0,7664	1,0724	1,0241	-1,0378	1,4580
0,4091	-0,4080	0,5778	0,0000	0,0000	0,0000	1,0609	-1,0839	1,5166	1,4700	-1,4919	2,0944
0,6369	-0,6462	0,9073	0,0000	0,0000	0,0000	1,1306	1,1383	1,6044	1,7675	0,4922	1,8348
0,9879	1,0091	1,4122	0,0000	0,0000	0,0000	1,5990	1,6099	2,2690	2,5869	2,6189	3,6811
1,3066	1,2714	1,8232	0,0000	0,0000	0,0000	1,3066	1,2714	1,8232	2,6133	2,5429	3,6463
0,9879	1,0091	1,4122	0,0000	0,0000	0,0000	1,5990	1,6099	2,2690	2,5869	2,6189	3,6811
0,6369	-0,6462	0,9073	0,0000	0,0000	0,0000	1,1306	1,1383	1,6044	1,7675	0,4922	1,8348
0,4091	-0,4080	0,5778	0,0000	0,0000	0,0000	1,0609	-1,0839	1,5166	1,4700	-1,4919	2,0944
0,2739	-0,2714	0,3856	0,0000	0,0000	0,0000	0,7501	-0,7664	1,0724	1,0241	-1,0378	1,4580
0,1926	-0,1906	0,2709	0,0000	0,0000	0,0000	0,6767	-0,6782	0,9581	0,8693	-0,8688	1,2290
0,1415	-0,1401	0,1991	0,0000	0,0000	0,0000	0,4785	-0,4796	0,6775	0,6200	-0,6197	0,8766
0,1078	-0,1069	0,1518	0,0000	0,0000	0,0000	0,4454	-0,4419	0,6274	0,5532	-0,5487	0,7792
-0,0846	-0,0840	0,1192	0,0000	0,0000	0,0000	0,3150	-0,3124	0,4436	0,2304	-0,3964	0,4585
-0,0680	-0,0676	0,0959	0,0000	0,0000	0,0000	0,3078	-0,3045	0,4329	0,2397	-0,3721	0,4427
-0,0559	-0,0556	0,0788	0,0000	0,0000	0,0000	0,2176	-0,2153	0,3061	0,1618	-0,2709	0,3155

