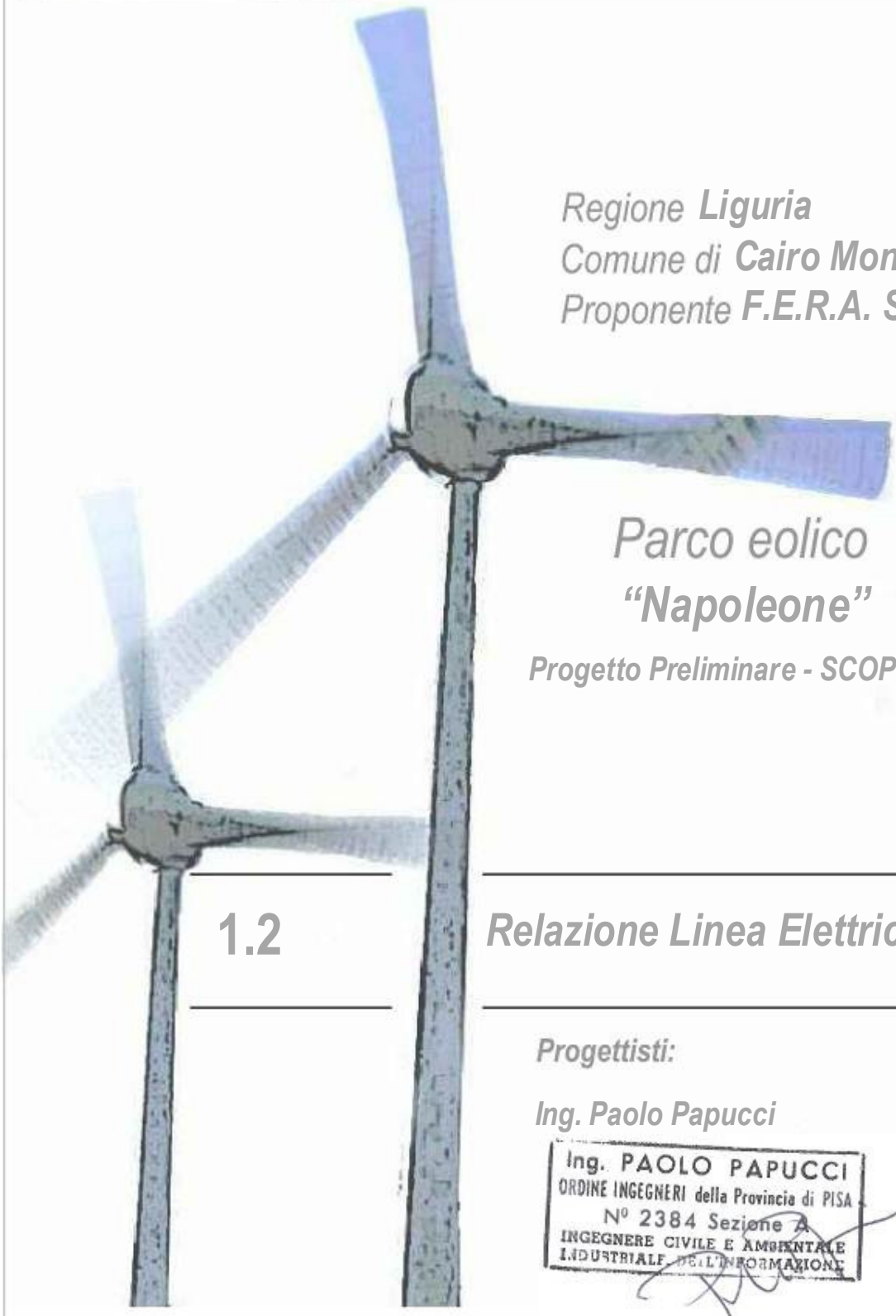
Fabbrica Energie Rinnovabili Alternative S.r.l.
Piazza Cavour, 7 - 20121 Milano
T: +39 02 62690471 F: +39 02 32066804
info@ferasrl.it; www.ferasrl.it
P.IVA 13393960151

GENERAZIONE POSSIBILE

Azienda con sistema di gestione qualità certificato UNI EN ISO 9001:2008 certificati n. 501008849 e 501008850



Regione **Liguria**
Comune di **Cairo Montenotte (SV)**
Proponente **F.E.R.A. S.r.l.**

Parco eolico "Napoleone"

Progetto Preliminare - SCOPING

1.2 Relazione Linea Elettrica

Progettisti:

Ing. Paolo Papucci

Ing. PAOLO PAPUCCI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2384 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE - DELL'INFORMAZIONE

Data	Rev.	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
10.07.2013	A	Prima emissione	A. Paoletti	P. Papucci	F. Bertuccio

Comm. 61 Elaborato: CSN-SCOPING-1.2_relazione linea elettrica

E' vietata la riproduzione del presente documento, anche parziale, con qualsiasi mezzo, senza l'autorizzazione di F.E.R.A. S.r.l.

INDICE

1. INTRODUZIONE 5

2. CARATTERISTICHE GENERATORE EOLICO 5

3. ELETTRODOTTO 8

3.1. IMPIANTI UTENTE (DALLE TORRI ALLE CABINE DI CONSEGNA) 9

3.2. IMPIANTI DI RETE PER LA CONNESSIONE (CONSEGNA DELL'ENERGIA IN AT CON STAZIONE ELETTRICA MT/AT) 12

3.3. CARATTERISTICHE GENERALI CAVI MT IMPIEGATI 13

3.4. SEZIONI TIPO CAVIDOTTO 14

3.5. COMUNI INTERESSATI 17

3.6. PARALLELISMI 17

3.7. INTERSEZIONI 17

3.7.1. INTERSEZIONI CON L'0LEODOTTO 17

3.7.2. INTERSEZIONI CON I CORSI D'ACQUA 19

3.7.3. INTERSEZIONI CON I CORSI D'ACQUA RAMO 1 E RAMO 2 19

3.8. PIANO DI FABBRICAZIONE DEL COMUNE DI GIUSVALLA 36

3.8.1. ZONA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA 36

4. RELAZIONE TECNICA SUL CAMPO ELETTROMAGNETICO 37

5. ELABORATI COLLEGATI 40

6. PRINCIPALI NORME E DISPOSIZIONI DI RIFERIMENTO 40

ALLEGATO 1 41

1. INTRODUZIONE

Il presente documento illustra le opere relative alla realizzazione di linee interrate in cavo di media tensione (MT) per l'evacuazione dell'energia dalle torri fino al punto di connessione, ed la susseguente edificazione della sottostazione di consegna e trasformazione necessaria connessione AT alla rete di Trasmissione gestita da Terna di un nuovo parco eolico situato nel Comune di Savona.

La centrale eolica sarà composta da 10 aerogeneratori di grossa taglia; in fase progettuale, dopo un'attenta analisi, sono state scelte macchine di potenza massima pari a 2,35 MW per una potenza totale del parco di 23,5 MW.

Il posizionamento delle torri, è stato studiato per sfruttare nel modo ottimale la direzione dei venti prevalenti.

2. CARATTERISTICHE GENERATORE EOLICO

Come si può notare dello schema riportato in Figura 1, tra il generatore sincrono della torre, il quale eroga energia elettrica a 400 V, ed il trasformatore in uscita, che ne eleva il valore in tensione a 20 kV, sono presenti un raddrizzatore ed un inverter, i quali regolano il valore di frequenza in uscita (portandolo al valore standard di 50 Hz) e l'energia reattiva erogata dalla macchina.

All'uscita del trasformatore, dopo l'interruttore automatico di macchina, è presente una sbarra di connessione, dove è possibile innestare il cavo MT che connette una torre eolica alla successiva.

Come previsto dalla CEI 11-1 è necessario prevedere una rete di terra.

La funzione della rete di terra è quello di ridurre la tensione a valori ammissibili, evitando il pericolo di folgorazione per le persone che transitano per l'impianto, e sovratensioni indesiderate sulle apparecchiature; la sua struttura è unica tanto per la massa metallica quanto per la messa a terra del neutro di aerogeneratore e trasformatore.

Il sistema di messa a terra è costituito da un cavo di acciaio zincato a formare un anello di dimensioni in accordo con la norma DIN 57185 parte 1; collegati a questo anello, medianti bulloni vi sono connettori di acciaio zincato.

Il collocamento di tale struttura è nelle fondazioni all'interno della massa di calcestruzzo.

In accordo con il criterio di sicurezza del personale, oltre che a quanto previsto nel MIE-RAT-13 del RCE, sono state collegate a terra tutte le parti metalliche non soggette normalmente a

tensione e che possono esserlo a causa di avarie, incidenti, sovratensioni per scariche atmosferiche o tensioni indotte. Sono quindi connessi a terra gli elementi seguenti:

- Telaio e supporti di tutti gli apparati di manovra;
- Avvolgimenti di tutti i giunti delle scatole metalliche;
- Contenitori e chiusure metalliche;
- Strutture metalliche, torre, supporti, ecc.;
- Parti metalliche collegate ai cavi;
- Tubi e condutture metalliche;
- Cassa del trasformatore, generatore, motori e altre macchine;

Sono state collegate direttamente alla terra senza parti intermedie i seguenti elementi:

- Neutro del trasformatore di potenza;
- Neutro del trasformatore di misura e protezione;
- Derivazione a terra dei sezionatori di messa a terra;
- Messa a terra delle autovalvole;
- Messa a terra della linea.

