

# Regione BASILICATA

Provincia di Matera

COMUNE di IRSINA



## IMPIANTO EOLICO

"Sant'Eufemia"

## PROGETTO DEFINITIVO

Cod. Prog : IRS 2

Cod. Elab.: A.12

SCALA = -

DATA: Ottobre 2023

Relazione tecnica specialistica sull'impatto  
elettromagnetico

### PROPONENTE

WINDERG

**Winderg s.r.l.**

via Trento, 64  
20871 - Vimercate (MB)  
P.IVA 04702520968

  
WINDERG s.r.l.  
Presidente e Amministratore Delegato  
Dott. Michela Giambelli

### INCARICO




Via Enrico Fermi, 38  
85021 Avigliano (PZ)  
Tel. 0971.700637  
mail: [adr\\_srls@virgilio.it](mailto:adr_srls@virgilio.it)  
A.U : Ing. Rocco Sileo

  
A.D.R. srls  
Via Enrico Fermi, 38  
85021 AVIGLIANO (PZ)  
C.F. e P.IVA 02022800763

### CONSULENTE PER AdR



**sede legale e operativa**  
San Martino Sannita (BN) Località Chianarile snc Area Industriale  
**sede operativa**  
Lucera (FG) via A. Alfonso la Cava 114  
P.IVA 01465940623  
**Azienda con sistema gestione  
qualità Certificato N. 5010011873**  
  
Dott. Ing. Nicola Forte



Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	03/10/2023	I emissione	AF	FDM	NF

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORME E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO</b>	<b>6</b>
<b>4.1</b>	<b>GENERALITÀ .....</b>	<b>6</b>
<b>4.2</b>	<b>LINEE DI DISTRIBUZIONE IN MT .....</b>	<b>6</b>
<b>4.3</b>	<b>STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA 30/150 kV .....</b>	<b>7</b>
<b>4.4</b>	<b>QUADRI MT STAZIONE ELETTRICA 30/150 kV .....</b>	<b>7</b>
<b>4.5</b>	<b>CAVIDOTTO IN ALTA TENSIONE .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO</b>	<b>8</b>
<b>5.1</b>	<b>DEFINIZIONI .....</b>	<b>8</b>
<b>5.2</b>	<b>CENNI TEORICI SUL MODELLO UTILIZZATO .....</b>	<b>8</b>
<b>5.3</b>	<b>METODO DI CALCOLO.....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO</b>	<b>10</b>
<b>6.1</b>	<b>CENNI TEORICI.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>LINEA IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE</b>	<b>11</b>
<b>7.1</b>	<b>DETERMINAZIONE DEI CAMPI MAGNETICI .....</b>	<b>11</b>
<b>7.2</b>	<b>DETERMINAZIONE DELLA DISTANZA DI PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA) .....</b>	<b>13</b>
<b>7.3</b>	<b>LINEE MT IN CAVO CORDATO AD ELICA VISIBILE .....</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA 30/150 KV</b>	<b>15</b>
<b>9</b>	<b>LINEA IN CAVO INTERRATO IN AT</b>	<b>21</b>
<b>9.1</b>	<b>DETERMINAZIONE DELLA PRIMA APPROSSIMAZIONE (DPA).....</b>	<b>22</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>23</b>

## 1 PREMESSA

Il presente progetto è relativo alla costruzione di un Impianto Eolico per la produzione di energia elettrica da fonte eolica. Tale impianto denominato "Sant'Eufemia" sarà realizzato nel comune di Irsina (MT). Esso prevede l'installazione di n.7 aerogeneratori da 7,2 MW, per una potenza complessiva pari a 50,40 MW. Proponente dell'iniziativa è la società Winderg s.r.l..

Più in dettaglio l'impianto eolico presenta:

- 7 aerogeneratori modello Vestas V172 della potenza di 7.2 MW;
- 7 cabine di trasformazione poste all'interno della torre;
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori denominato cavidotto interno
- Un cavidotto in cavo sotterraneo in media tensione (30 kV) per il collegamento tra gli aerogeneratori e la stazione di trasformazione 30/150 kV denominato cavidotto esterno;

La relazione è stata redatta al fine di determinare i valori di campo elettrico e campo magnetico attesi (calcolo previsionale) e la valutazione degli effetti ambientali conseguenti ai sensi della legge 36/01 e DPCM 08/07/2003.

## 2 NORME E DOCUMENTAZIONE 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”.
- "La protezione dai campi elettromagnetici" - Edizione TNE.
- "Inquinamento elettromagnetico" - P. Bevitori et al. - Maggioli Editore.
- "La valutazione dell'inquinamento elettromagnetico" - Edizione Maggioli Editore.
- Documento di progetto A.16.b.6 Planimetria reti elettriche;
- Documento di progetto A.16.b.4 Schema di collegamento alla rete elettrica di distribuzione e trasmissione;
- Documento di progetto A.16.b.10 Planimetria catastale delle opere di rete per la connessione;
- Documento di progetto A.1.b Relazione generale opere di rete



### 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.

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

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

Limiti di esposizione	Valori di CEM che non devono essere superati in alcuna condizione di esposizione, ai fini della tutela dagli effetti acuti.
Valori di attenzione	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.
Obiettivi di qualità	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.

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>RELAZIONE SULL'IMPATTO ELETTROMAGNETICO DELL'IMPIANTO</b>	Codice Revisione Data di creazione Data revisione Pagina	A.12 00 04/10/2023 0 5 di 23
---	--	--	--

**Tabella 2: Limiti di esposizione, limiti di attenzione e obiettivi di qualità del DPCM 08/07/03, confrontati con i livelli di riferimento della Raccomandazione 1999/512CE.**

Normativa	Limiti previsti	Induzione magnetica B ( $\mu$ T)	Intensità del campo elettrico E (V/m)
DPCM	Limite d'esposizione	100	5.000
	Limite d'attenzione	10	
	Obiettivo di qualità	3	
Racc. 1999/512/CE	Livelli di riferimento (ICNIRP1998, OMS)	100	5.000

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

## 4 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

### 4.1 Generalità

I campi a frequenze estremamente basse (ELF), quali quelli che si manifestano nell'esercizio delle linee elettriche, sono quelli con frequenze fino a 300 Hz. A frequenze così basse corrispondono lunghezze d'onda in aria molto grandi (6000 km a 50 Hz e 5000 km a 60 Hz) e, in situazioni pratiche, il campo elettrico e quello magnetico agiscono in modo indipendente l'uno dall'altro e sono calcolati e misurati separatamente.

I campi magnetici sono 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 ( $\mu$ T). I campi magnetici 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:

- Il cavidotto in MT di collegamento tra gli aerogeneratori denominato cavidotto interno;
- Il cavidotto in MT di collegamento tra i gruppi di aerogeneratori e la stazione elettrica 30/150 kV denominato cavidotto esterno;
- La sezione in media ed alta tensione all'interno della stazione elettrica 30/150 kV;
- Una linea elettrica AT interrata alla tensione di 150 kV per il collegamento della stazione elettrica di trasformazione 30/150 kV Winderg S.r.l. alla stazione elettrica GALLO 2 (altro produttore).

### 4.2 Linee di distribuzione in MT

Gli aerogeneratori saranno connessi tra di loro da una rete di distribuzione in cavo interrato esercita in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento interno.

Il gruppo di aerogeneratori dell'impianto saranno connessi alla stazione elettrica 30/150 kV di utenza attraverso una rete di distribuzione in media tensione a 30 kV, costituente il collegamento esterno.

I cavi MT utilizzati per le linee elettriche interrate saranno del tipo unipolare ARE4H5E –  $U_0/U_m = 18/30$  kV – con conduttore in alluminio di sezioni 400 mm<sup>2</sup>, 630 mm<sup>2</sup> con schermo in tubo Al, isolante XLPE, rivestimento esterno in PE (qualità DMZ1), conformi alle norme CEI 20-13, HD 620.

I cavi previsti sono destinati a sistemi elettrici di distribuzione con  $U_0/U_m=18/30$  kV e tensione massima  $U_m=36$  kV, sigla di designazione ARE4H5E.

La sezione dei singoli cavi componenti le terne, presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

**Tabella 3: Caratteristiche dimensionale ed elettriche dei cavi MT.**

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Spessore Isolante	Diametro cavo	Portata al limite termico
[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]	[mm]	[A]
3x1x400	23,8	8	50,7	543
3x1x630	30,5	8	58,7	703

### 4.3 Stazione elettrica di utenza 30/150 kV

La stazione elettrica 30/150 kV di utenza sarà costituita da un'area chiusa composta da:

- Locale BT;
- Locale MT (contenente i quadri MT) con una sezione di arrivo MT dall'impianto eolico;
- Locale trasformatore dei servizi ausiliari;
- Locale gruppo elettrogeno;
- locale TLC;
- Locale Misure;
- Locale di Rete;
- Una sezione di trasformazione MT/AT ed una sezione di partenza in AT per la consegna dell'energia prodotta alla Rete di Trasmissione Nazionale.