**Tab. 5:** valori delle componenti Bx e By e totali per singola terna e risultato totale

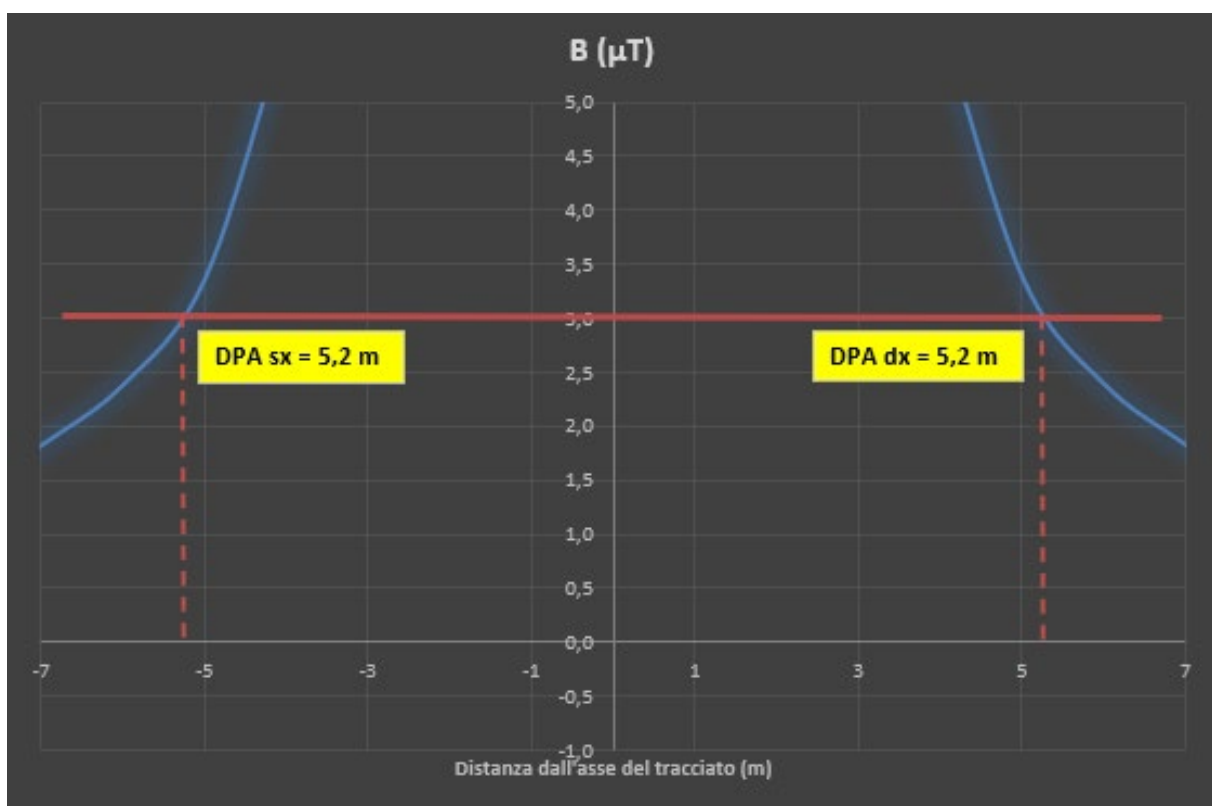


 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI SRL</b>	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 24 di 27
---	--	---	---

### 7.3 Determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA)

Il calcolo della DPA per i cavidotti di collegamento AT simulati in 7.1 si traduce graficamente nell'individuazione di una distanza che ha origine dal punto di proiezione dell'asse del cavidotto al suolo e ha termine in un punto individuato sul suolo in cui il valore del campo di induzione magnetica risulta essere uguale a  $3 \mu\text{T}$ .

Si riportano di seguito le distanze di prima approssimazione calcolate per le simulazioni S1 e S2:



**Fig. 12:** Determinazione DPA per 3 terne affiancate (simulazione S1)

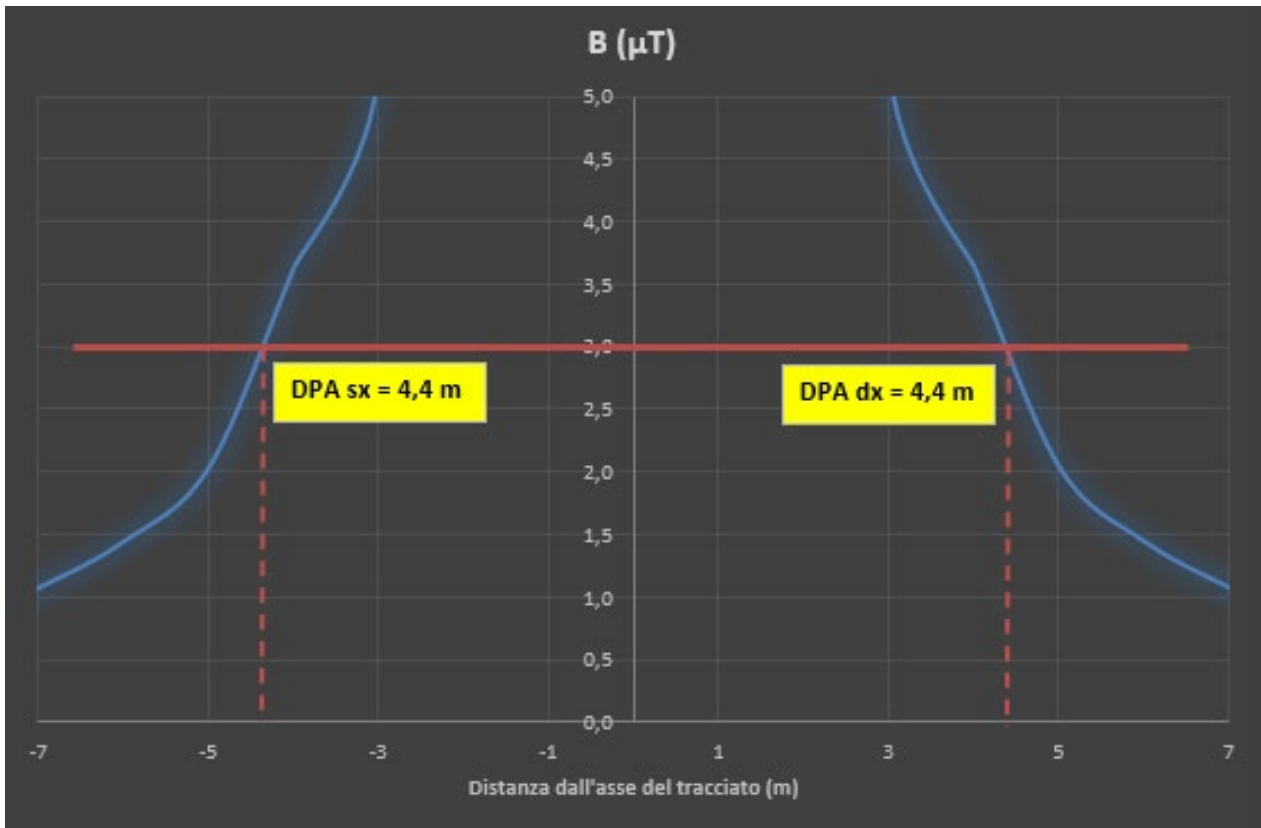
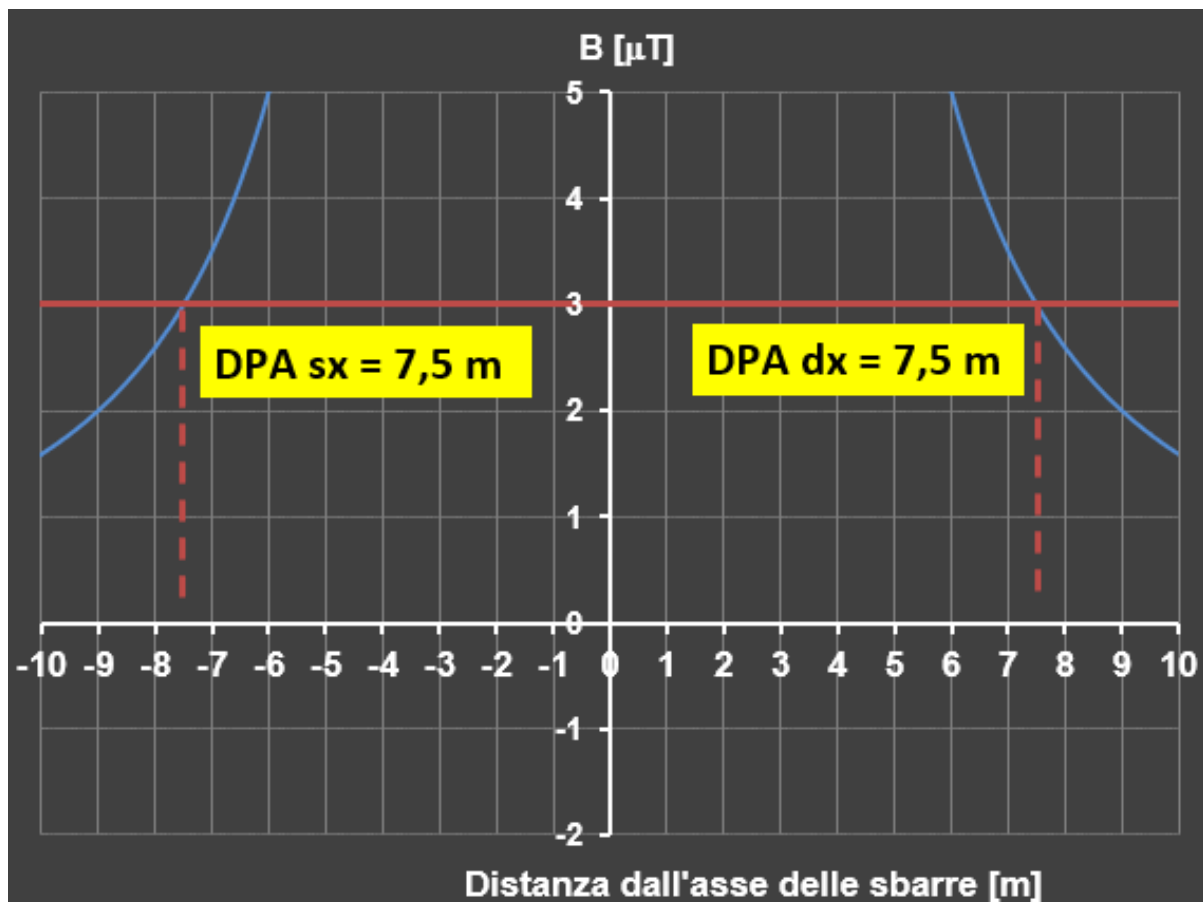