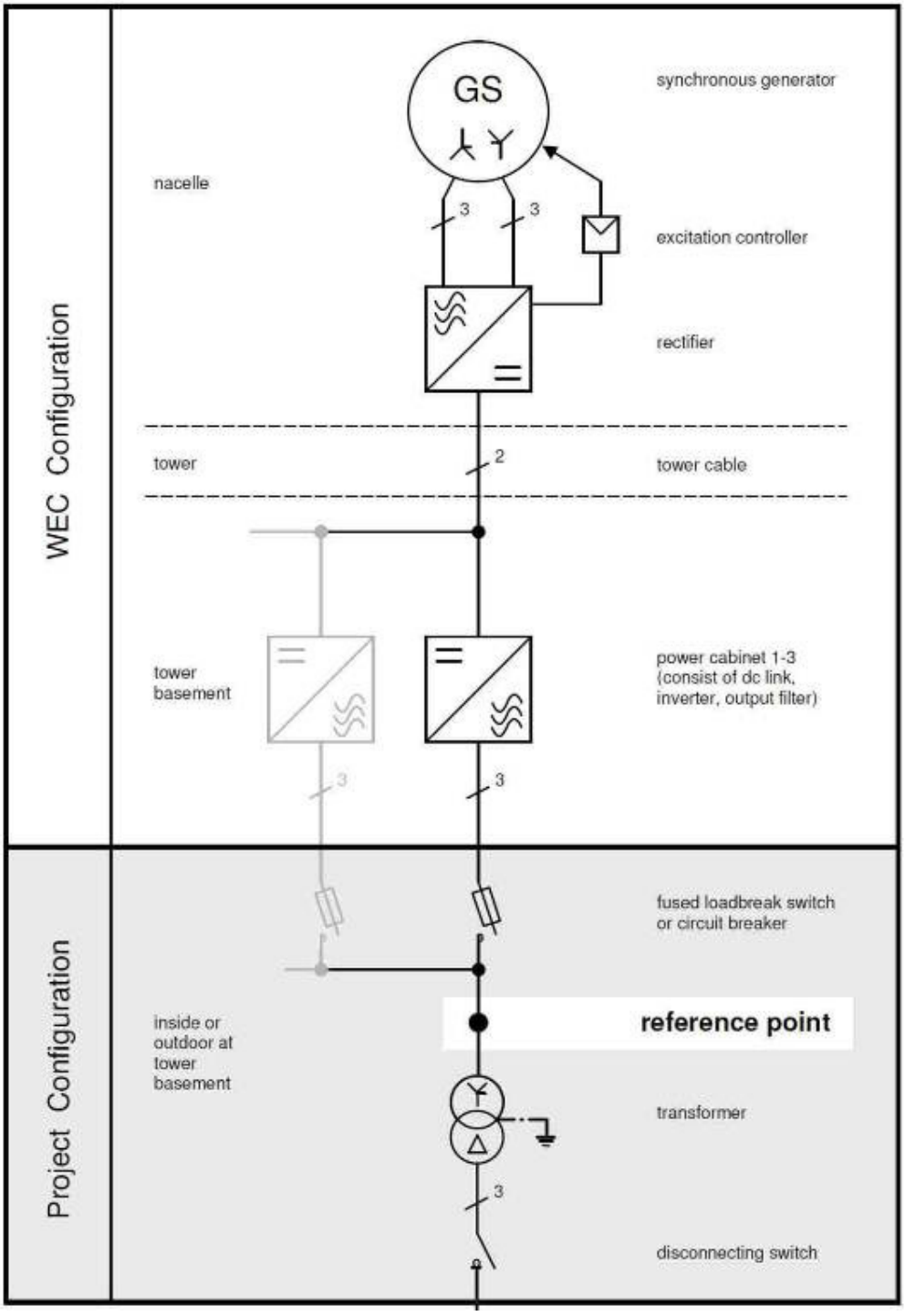


Figura 1: Schema elettrico aerogeneratore

3. ELETTRODOTTO

Il progetto proposto prevede l'installazione di dieci nuovi aerogeneratori aventi potenza nominale massima unitaria di 2.350 kW.

La parte di elettrodotto interrato MT tra le torri si estende sia su strade già esistenti da adeguare, sia su vie appositamente tracciate per il raggiungimento dei punti torre. Nella disposizione delle torri è stato tenuto conto della vicinanza dalla viabilità già esistente per minimizzare l'impatto con l'ambiente circostante riducendo al minimo possibile le nuove opere (Figura 2).

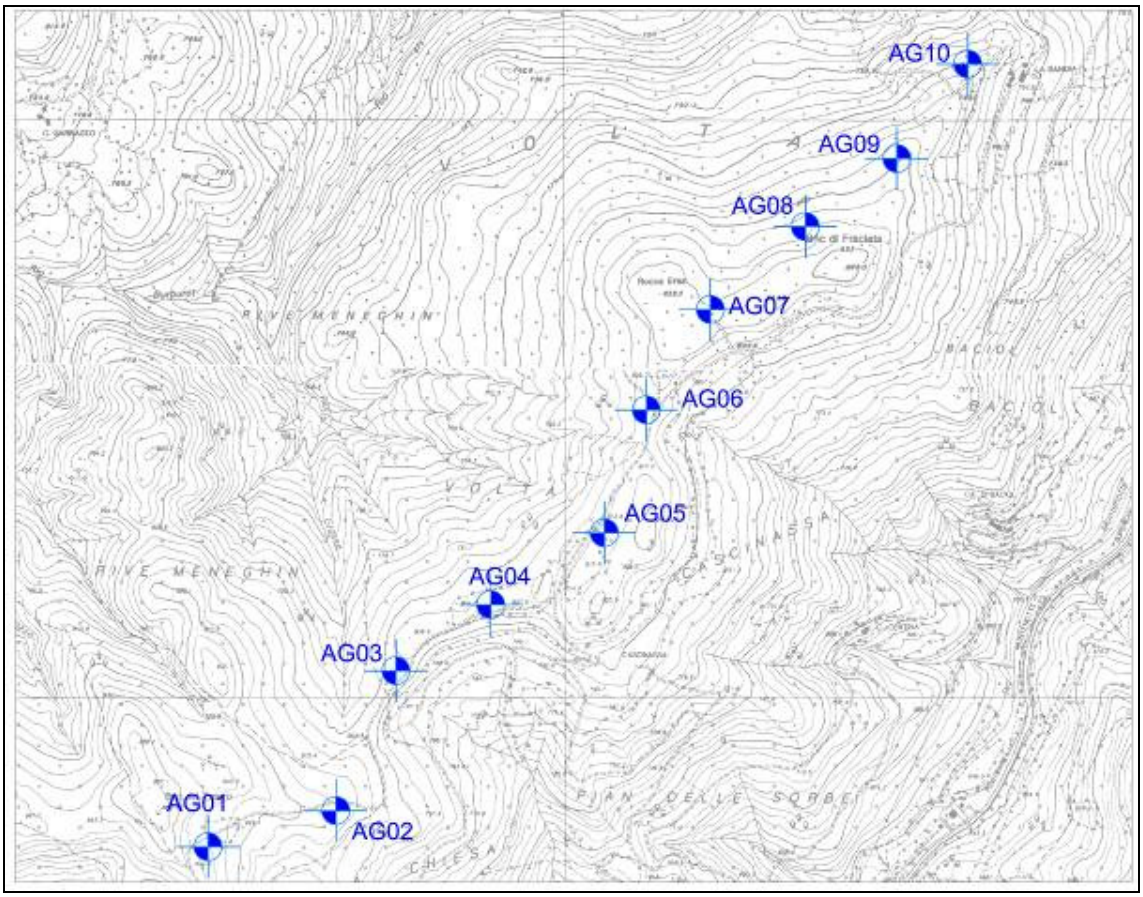


Figura 2 – Estratto su CTR con il posizionamento degli aerogeneratori a progetto

Nel caso specifico la connessione tra le torri e la cabina di consegna è effettuata mediante due cavidotti separati cosi costituiti:

- "Ramo 1": AG1, AG2, AG3, AG4, AG5
- "Ramo 2": AG6, AG7, AG8, AG9, AG10

3.1. IMPIANTI UTENTE (DALLE TORRI ALLE CABINE DI CONSEGNA)

Ciascun ramo collega gli aerogeneratori che ne fanno parte mediante un cavo interrato MT posato in tubo corrugato in PVC; in uscita dal trasformatore dell'ultima torre il medesimo cavidotto si sviluppa verso la cabina di consegna, per i due rami queste distanze complessive sono rispettivamente:

- Ramo 1 – 8196 metri
- Ramo 2 – 6588 metri

Per maggiori dettagli sul percorso dell'elettrodotto in questione si rimanda alla tavola 2.5_Planimetria linea elettrica su CTR; in Figura 3 è riportato un estratto della tavola stessa.