### 4.4 Quadri MT stazione elettrica 30/150 kV

All'interno del locale MT sono ubicati i quadri in MT, per la protezione ed il sezionamento delle linee elettriche in arrivo dal parco eolico e in partenza verso il trasformatore di potenza AT/MT.

### 4.5 Cavidotto in Alta Tensione

Dalla stazione di trasformazione MT/AT l'energia prodotta viene trasferita alla stazione di smistamento a 150 kV attraverso un cavidotto interrato in alta tensione. In particolare, in progetto come descritto precedentemente sono previste due linee interrate in alta tensione.

Ai fini della simulazione di calcolo dei campi elettromagnetici è stata scelta la sezione di cavi più gravosa che presenta le seguenti caratteristiche dimensionali:

**Tabella 4: Caratteristiche dimensionale ed elettriche del cavo AT .**

Sezione conduttore	Diametro conduttore	Diametro cavo	Tipologia	Portata
[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[mm]		[A]
3x1x1600	45,2	108	Unipolare	1060

## 5 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO MAGNETICO

### 5.1 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.

### 5.2 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,  $C_k$  il conduttore generico,  $d\vec{l}$  un suo tratto elementare,  $r$  la distanza tra questo tratto elementare ed 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<sub>k</sub>** il punto dove il generico conduttore **C<sub>k</sub>** interseca la *sezione normale*, e con **I<sub>k</sub>** 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.

### 5.3 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).

## 6 METODOLOGIA DI CALCOLO CAMPO ELETTRICO

### 6.1 Cenni teorici

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:

$\lambda$  = densità lineare di carica sul conduttore

$\epsilon_0$  = permittività del vuoto

$d$  = distanza del conduttore rettilineo dal punto di calcolo

$u_r$  = versore unitario con direzione radiale al conduttore

## 7 LINEA IN CAVO INTERRATO IN MEDIA TENSIONE

### 7.1 Determinazione dei campi magnetici

Per la realizzazione dei cavidotti di collegamento, sono stati considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettromagnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in MT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno; inoltre la limitata distanza tra i cavi (ulteriormente ridotta grazie all'impiego di terne cosiddette "a trifoglio") fa sì che l'induzione magnetica risulti significativa solo in prossimità dei cavi.

Le simulazioni di seguito elencate, rappresentano le condizioni peggiori del calcolo della DPA dell'intero impianto, in quanto le simulazioni sono state effettuate considerando il maggiore numero di terne e la maggiore sezione dei conduttori.

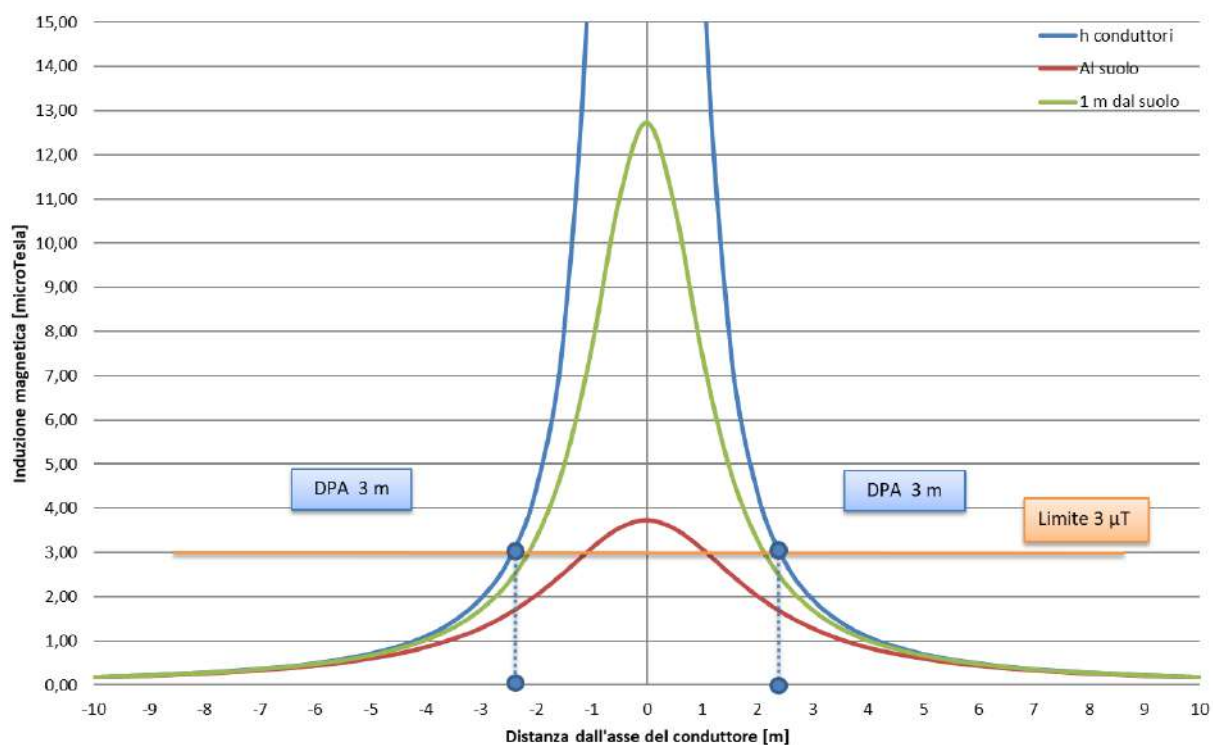
In particolare sia per il cavidotto interno che per il cavidotto esterno, come condizione peggiorativa ai fini del calcolo della DPA si sono determinate la seguente simulazione:

In dettaglio saranno simulati i seguenti tratti di cavidotto alla tensione nominale di 30 kV:

- **S1:** due terne di conduttori di sezione 400 mm<sup>2</sup> ed una terna di sezione 630 mm<sup>2</sup>, disposti a trifoglio, percorse rispettivamente da corrente massima pari a 543 A e 703 A ed interrate ad una profondità di 1,2 m;

I valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori, al suolo e ad 1 m dal suolo. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.





**Figura 1: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica relativa alla simulazione S1.**

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [μT]</i>	<i>Al suolo [μT]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [μT]</i>
-10,00	0,17	0,17	0,17
-9,00	0,21	0,20	0,21
-8,00	0,27	0,25	0,27
-7,00	0,36	0,32	0,35
-6,00	0,48	0,43	0,47
-5,00	0,70	0,59	0,66
-4,00	1,09	0,85	1,01
-3,00	1,95	1,28	1,70
-2,00	4,42	2,03	3,32
-1,00	18,48	3,10	7,59
-1,00	18,48	3,10	7,59
0,00	490,48	3,74	12,74
1,00	18,00	3,09	7,50
2,00	4,37	2,02	3,29
3,00	1,93	1,28	1,69
4,00	1,08	0,84	1,00
5,00	0,69	0,59	0,66
6,00	0,48	0,43	0,47
7,00	0,35	0,32	0,34
-10,00	0,17	0,17	0,17
-9,00	0,21	0,20	0,21

**Tabella 5: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare relativa alla simulazione S1.**

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

Il calcolo della DPA 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 ai 3  $\mu$ T. Si riportano nella seguente tabella le distanze di prima approssimazione per i tratti di cavidotto presi in esame:

**Tabella 6 - Distanza di prima approssimazione per cavidotti di collegamento del parco eolico.**

CASO DI STUDIO	N° TERNE	SEZIONI [mm <sup>2</sup> ]	TIPOLOGIA CAVO	TENSIONE [kV]	DPA [m]
S1	3	2x(3x1x400) 3x1x630	Posa a trifoglio	30	3

Negli allegati 1,2,3 viene riportata la rappresentazione grafica della DPA.

## 7.3 Linee MT in cavo cordato ad elica visibile

Come descritto nel paragrafo 4.2, i cavi MT di progetto per le linee elettriche interrato saranno del tipo unipolare con disposizione a trifoglio; detto ciò, se si utilizzassero linee MT di progetto in cavo ad elica visibile (ovvero pre-cordati per cavi fino a sezione di **300 mm<sup>2</sup>**), si potrebbe ottenere un impatto elettromagnetico sensibilmente inferiore.

In particolare, nel **paragrafo 7.1 della norma CEI 106-11** per le linee MT in cavo cordato ad elica visibile, si descrive che per la ridotta distanza tra le fasi e la loro trasposizione, dovuta alla cordatura, fa sì che l'obiettivo di qualità di **3  $\mu$ T**, anche nelle condizioni limite di conduttori di sezione maggiore e relativa "portata nominale", venga raggiunto già a brevissima distanza (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso. (Figura 11).