Fig. 13: Determinazione DPA per 2 terne affiancate (simulazione S2)

## 8 CABINA UTENTE DI RACCOLTA a 36 kV

Ai sensi dell'art. 5.2.2 del D.M. 29/05/2008, per le stazioni primarie la DPA e, quindi, la fascia di rispetto rientrano, generalmente, nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto stesso.

Si riporta di seguito una simulazione delle sbarre a 36 kV presenti all'interno dei quadri della cabina utente di raccolta per verificare che la DPA rispecchi quanto sopra riportato. Per la simulazione sono state considerate 3 sbarre disposte in piano ad un'altezza da terra di 2,10 e corrente pari a quella totale del parco eolico. L'interdistanza tra le sbarre è stata considerata in 40 cm, in linea con la distanza minima di isolamento per il livello di tensione 36 kV, riportata nella Norma CEI 99-2, e pari a 32 cm; la corrente di sbarra è stata considerata pari a 1.060 A, corrente corrispondente alla massima energia producibile dal parco eolico. In queste condizioni la DPA è pari a circa 7,5 m per lato:



**Fig. 14:** Determinazione DPA per sbarre AT a 36 kV.

 <b>TENPROJECT</b>  <b>INGEGNERIA PROGETTI</b> SRL	<b>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Data creazione Data ultima modifica Revisione Pagina	SIA-TR-10 03/06/2022 07/07/2022 00 27 di 27
---	--	---	---

## 9 CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 e alle Norme CEI di riferimento, riportando per ogni opera elettrica (cavidotti AT interni e esterni e cabina elettrica dell'utente) la già menzionata DPA.

Tutte i cavidotti AT producono un campo di induzione magnetica minimo e, comunque, ricadono all'interno di aree nelle quali non risultano essere presenti 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. Per un approfondimento si rimanda alle tavole IT-VESLVT-TEN-SIA-DW-05 "Planimetria relativa alla rappresentazione grafica della DPA – Quadro 1" e IT-VESLVT-TEN-SIA-DW-06 "Planimetria relativa alla rappresentazione grafica della DPA – Quadro 2".

Non si ritiene, pertanto, necessario adottare misure di salvaguardia particolari in quanto il parco eolico in oggetto si trova in lontananza da possibili recettori sensibili presenti.

Si sottolinea, peraltro, che l'innalzamento degli aerogeneratori, la posa dei cavidotti, la realizzazione della cabina di raccolta utente a 36 kV sono stati posizionati in luoghi che non sono adibiti a permanenze prolungate della popolazione e tanto meno negli ambienti particolarmente protetti, quali scuole, aree di gioco per l'infanzia.

In ogni caso si rammenta che i calcoli sono stati effettuati con le correnti al limite termico, correnti al di sopra delle correnti di impiego di ciascuna tratta (vedi Tab. 3).

Si fa, inoltre, presente che all'interno delle stazioni elettriche possono accedere solamente persone esperte del settore e che le stesse risultano rispettare i limiti di campo elettromagnetico se realizzate secondo le specifiche ENEL, TERNA e le Norme CEI.

Si può concludere, pertanto, che la realizzazione dell'opere elettriche relative al parco eolico sito nei comuni di Busetto Palizzolo, Erice e Valderice (TP), di proprietà della LEVANT WIND Srl rispetta la normativa vigente.