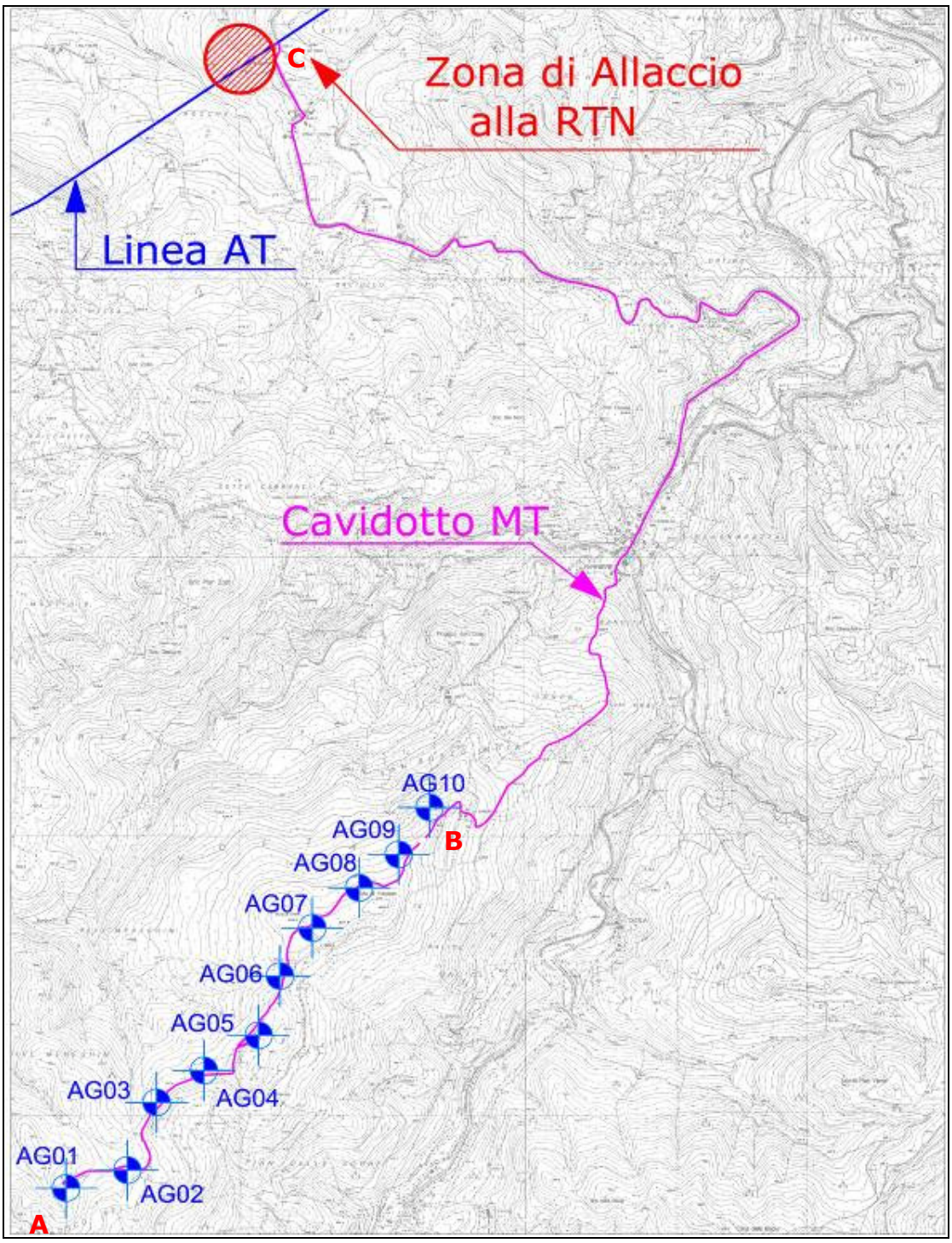


Figura 3 - Estratto su CTR con posizionamento degli aerogeneratori a progetto e percorso del cavidotto fino alla cabina di consegna

La stazione elettrica sarà collocata in una zona limitrofa alla linea aerea AT esistente di Terna Spa nel comune di Giusvalla (Figura 4); l'area interessata dalla nuova realizzazione è in Figura 5.



Figura 4 – Area stazione elettrica nel comune di Giusvalla e linea AT 132 kV



Figura 5 – Foto particolare dell'area della cabina di consegna

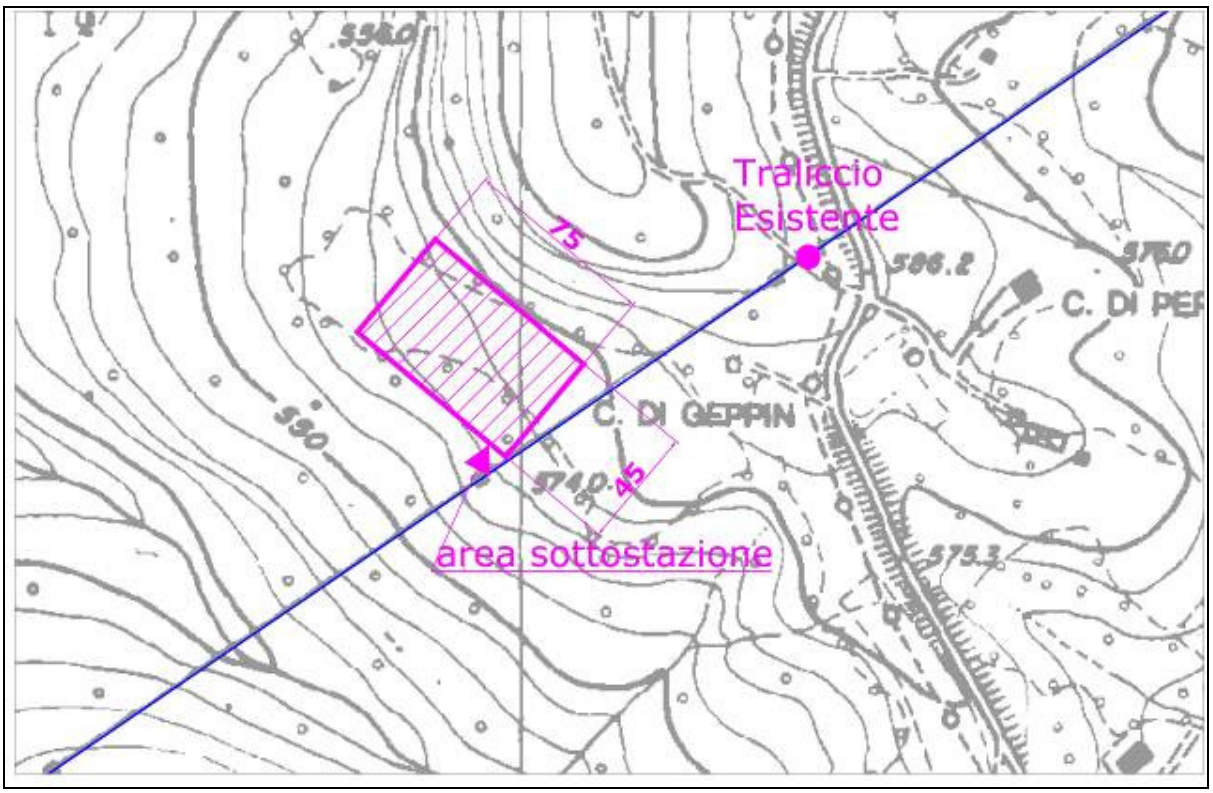


Figura 6 - Estratto su CTR posizione della cabina di consegna

3.2. IMPIANTI DI RETE PER LA CONNESSIONE (CONSEGNA DELL'ENERGIA IN AT CON STAZIONE ELETTRICA MT/AT)

La connessione del parco eolico alla rete AT di Enel Distribuzione sarà effettuata tramite la sottostazione elettrica, da posizionare nella zona di Figura 4 e Figura 5. La zona nel Comune di Giusvalla è idonea alla costruzione della cabina in quanto è:

- posizionata in area sub-pianeggiante,
- immediatamente a ridosso della linea AT aerea di Terna Spa,
- nascosta rispetto alle abitazioni vicine in quanto schermata da fitta vegetazione;

La Sottostazione in oggetto avrà le dimensioni riportate in Figura 6.

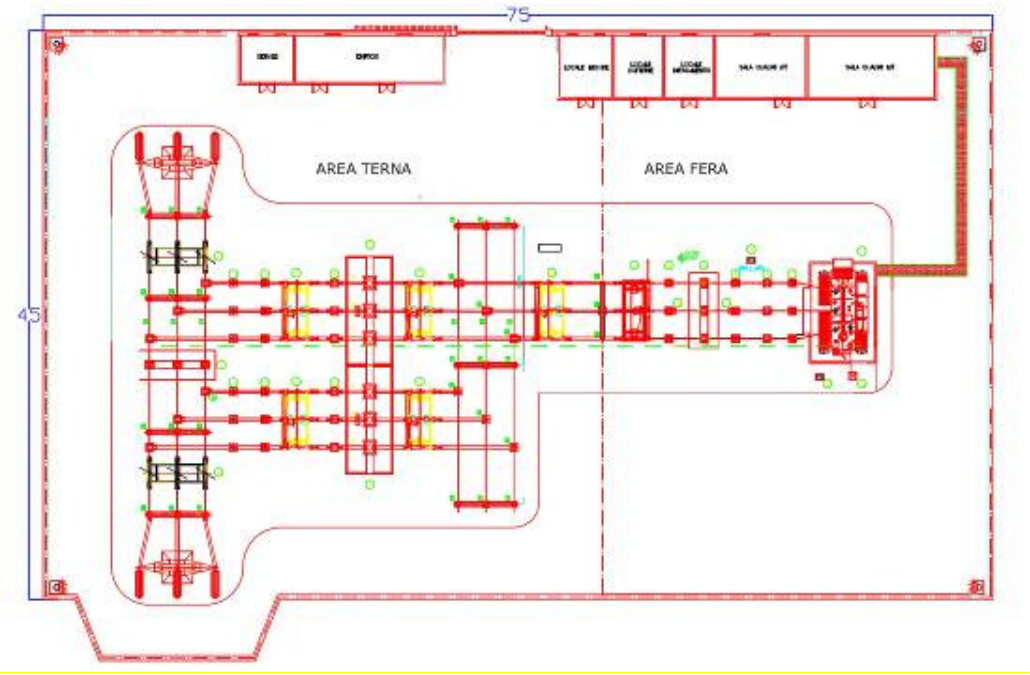


Figura 7 – Cabina elettrica di consegna dell'energia in Alta Tensione con quote in metri

I cavidotti provenienti dal ramo 1 e dal ramo 2 convergono nella sottostazione dove l'energia viene immessa sulla linea aerea AT esistente attraverso una sopraelavazione di tensione da 20 kV a 132 kV.