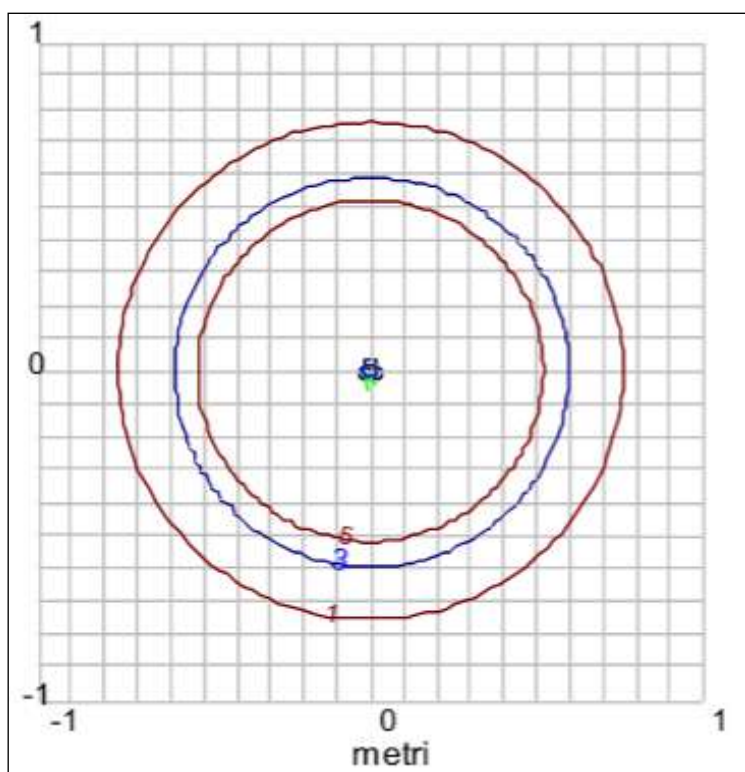


Figura 2: Curve di equivello dell'induzione magnetica generata da cavi cordati ad elica – calcoli effettuati con un modello tridimensionale che tiene conto del passo d'elica. (Norma CEI 106-11 figura 18).

Pertanto come descritto nel **paragrafo 7.1.1 della norma CEI 106-11**, per questa tipologia di impianti realizzati con cavi cordati non è necessario stabilire una fascia di rispetto in quanto l'obiettivo qualità è rispettato ovunque.

Si fa notare in proposito che anche il **D.M. 29 Maggio 2008**, sulla determinazione della distanza di prima approssimazione (DPA), ha esentato dalla procedura di calcolo le linee MT in cavo interrato e/o aereo con cavi cordati.

## 8 STAZIONE ELETTRICA DI UTENZA 30/150 kV

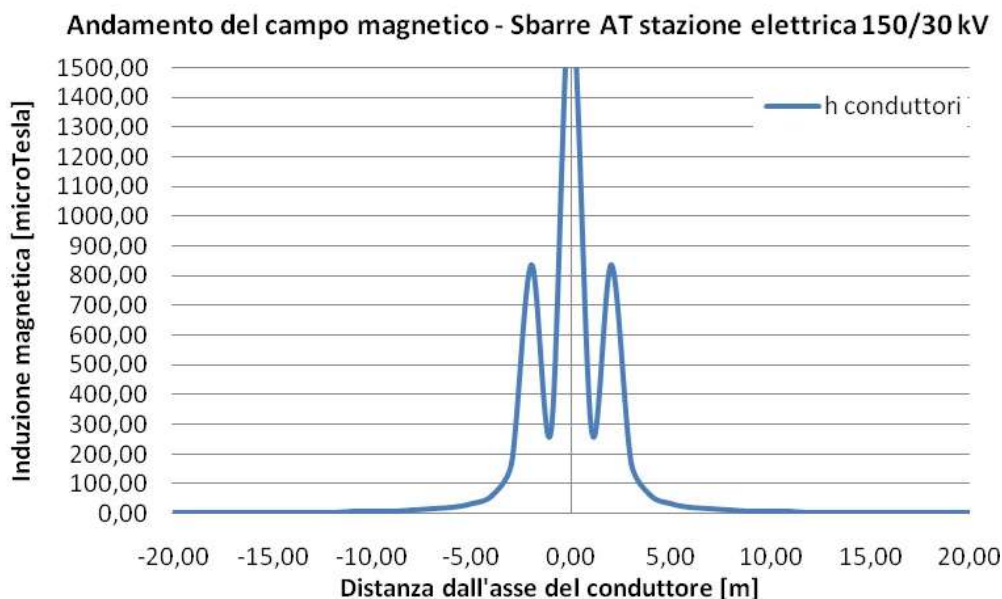
Il calcolo del campo elettrico e magnetico per stazione elettrica di utenza 30/150 kV è stato effettuato sulle sbarre a 150 kV all'interno dell'area di stazione e sulle sbarre a 30 kV dei quadri in MT ubicati all'interno del locale MT anch'esso all'interno della recinzione della stazione.

I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 150 kV risultano i seguenti:

- Altezza delle sbarre: 7,7 m;
- Distanza tra le sbarre: 2,2 m;
- Valore efficace della corrente delle sbarre: 870 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 86705 V.

I parametri geometrici ed elettrici utilizzati per il calcolo sulle sbarre a 30 kV risultano, invece, i seguenti:

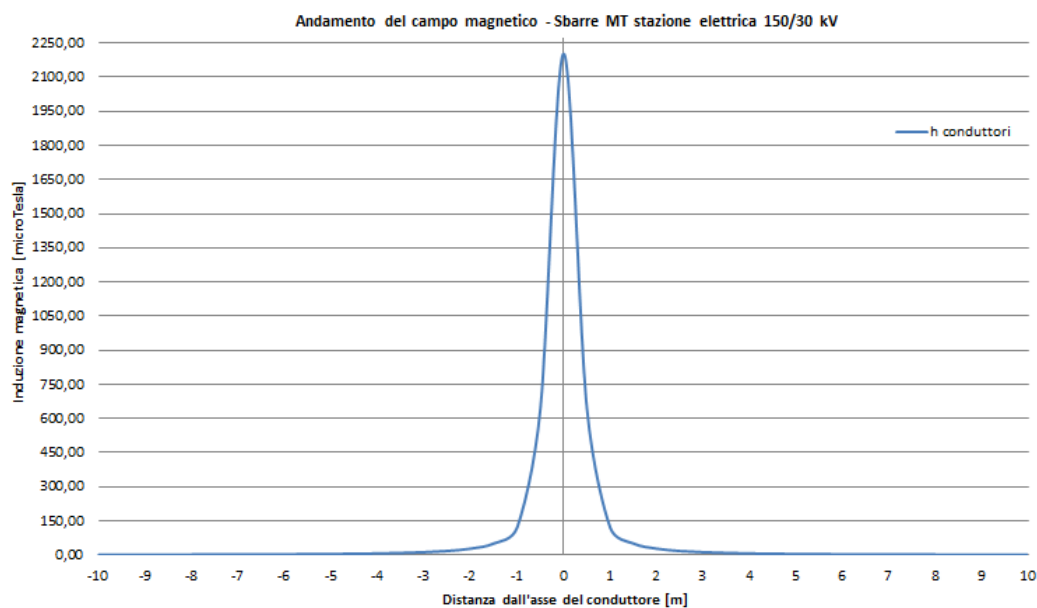
- Altezza delle sbarre: 1,6 m;
- Distanza tra le sbarre: 0,37 m;
- Valore efficace della corrente delle sbarre: 1250 A;
- Valore efficace della tensione fra conduttore e terra: 17341 V.



**Figura 3: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.**

Valutazione Distanza di prima approssimazione			
Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [ $\mu$ T]	Distanza dai cavi [m]	Altezza conduttori [ $\mu$ T]
-20	1,68	1	277,17
-19	1,87	2	835,8
-18	2,08	3	171,7
-17	2,34	4	62,23
-16	2,65	5	33,91
-15	2,96	6	21,74
-14	3,48	7	15,26
-13	4,06	8	11,35
-12	4,79	9	8,79
-11	5,75	10	7,02
-10	7,02	11	5,75
-9	8,79	12	4,79
-8	11,35	13	4,06
-7	15,26	14	3,48
-6	21,74	15	2,96
-5	33,91	16	2,65
-4	62,23	17	2,34
-3	171,7	18	2,08
-2	835,8	19	1,87
-1	277,17	20	1,68
0	1741,79		

**Tabella 7: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.**



**Figura 4: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma grafica - Sbarre MT stazione elettrica 30/150 kV - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.**

Distanza dall'asse [m]	Valori di campo magnetico [ $\mu T$ ]
	Altezza conduttori
-10,00	1,10
-9,00	1,36
-8,00	1,72
-7,00	2,25
-6,00	3,07
-5,00	4,42
-4,00	6,93
-3,00	12,37
-2,00	28,20
-1,00	121,25
0,00	2203,17
1,00	121,25
2,00	28,20
3,00	12,37
4,00	6,93
5,00	4,42
6,00	3,07
7,00	2,25
8,00	1,72
9,00	1,36
10,00	1,10

**Tabella 8: Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori in forma tabellare – Sbarre MT stazione elettrica 150/30 Kv - Valutazione della Distanza di prima Approssimazione.**