3.3. CARATTERISTICHE GENERALI CAVI MT IMPIEGATI

Le caratteristiche del cavo interrato usato per realizzare la linea elettrica in media tensione di collegamento tra l'impianto di generazione e la stazione di trasformazione sono:

- tipo di cavo: ARE4H1RX – 12/20 kV – tripolare in alluminio;
- sezioni 185 e 240 mmq
- tipo di isolante: Estruso classe 2;
- tipo di posa: Cavo interrato in tubo corrugato;
- tensione linea: 20 kV;
- frequenza: 50 Hz.

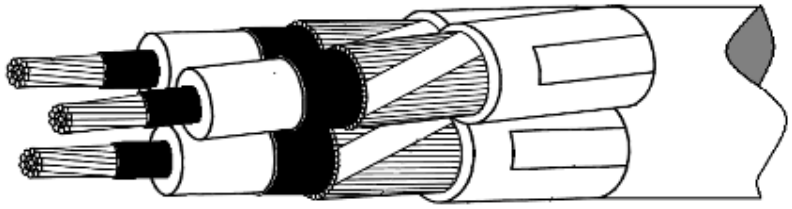


Figura 8 – Dettaglio cavo elettrico

3.4. SEZIONI TIPO CAVIDOTTO

I vari elettrodotti interrati si sviluppano ad una profondità media di 1 m; i tracciati percorrono piste ricavate su strade sterrate, terreni agricoli e strade asfaltate. In merito a ciò, si riportano di seguito le sezioni tipo che si trovano lungo tracciato dell'elettrodotto. In riferimento ai tratti indicati in Figura 3

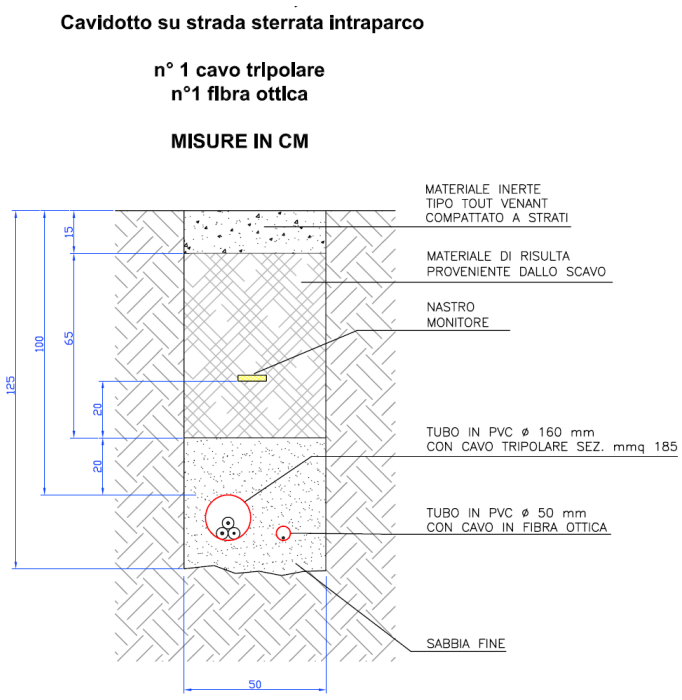


*Figura 9 – **TRATTO AB**. Sezione tipo cavidotto singolo cavo tripolare su strada sterrata intraparco*

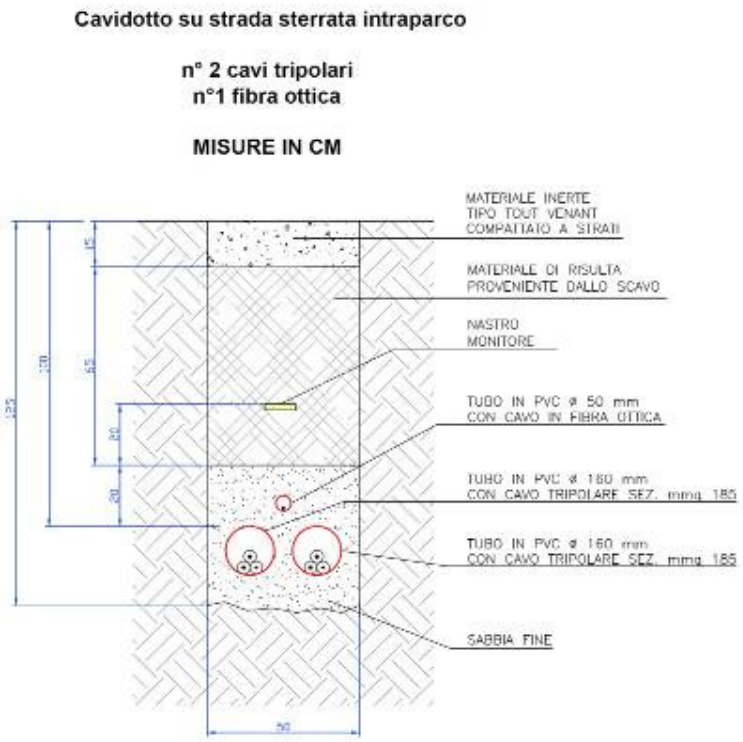


*Figura 10 – **TRATTO AB**. Sezione tipo cavidotto doppio cavo tripolare su strada sterrata intraparco*

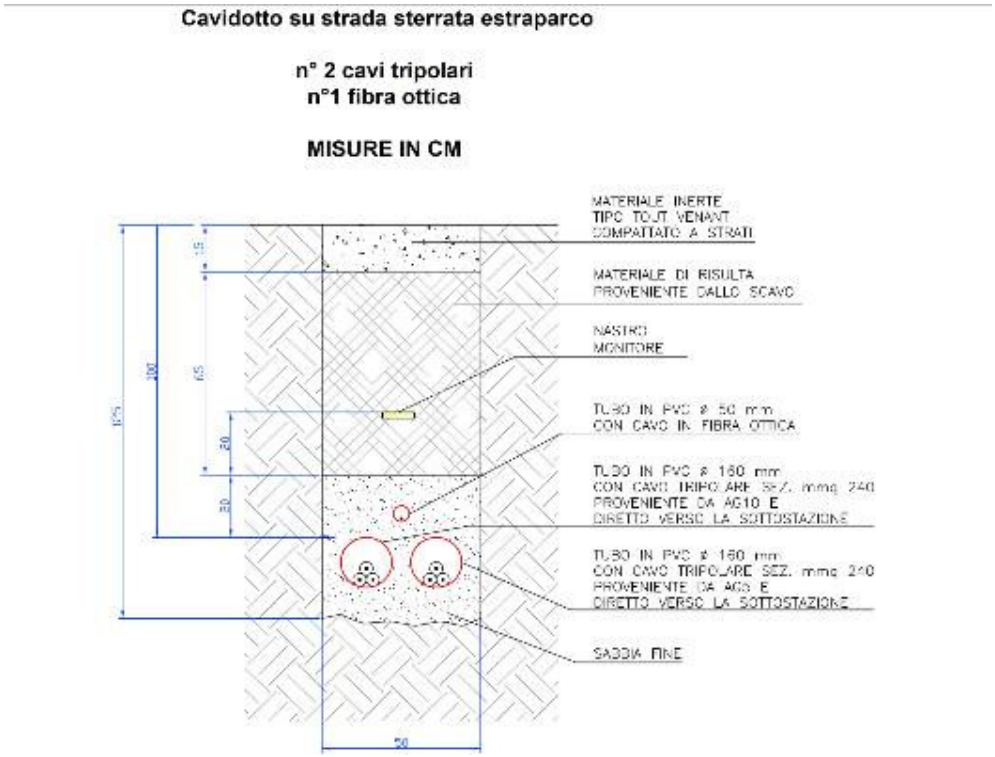


*Figura 11 – **TRATTO BC**. Sezione tipo cavidotto doppio cavo tripolare su strada sterrata estraparco*

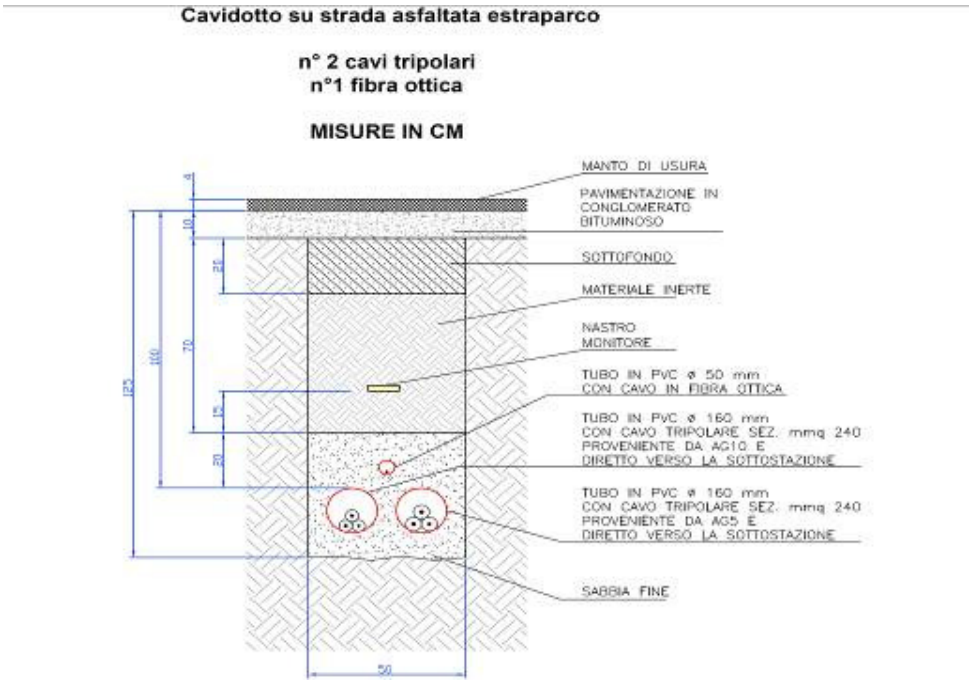


*Figura 12 – **TRATTO BC**. Sez. tipo cavidotto doppio cavo tripolare su strada asfaltata estraparco*

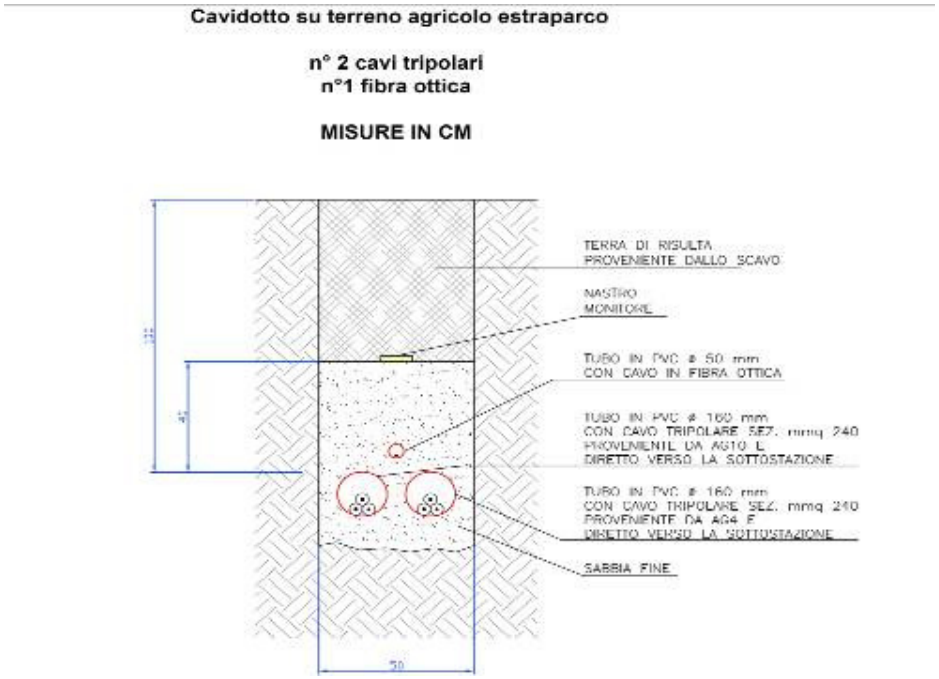


*Figura 13 – **TRATTO BC**. Sez. tipo cavidotto doppio cavo tripolare su terreno agricolo estraparco*

3.5. COMUNI INTERESSATI

I comuni coinvolti dalle nuove linee MT sono il Comune di Cairo Montenotte (SV), il Comune di Pontinvrea (SV) ed il Comune di Giusvalla (SV).

3.6. PARALLELISMI

Il percorso dell'elettrodotto complessivo percorre le seguenti strade:

- Strada vicinale, Altare - Ferriera;
- Strada vicinale, Miera - Cascinassa;
- Strada vicinale, Cascinassa - Bandia;
- Strada Montenotte – Baciol – Bandia – Ferriera
- Strada Provinciale 41
- Via Nanin
- Strada vicinale Vernei

3.7. INTERSEZIONI

Lungo il suo percorso dell'elettrodotto di collegamento tra la cabina di consegna e la Sottostazione di ENEL interseca le seguenti opere:

- Intersezione con oleodotto Treccate-Savona
- Intersezione con 8 corsi d'acqua

3.7.1. INTERSEZIONI CON L'0LEODOTTO

Le modalità di attraversamento del cavidotto interrato con l'oleodotto Treccate-Savona sono allo stato attuale in fase di progettazione condivisa con Sarpom Srl proprietaria dell'oleodotto. La progettazione sarà eseguita nel rispetto delle normative vigenti e delle prescrizioni tecniche che normalmente ogni azienda cerca di adottare, per la sicurezza sia in fase di esercizio che in caso di manutenzione dell'infrastruttura.

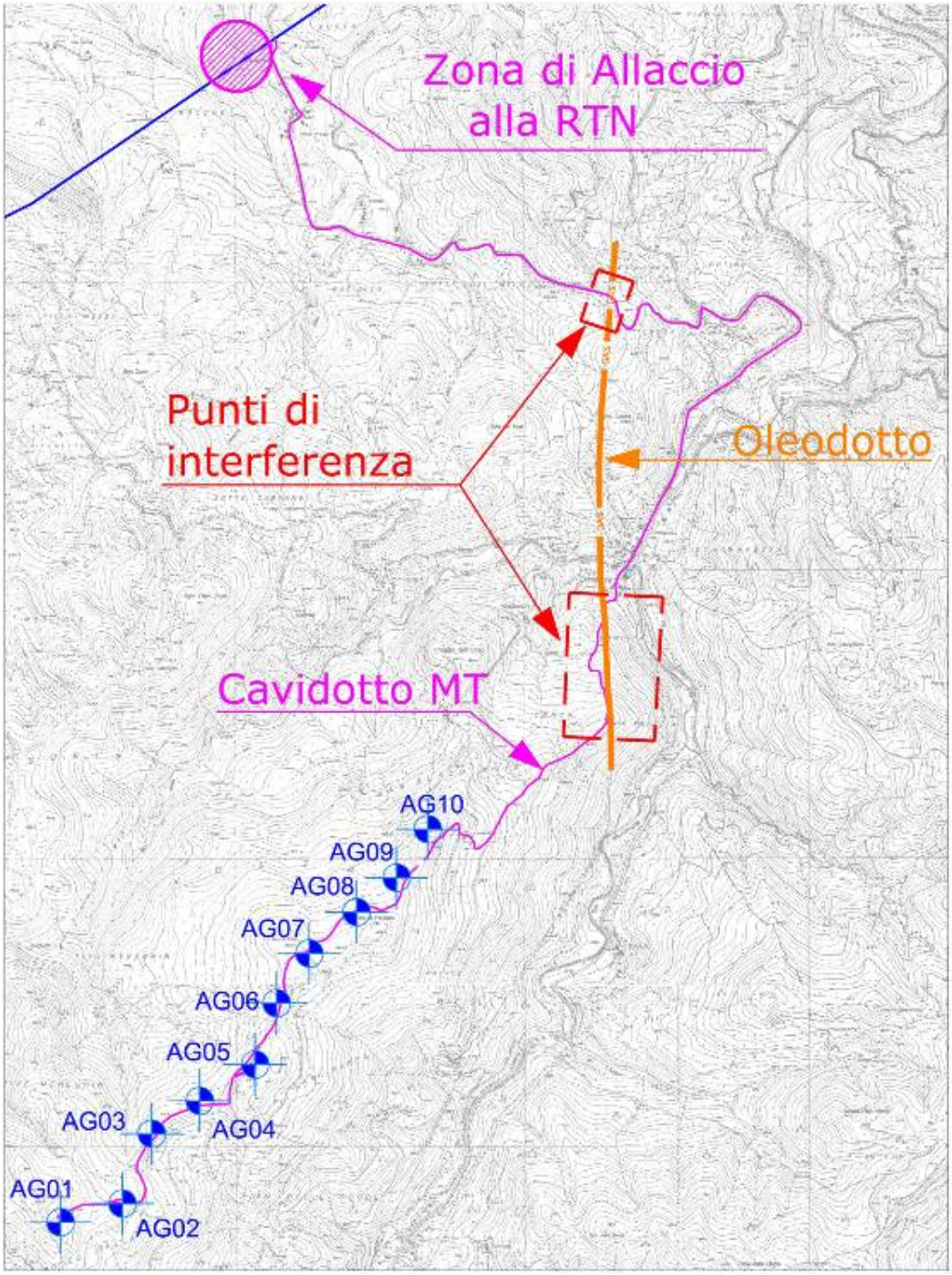


Figura 14 – Cavidotto interrato, intersezione con oleodotto

3.7.2. INTERSEZIONI CON I CORSI D'ACQUA

Come si può evincere dagli estratti su CTR riportati in Figura 15, il percorso dei cavidotti interseca alcuni dei corsi d'acqua presenti nell'area; nello specifico, le uniche parti che sono interessate da tale aspetto sono quelle estraparco.