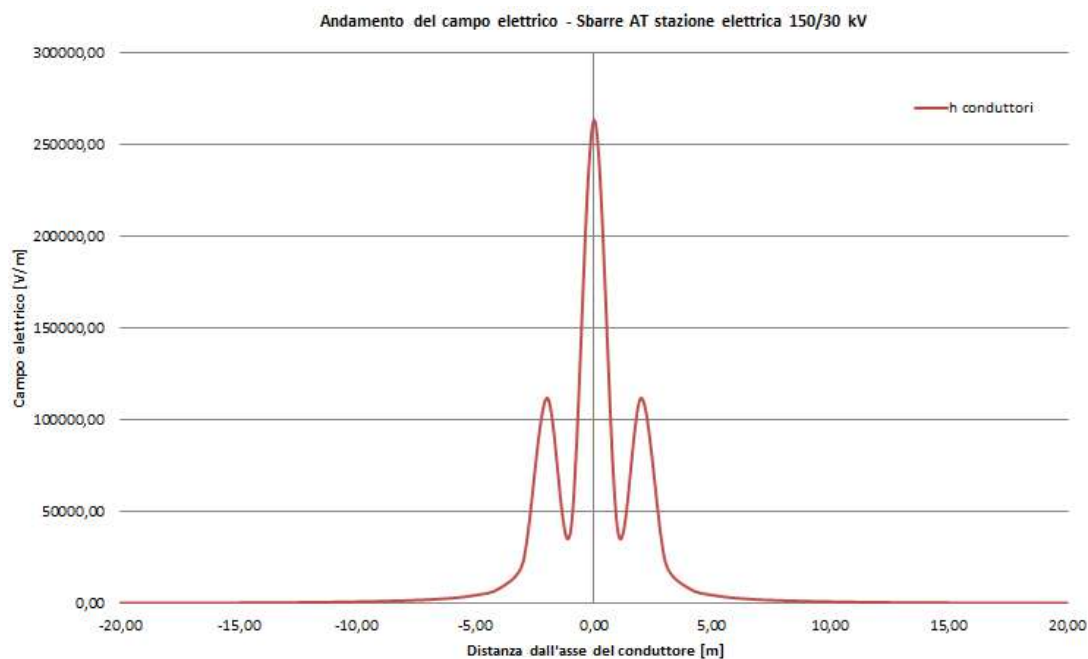
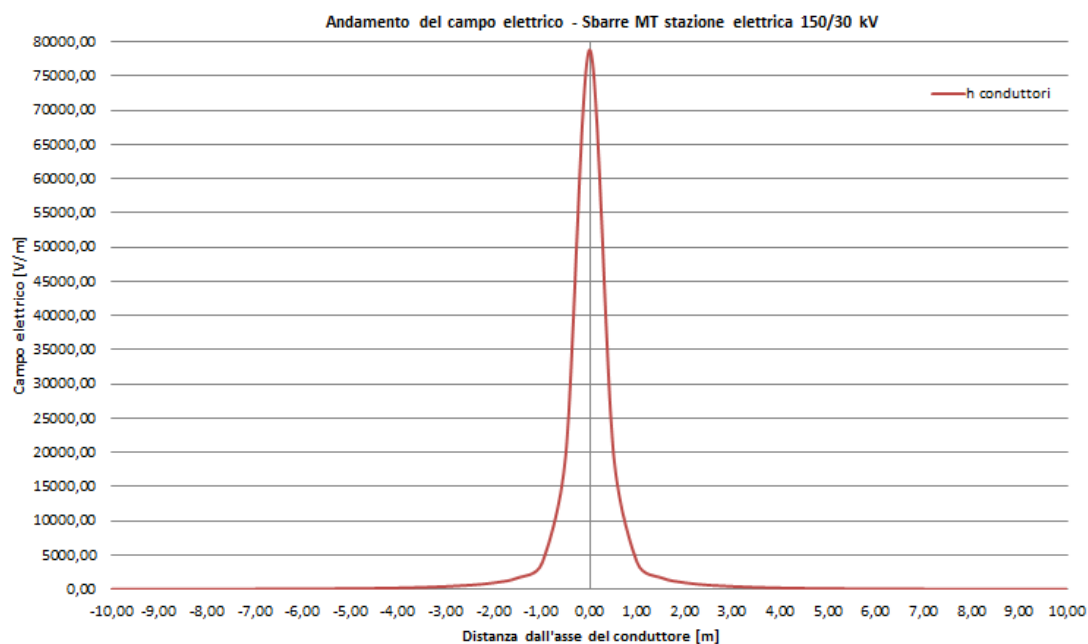


Figura 5: Andamento del campo elettrico in forma grafica - Sbarre AT stazione elettrica 30/150 kV.

Distanza dall'asse [m]	Valori di campo elettrico [V/m]
	Altezza conduttori
0	263460,50
1	39261,50
2	112013,90
3	22797,40
4	8360,50
5	4645,20
6	3040,60
7	2173,40
8	1640,30
9	1283,90
10	1031,40
11	844,70
12	702,40
13	591,20
14	502,60
15	431,10
16	372,50
17	324,00
18	283,60
19	249,50
20	220,70

Tabella 9: Andamento del campo elettrico in forma tabellare –  
Sbarre AT stazione elettrica 150/30 kV.



**Figura 6: Andamento del campo elettrico in forma grafica – edificio MT in stazione elettrica 30/150 kV.**

<i>Distanza dall'asse [m]</i>	<i>Valori di campo magnetico [<math>\mu T</math>]</i>
	<i>Altezza conduttori</i>
0,00	78925,50
0,50	19701,50
1,00	3846,20
1,50	1714,70
2,00	983,20
2,50	632,90
3,00	435,50
3,50	313,50
4,00	233,60
4,50	178,90
5,00	140,20
5,50	112,10
6,00	91,20
6,50	75,40
7,00	63,10
7,50	53,50
8,00	45,80
8,50	39,70
9,00	34,60
9,50	30,40
10,00	27,00

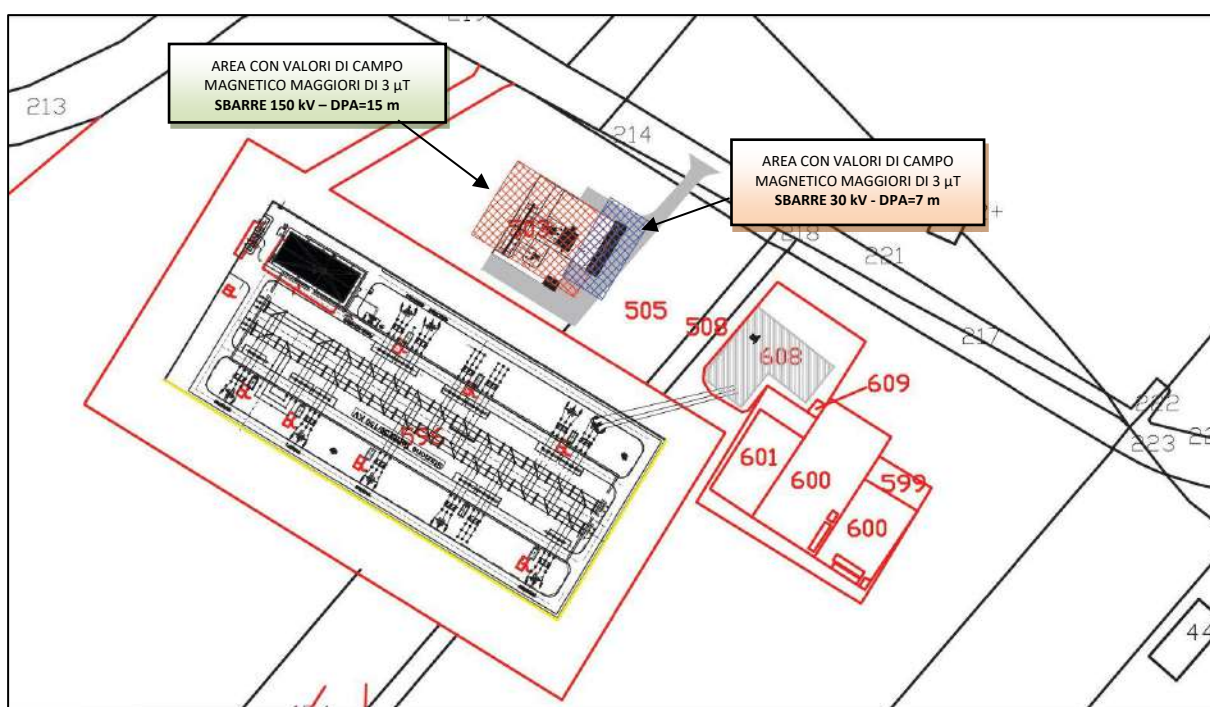
**Tabella 10: Andamento del campo elettrico in forma tabellare –  
Cabina MT in stazione elettrica 30/150 kV.**



Come si evince dalla simulazione del calcolo, dalle figure 3 e 4 e dalle relative tabelle, sia i valori di campo magnetico ad altezza conduttori sia quelli ad 1 m dal suolo restano al di sotto dei  $3 \mu\text{T}$  ad una distanza di circa 15 m dall'asse delle sbarre in AT e 7 m circa dal confine della cabina MT della stazione 30/150 kV.

Riguardo al campo elettrico, dai risultati delle simulazioni (figure 5 e 6 e relative tabelle), si ottengono valori di intensità inferiore ai limiti di 5000 V/m imposti dalla normativa a soli 5 m dalle sbarre in AT ed 1 m da quelle in MT.