3.7.3. INTERSEZIONI CON I CORSI D'ACQUA RAMO 1 E RAMO 2

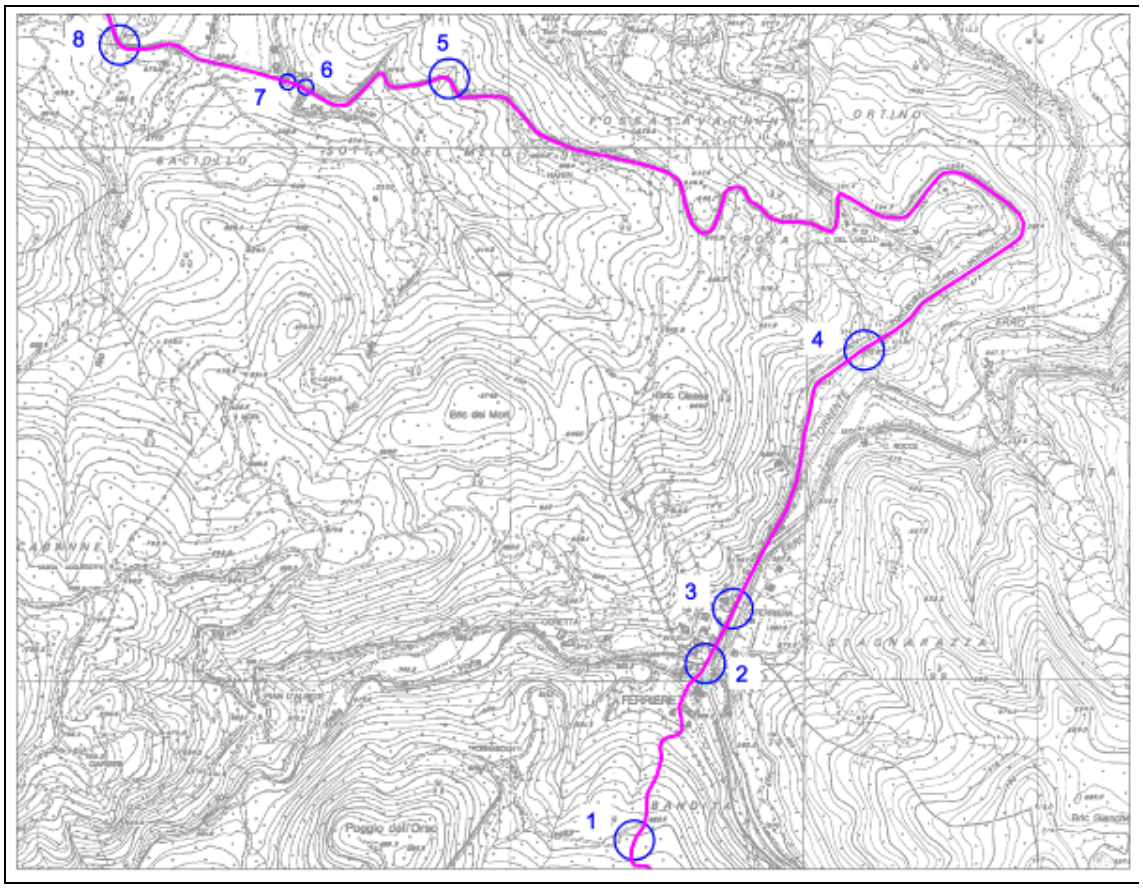


Figura 15 – Cavidotto interrato, attraversamento dei corsi d'acqua

Per quanto riguarda gli attraversamenti del cavidotto lungo il suo percorso, con i corsi d'acqua, evidenziati nella Figura 16, le modalità scelte sono 3:

- attraversamento su spalletta,
- attraversamento a profondità ridotta,
- attraversamento in subalveo.

Per ogni attraversamento, in fase di realizzazione, sarà scelta una delle tre modalità riportata nelle Figure 16-17-18.