Nell'allegato 3 viene riportata la rappresentazione grafica della DPA relativa alla stazione elettrica di utenza 30/150 kV.



**Figura 7: Rappresentazione grafica delle DPA della stazione d'utenza 30/150 kV.**

Negli allegati 1,2,3 viene riportata la rappresentazione grafica della DPA.

## 9 LINEA IN CAVO INTERRATO IN AT

Per la realizzazione del cavidotto di collegamento in AT, in particolare:

- Tra la stazione elettrica di utenza e la stazione di smistamento TERNA 150 kV "Banzi";
- Tra la stazione elettrica di utenza e la stazione elettrica di altro produttore;

Saranno considerati tutti gli accorgimenti che consentono la minimizzazione degli effetti elettrici e magnetici sull'ambiente e sulle persone. In particolare, la scelta di operare con linee in AT interrate permette di eliminare la componente elettrica del campo, grazie all'effetto schermante del terreno. Nel caso in questione, lo studio del campo magnetico è stato effettuato, alla tensione nominale di 150 kV, sul seguente tratto di cavidotto così costituito:

- **S2:** una terna di conduttori di sezione 1600 mm<sup>2</sup> percorsa da corrente massima pari a 1060 A;

I valori del campo magnetico sono stati misurati ad altezza conduttori, al suolo e ad 1 m dal suolo. Più precisamente, i risultati di seguito riportati illustrano, per ognuna delle situazioni richiamate, l'andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse dei conduttori e l'andamento del campo magnetico su di un asse ortogonale all'asse dei conduttori.

### S12 - Cavidotto AT ad una terna di sezione 1600 mm<sup>2</sup> interrata a 1.5 m dal piano di campagna.

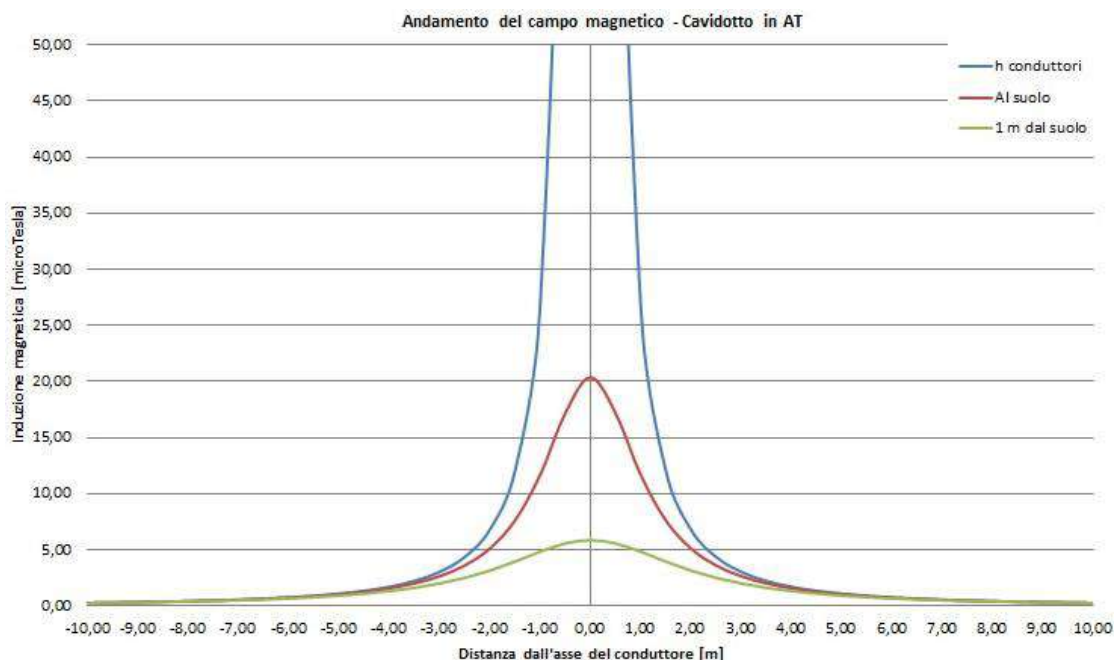


Figura 8: Rappresentazione grafica delle DPA della stazione d'utenza 30/150 kV.

<i>Distanza dai cavi [m]</i>	<i>Altezza conduttori [<math>\mu T</math>]</i>	<i>Al suolo [<math>\mu T</math>]</i>	<i>Ad 1 m dal suolo [<math>\mu T</math>]</i>
-10,00	0,27	0,27	0,26
-9,00	0,34	0,33	0,32
-8,00	0,43	0,42	0,40
-7,00	0,56	0,54	0,51
-6,00	0,76	0,73	0,67
-5,00	1,10	1,04	0,92
-4,00	1,71	1,58	1,33
-3,00	2,98	2,65	2,01
-2,00	6,81	5,13	3,16
-1,00	26,76	11,68	4,84
0,00	1196,73	20,37	5,87
1,00	26,76	11,68	4,84
2,00	6,81	5,13	3,16
3,00	2,98	2,65	2,01
4,00	1,71	1,58	1,33
5,00	1,10	1,04	0,92
6,00	0,76	0,73	0,67
7,00	0,56	0,54	0,51
8,00	0,43	0,42	0,40
9,00	0,34	0,33	0,32
10,00	0,27	0,27	0,26

**Tabella 11: Andamento del campo magnetico in forma tabellare – Cavidotto AT 150 kV.**

## 9.1 Determinazione della prima approssimazione (DPA)

Il calcolo della DPA per il cavidotto di collegamento in AT simulato si traduce anch'esso 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 ai 3  $\mu T$ . Per il caso specifico il valore di 3  $\mu T$  è facilmente riscontrabile nella tabella 11 dalla quale si evince che la distanza di prima approssimazione risulta essere pari a  $\pm 3$  m rispetto all'asse del cavidotto.

In figura 16, viene riportata la rappresentazione grafica della DPA del cavidotto di collegamento in AT precedentemente simulato.

Negli allegati 1,2,3 viene riportata la rappresentazione grafica della DPA.

## 10 CONCLUSIONI

La determinazione delle DPA è stata effettuata in accordo al D.M. del 29/05/2008 riportando per ogni opera elettrica la summenzionata DPA. Dalle analisi, i cui risultati sono riassunti nei grafici e tabelle riportati nei paragrafi precedenti si può desumere quanto segue:

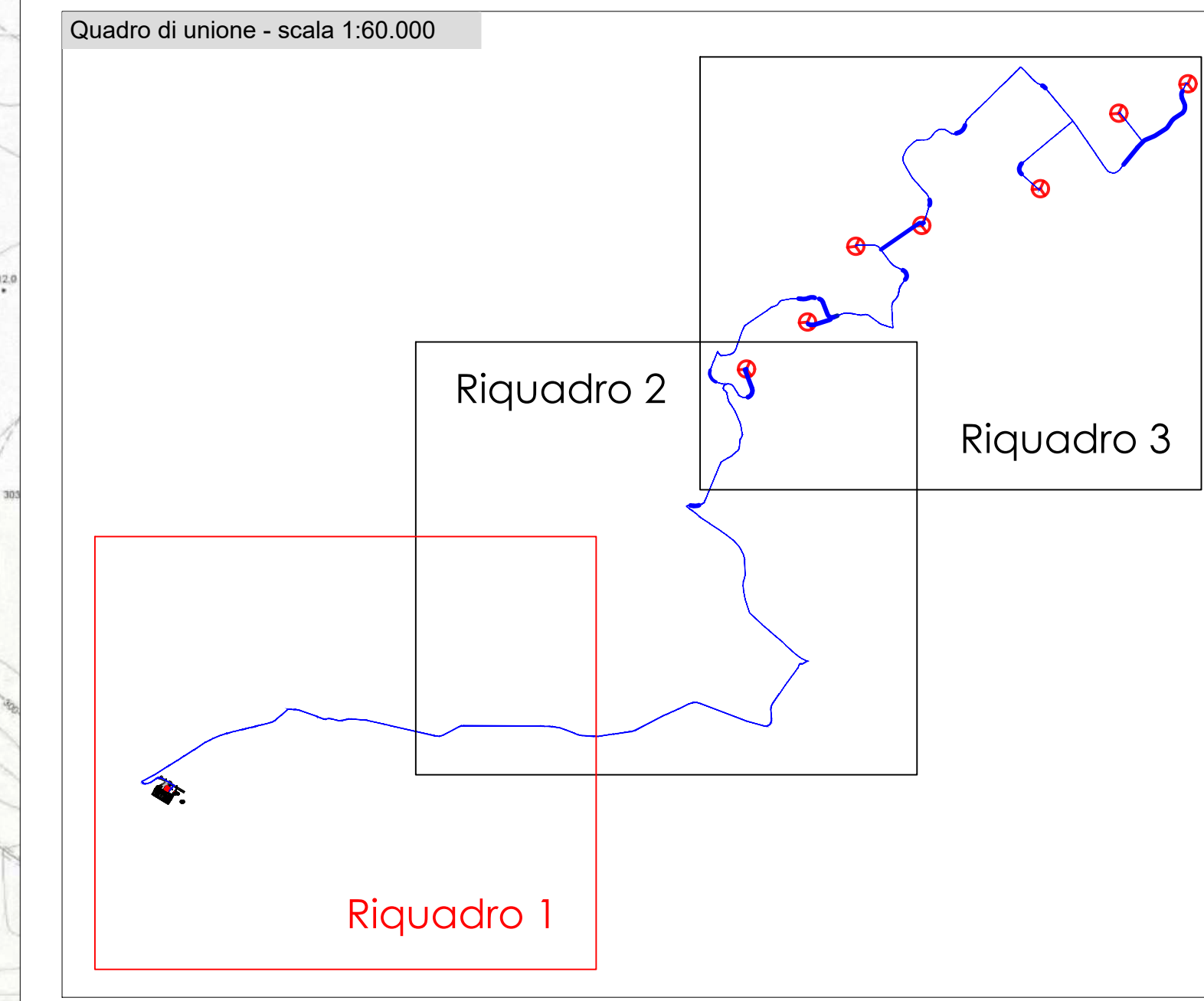
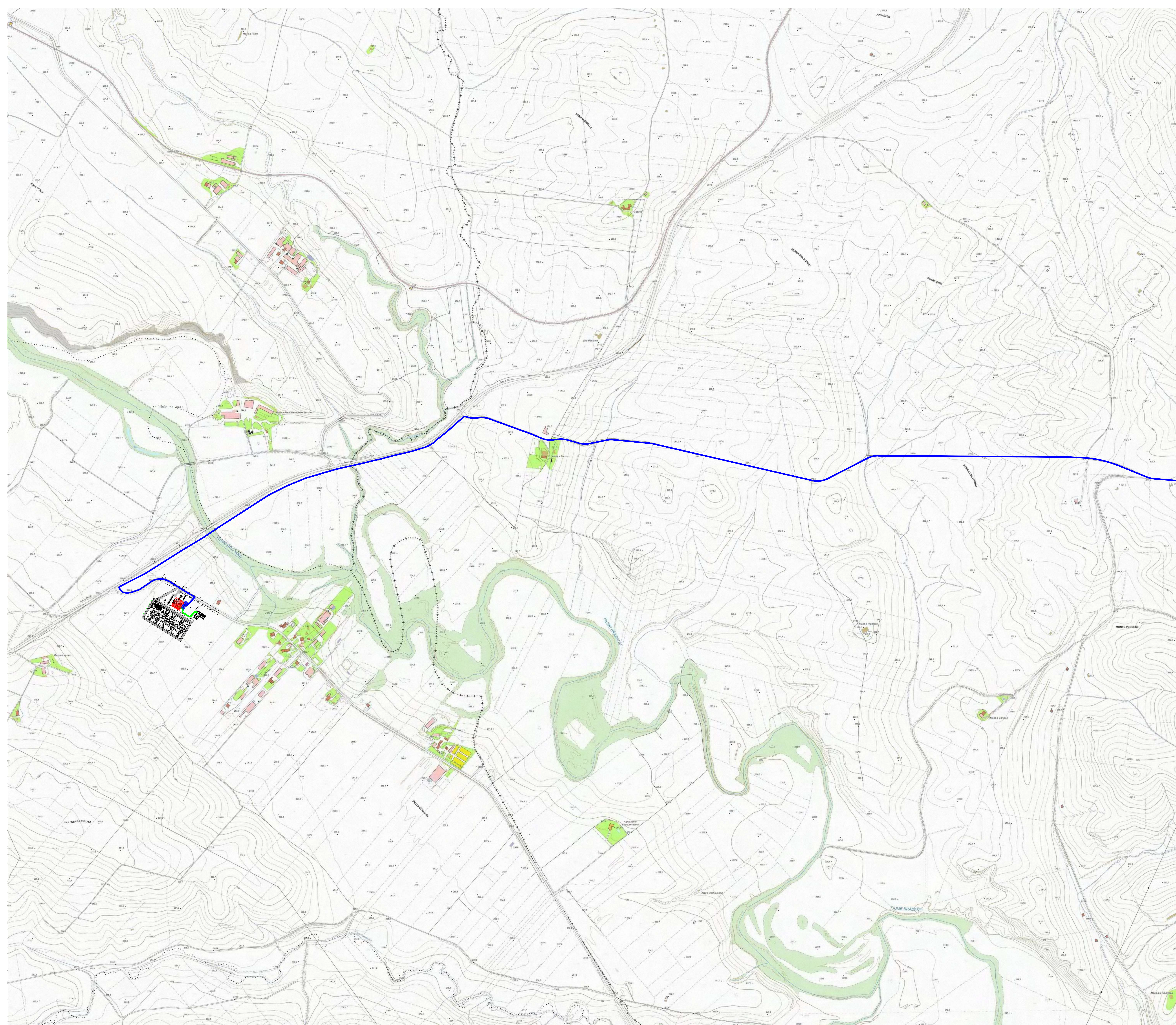
- Per la stazione elettrica 30/150 kV, la distanza di prima approssimazione è stata valutata in  $\pm 15$  m per le sbarre in alta tensione (150 kV) e 7 m per le sbarre in media tensione (30 kV) dell'edificio utente. Si fa presente tali DPA ricadono all'interno delle particelle catastali dell'area di stazione elettrica. **In particolare, all'interno delle aree summenzionate delimitate dalle DPA 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.**
- Per i cavidotti del collegamento interno in media tensione del parco eolico la distanza di prima approssimazione non eccede il range di  $\pm 3$  m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per i cavidotti del collegamento esterno in media tensione del parco eolico la distanza di prima approssimazione non eccede il range di  $\pm 3$  m rispetto all'asse del cavidotto;
- Per il cavidotto in alta tensione la distanza di prima approssimazione non eccede il range di  $\pm 3$  m rispetto all'asse del cavidotto,

I valori di campo elettrico risultano rispettare i valori imposti dalla norma ( $<5000$  V/m) in quanto le aree con valori superiori ricadono all'interno del locale MT ed all'interno della stazione elettrica il cui accesso è consentito al solo personale autorizzato.

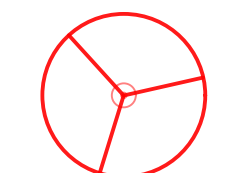


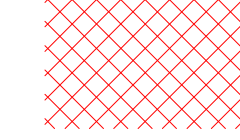
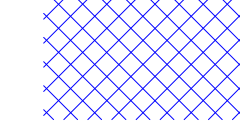
**Tutte le aree summenzionate delimitate dalla DPA ricadono all'interno di aree nelle quali non risultano recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.**

**Si può quindi concludere che la realizzazione delle opere elettriche relative al parco eolico denominato "Sant'Eufemia" di proprietà Winderg s.r.l. ubicato nel comune di Irsina (MT) rispetta la normativa vigente.**





**LEGENDA PROGETTO**

-  Aerogeneratore - D<sub>Rot.</sub> = 172 mt
-  DPA di 3 m - Cavidotto interrato AT
-  DPA di 3 m - Cavidotto interrato MT
-  DPA di 15 m - Sbarra AT 150 kV - Stazione elettrica
-  DPA di 7 m - Sbarra MT 30 kV - Stazione elettrica

Regione BASILICATA  
 Provincia di Matera  
 COMUNE di IRSINA

  
**IMPIANTO EOLICO**  
**"Sant'Eufemia"**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

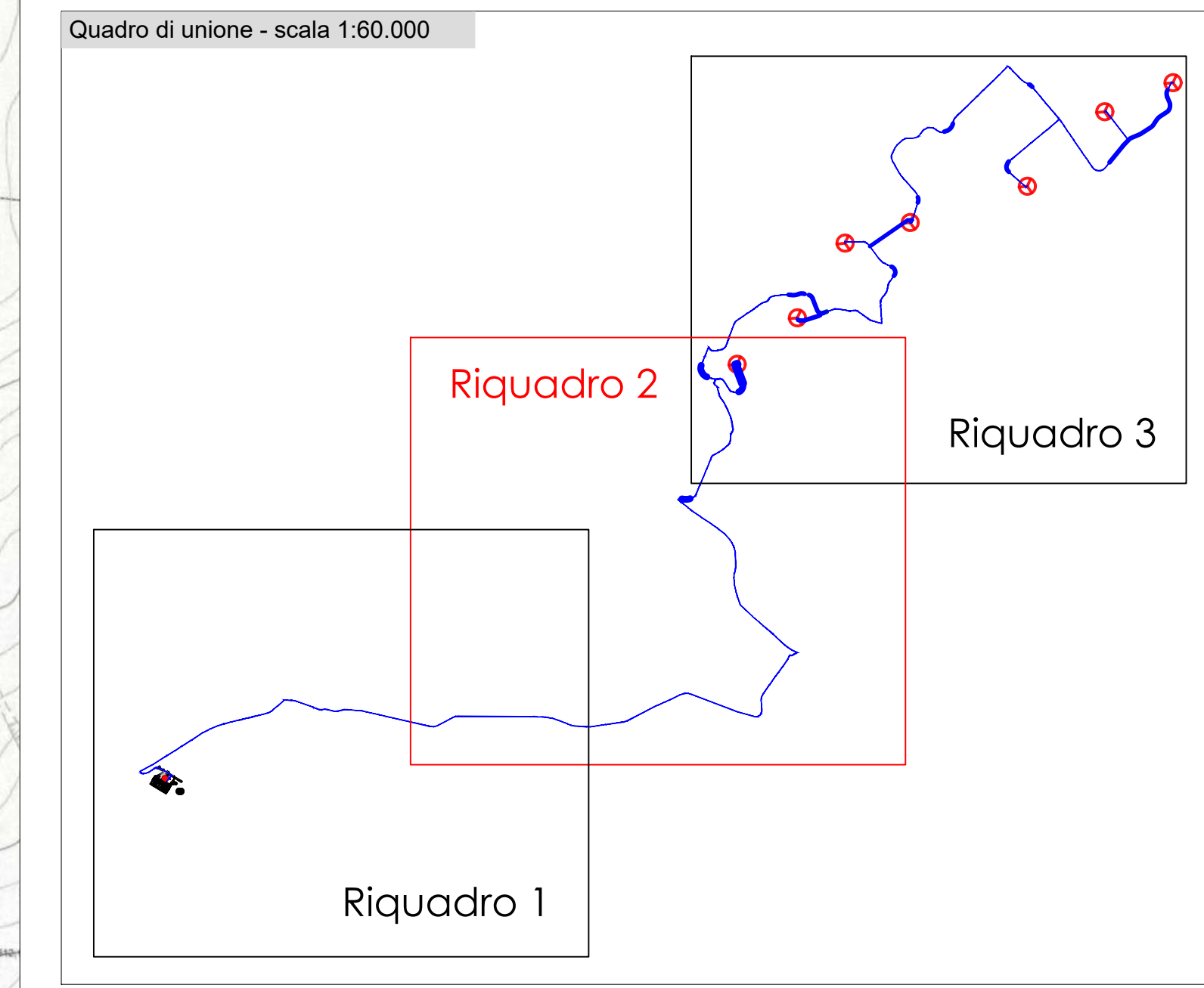
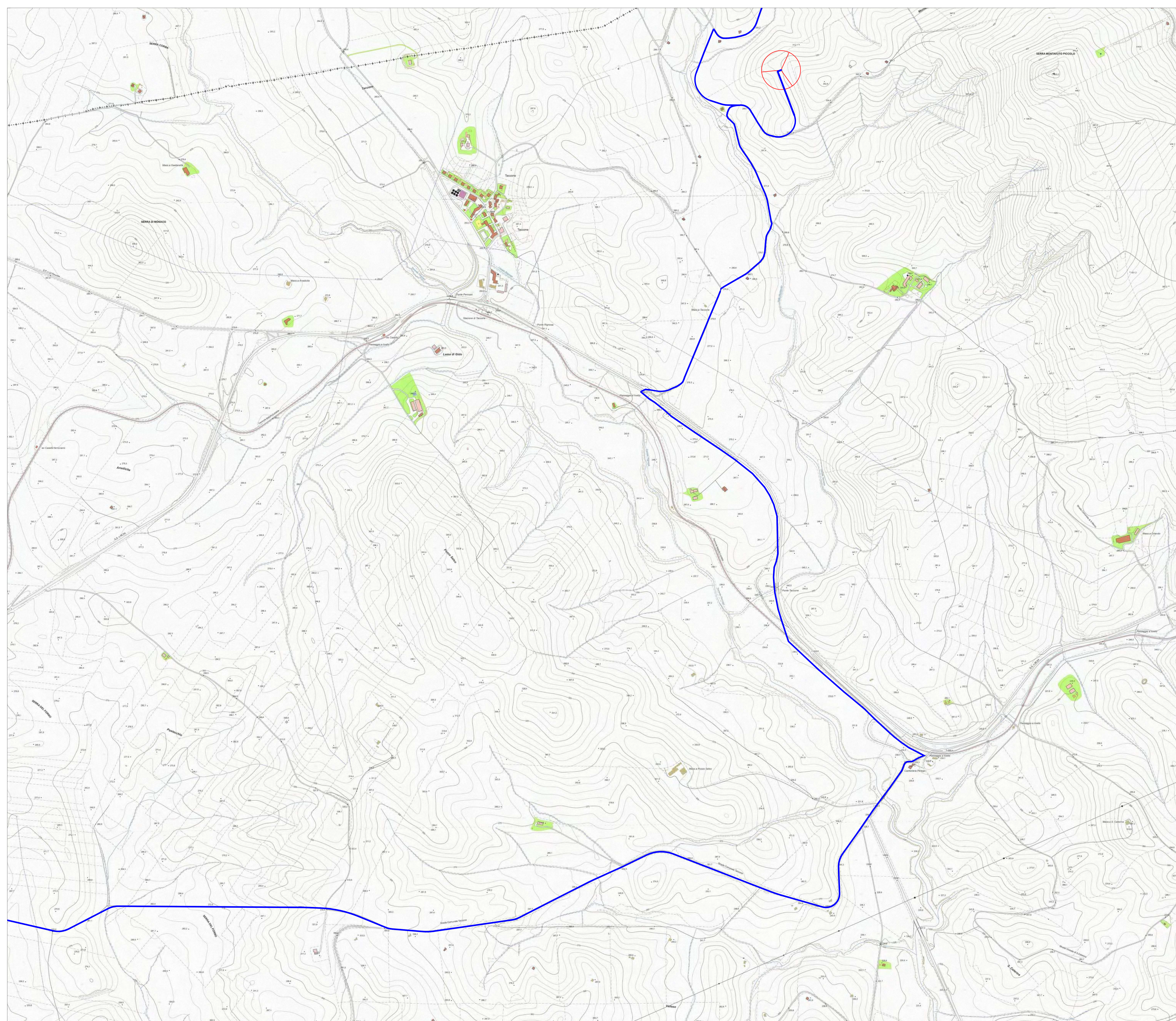
Cod. Prog : IRS 2  
 Cod. Etab. : -  
 SCALA = 1:5.000  
 DATA: Ottobre 2023

Allegato 1: Planimetria catastale rappresentazione grafica della DPA




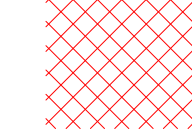
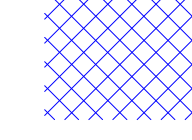
<b>PROPONENTE</b>  <b>WINDERG s.r.l.</b> Via Trento, 64 20871 - Vimercate (MB) P.IVA 04702520968	<b>INCARICO</b>  <b>A.D.R. srls</b> Via Enrico Fermi, 38 85021 Avigliano (PZ) Tel. 0971.700637 email: adr_srls@virgilio.it A.U.: Ing. Rocco Sileo	<b>CONSULENTE PER AdR</b>  <b>TENPROJECT</b> sede legale e operativa San Giorgio del Sannio (BN) via de Capaci 17 sede operativa Contrada S. E. P. Ac. Nuvoletta s.p.a. via S. Maria P.IVA 01514500720 Adesione con numero progressivo quota Certificato N. 65 1883417 Dott. Ing. Nicola Fortuna
--	---	---

Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	05/10/2023	1 emissione	AF	FDM	NF





**LEGENDA PROGETTO**

-  Aerogeneratore - D Rot. = 172 mt
-  DPA di 3 m - Cavidotto interrato AT
-  DPA di 3 m - Cavidotto interrato MT
-  DPA di 15 m - Sbarra AT 150 kV - Stazione elettrica
-  DPA di 7 m - Sbarra MT 30 kV - Stazione elettrica