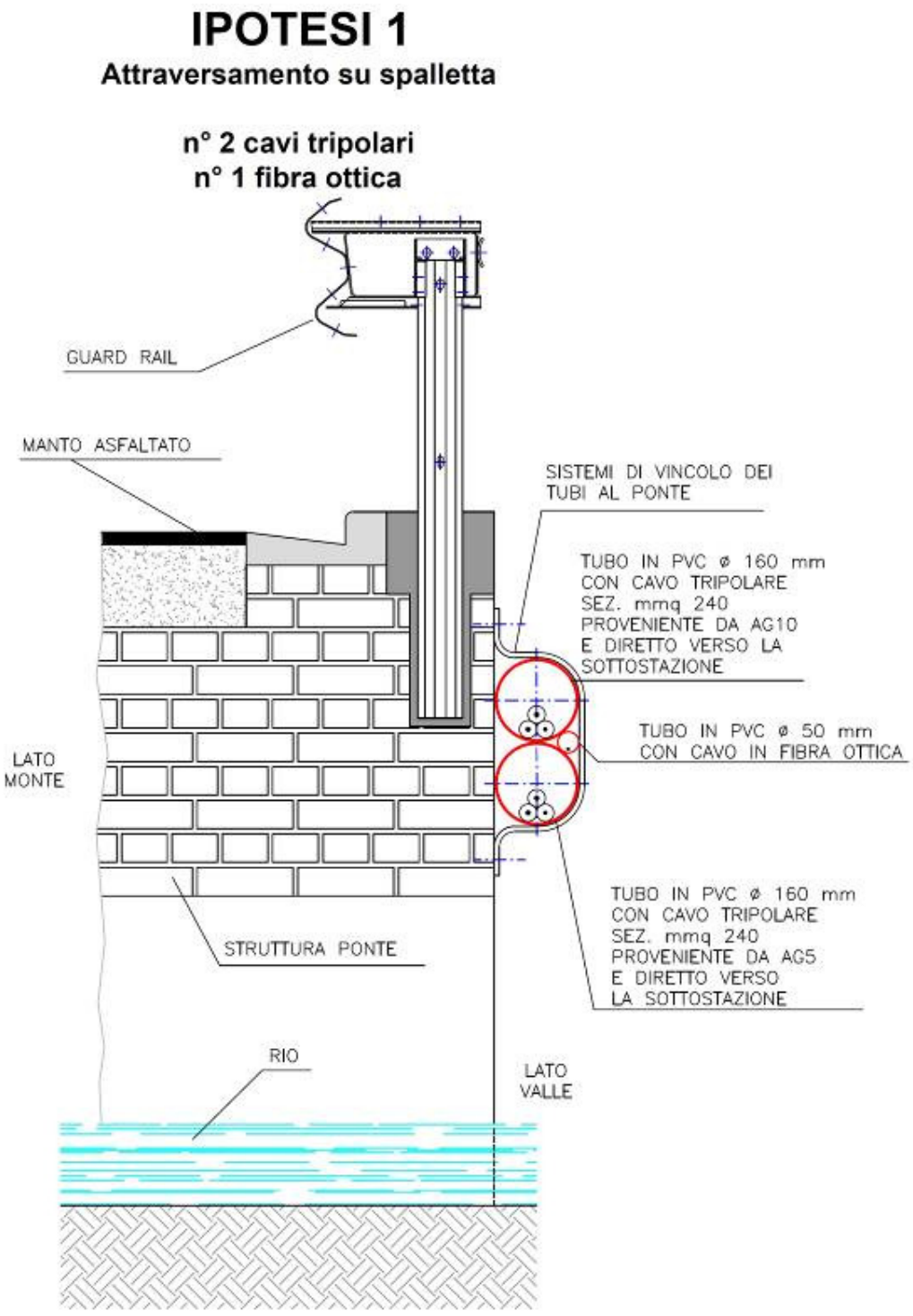


Figura 17 – Attraversamento su spalletta

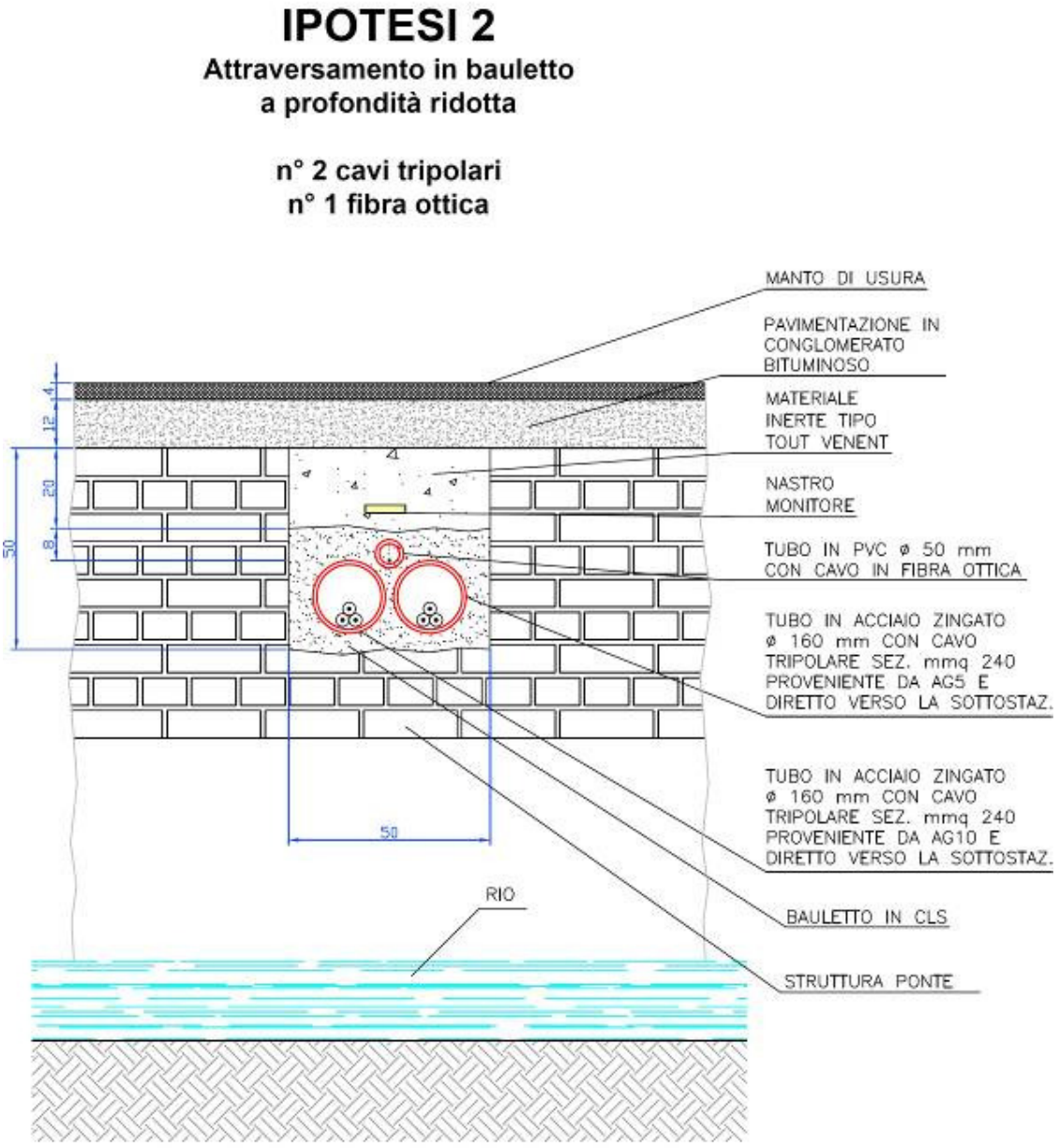


Figura 18 - Attraversamenti a profondità ridotta

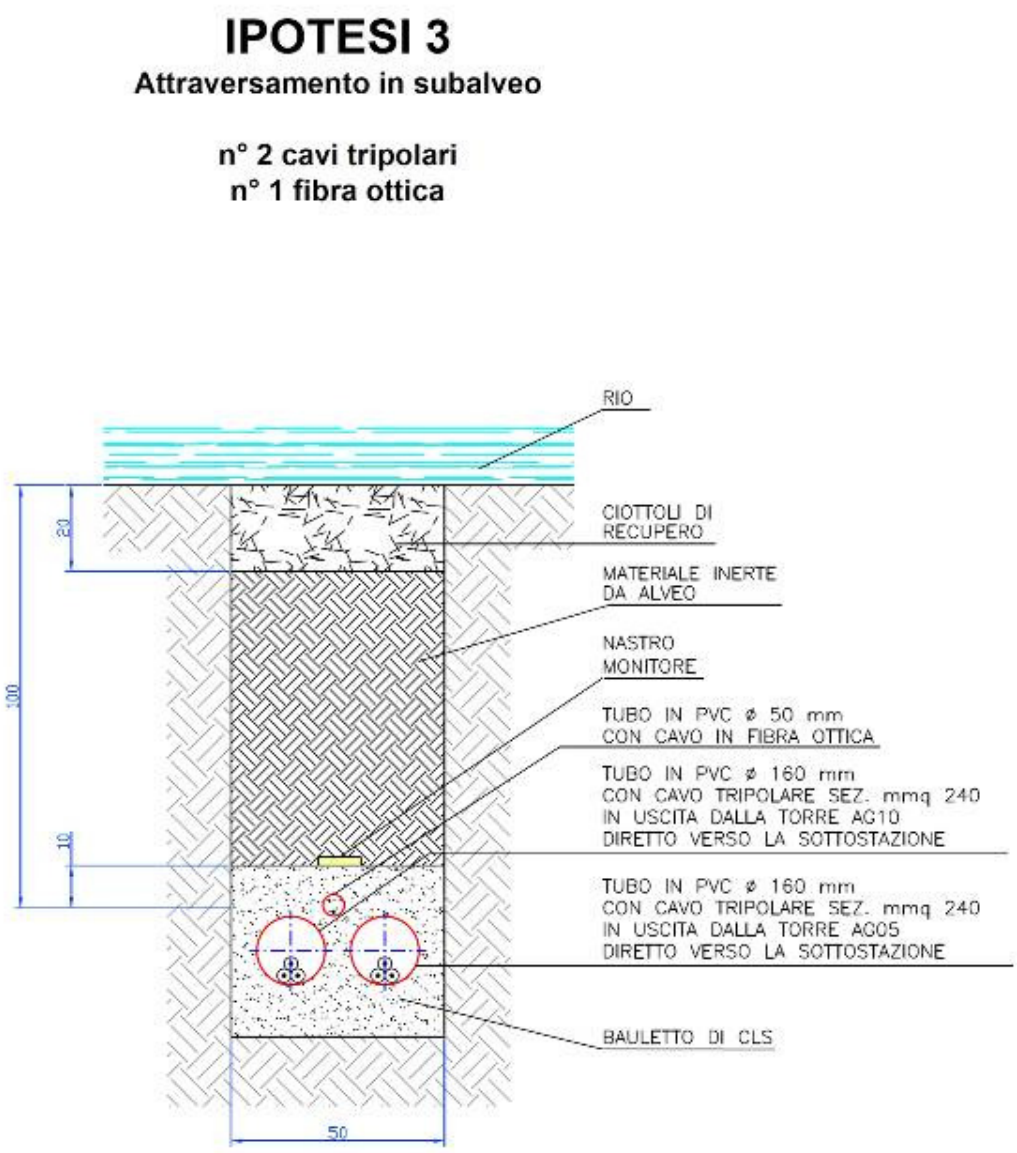


Figura 19 – Foto attraversamento in subalveo

3.7.3.1. Attraversamento 1. Rio della Ferriera

- coordinate piane in UTM-WGS84 (Fuso 32): 453227 E, 4917469 N



Figura 20 – Orto-foto attraversamento 1

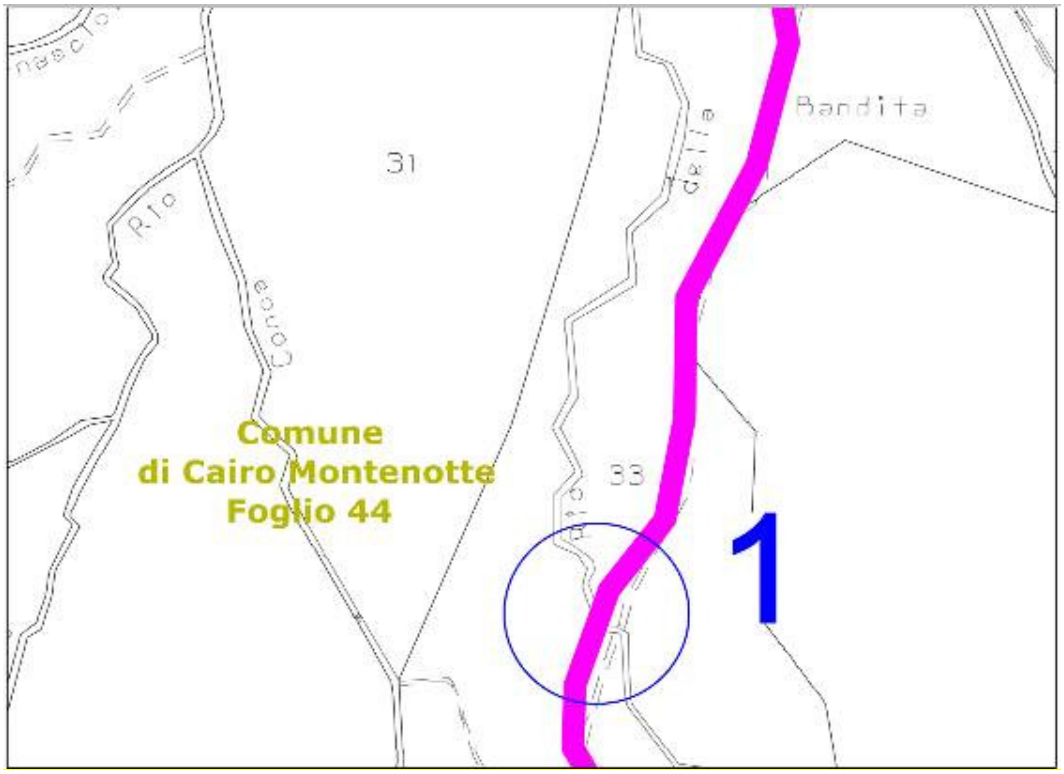


Figura 21 – Catastale attraversamento 1

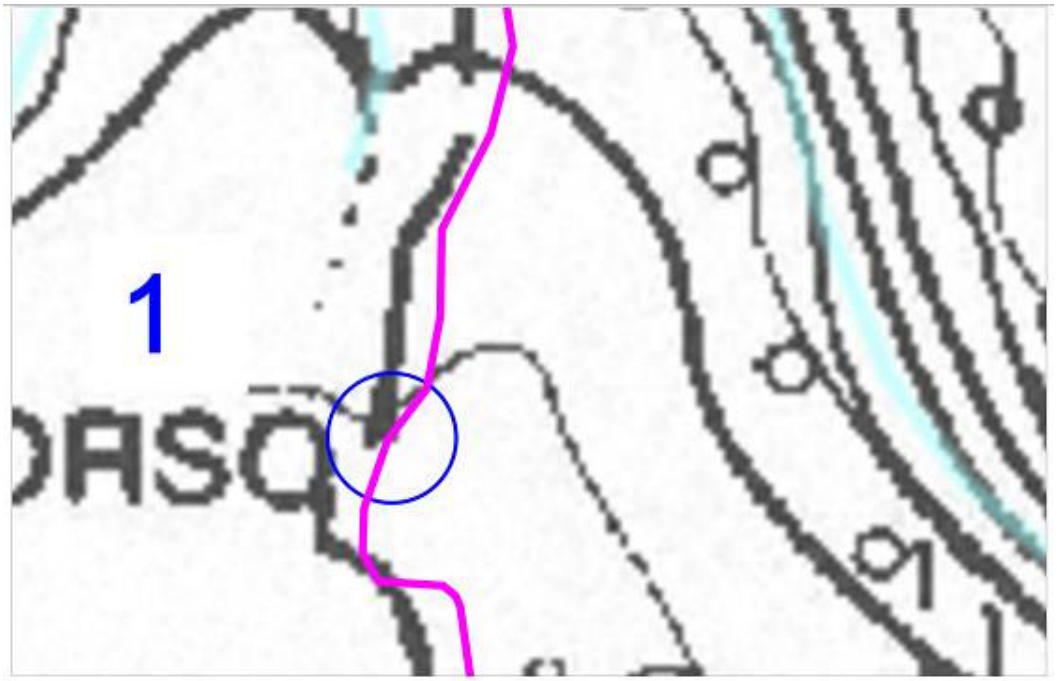


Figura 22 – Stralcio reticolo idrografico

Come si evince dalle mappe, il rio è riportato nello stralcio del foglio catastale ma non sulla carta del reticolo idrografico.

3.7.3.2. Attraversamento 2. Rio della Volta