Regione BASILICATA  
 Provincia di Matera  
 COMUNE di IRSINA

  
**IMPIANTO EOLICO**  
**"Sant'Eufemia"**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

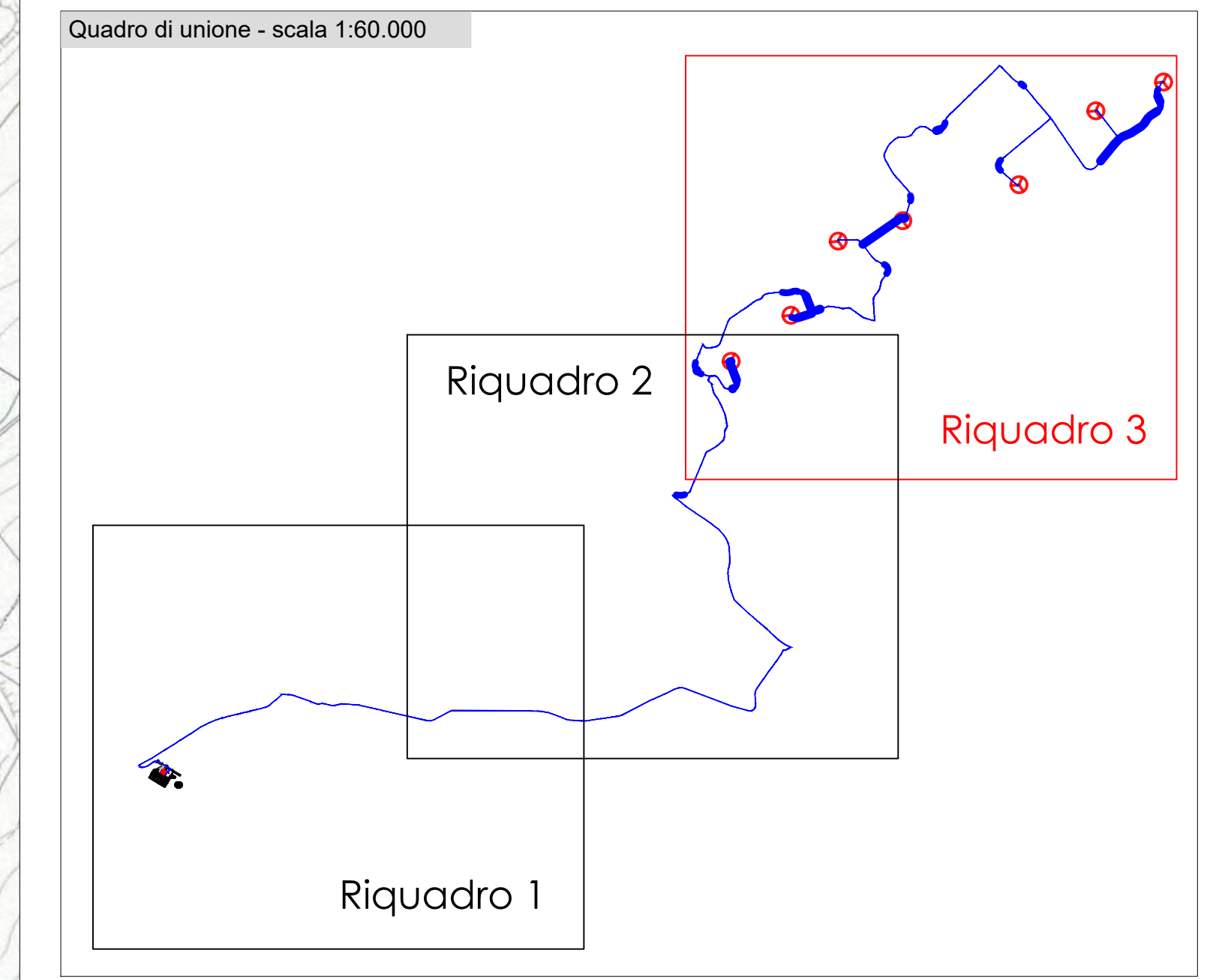
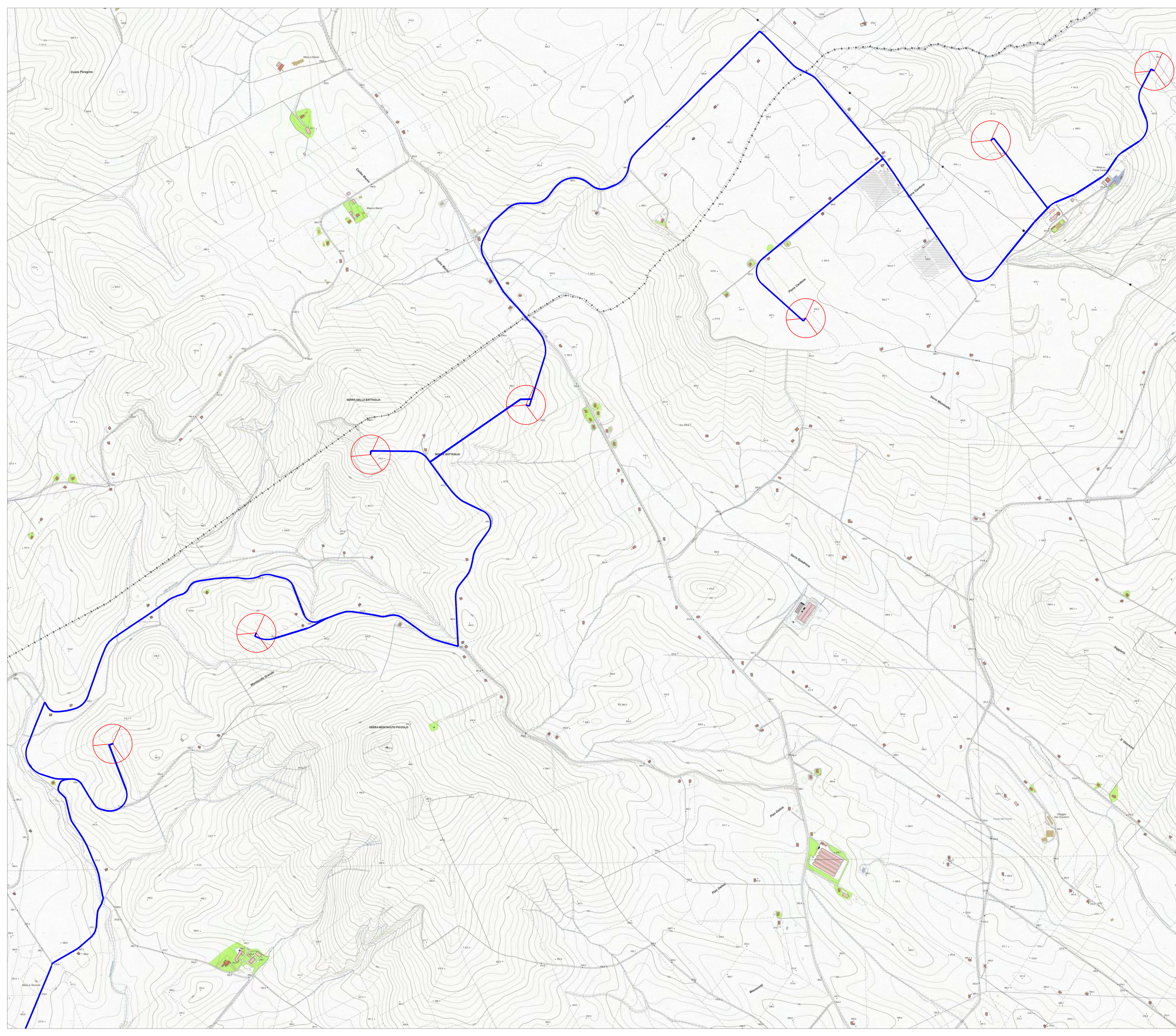
Cod. Prog : IRS 2  
 Cod. Etab. : -  
 SCALA = 1:5.000  
 DATA : Ottobre 2023

Allegato 2: Planimetria catastale rappresentazione grafica della DPA




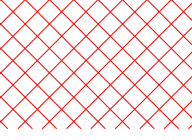
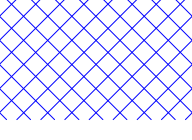
<b>PROPONENTE</b>  <b>WINDERG s.r.l.</b> Via Trento, 64 20871 - Vimercate (MB) P.IVA 04702520968	<b>INCARICO</b>  <b>A.D.R. srls</b> Via Enrico Fermi, 38 85021 Avigliano (PZ) Tel. 0971.700637 email: adr_srls@virgilio.it A.U. : Ing. Rocco Sileo	<b>CONSULENTE PER AdR</b>  <b>TENPROJECT</b> sede legale e operativa San Giorgio del Sannio (BN) via de Casert 17 sede operativa Caserta (CE) via Feltrina snc viale Luigi Dal Bello P.IVA 01518100723 Adesione con numero progressivo quota Certificato N. 85 1883487 Dott. Ing. Nicola Ferraro
--	--	---

Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	05/10/2023	1 emissione	AF	FDM	NF





**LEGENDA PROGETTO**

-  Aerogeneratore - D<sub>Rot.</sub> = 172 mt
-  DPA di 3 m - Cavidotto interrato AT
-  DPA di 3 m - Cavidotto interrato MT
-  DPA di 15 m - Sbarra AT 150 kV - Stazione elettrica
-  DPA di 7 m - Sbarra MT 30 kV - Stazione elettrica

Regione BASILICATA  
 Provincia di Matera  
 COMUNE di IRSINA

  
**IMPIANTO EOLICO**  
**"Sant'Eufemia"**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Cod. Prog : IRS 2  
 Cod. Etab. : -  
 SCALA = 1:5.000  
 DATA: Ottobre 2023

Allegato 3: Planimetria catastale rappresentazione grafica della DPA

<b>PROPONENTE</b>  <b>WinderG s.r.l.</b> Via Trento, 64 20871 - Vimercate (MB) P.IVA 04702520968	<b>INCARICO</b>  <b>A.D.R. srls</b> Via Enrico Fermi, 38 85021 Avigliano (PZ) Tel. 0971.700637 email: adr_irsina@virgilio.it A.U.: Ing. Rocco Sileo	<b>CONSULENTE PER AdR</b>  <b>TENPROJECT</b> sede legale e operativa San Giorgio del Sannio (BN) via de Casert 17 sede operativa Contrada S. E. P. Ac. Nuvoletta s.p.a. via S. Maria P.IVA 01515420723 Adesione con numero progressivo quota Certificato N. 85 1883417 Dott. Ing. Nicola Fortuna
--	---	---

Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
00	05/10/2023	1 emissione	AF	FDM	NF