- coordinate piane in UTM-WGS84 (Fuso 32): 453290 E, 4917833 N



Figura 23 – Foto attraversamento 2

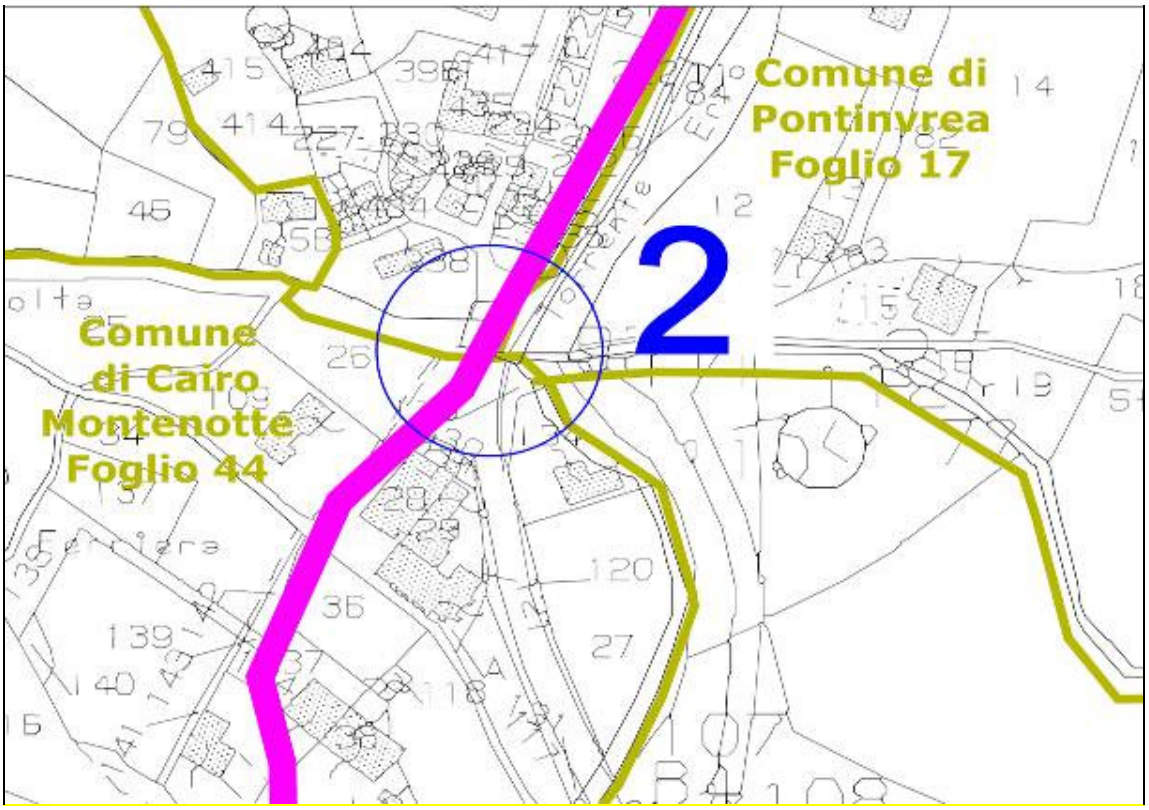


Figura 24 – Catastale attraversamento 2



Figura 25 – Stralcio reticolo idrografico

3.7.3.3. Attraversamento 3.

coordinate piane in UTM-WGS84 (Fuso 32): 453345 E, 4917469 N



Figura 26 – Foto attraversamento 3

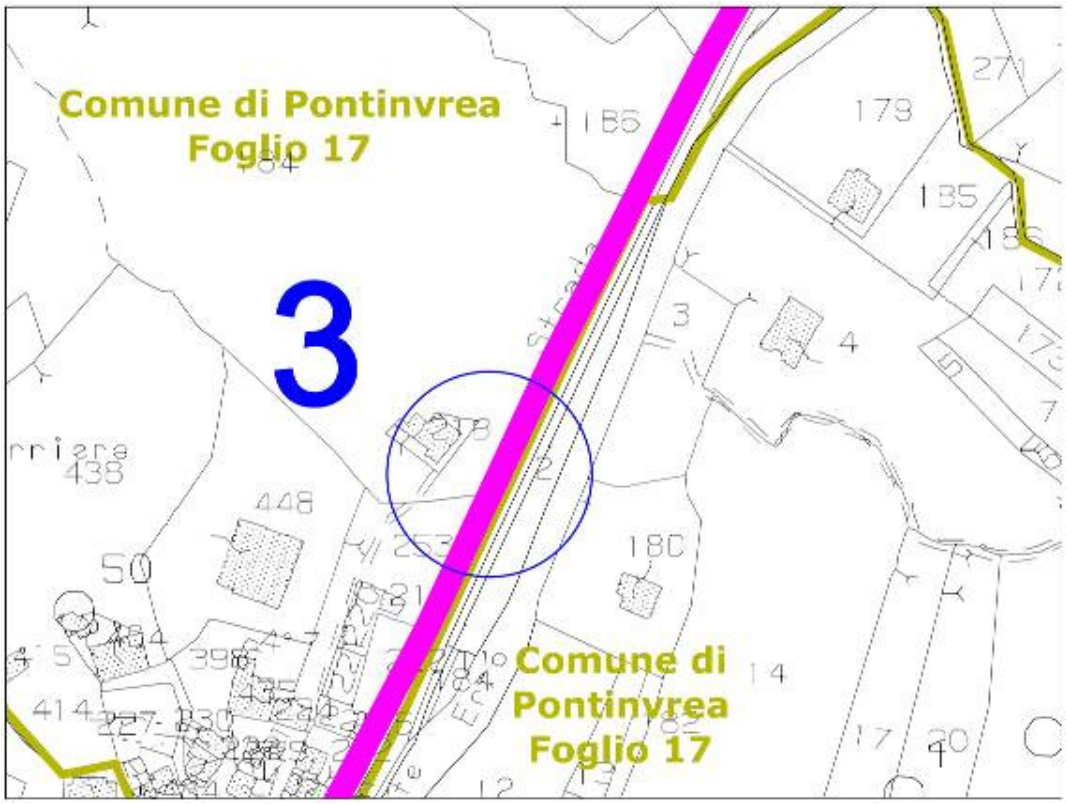


Figura 27 – Attraversamento 3 su carta catastale



Figura 28 – Stralcio reticolo idrografico

Come si evince dalla cartografia presentata, il rio presente sullo stralcio del reticolo idrografico, in questo caso non è riportato sulla planimetria catastale.

3.7.3.4. Attraversamento 4.

coordinate piane in UTM-WGS84 (Fuso 32): 453605 E, 4918438 N



Figura 29 –Foto attraversamento 4

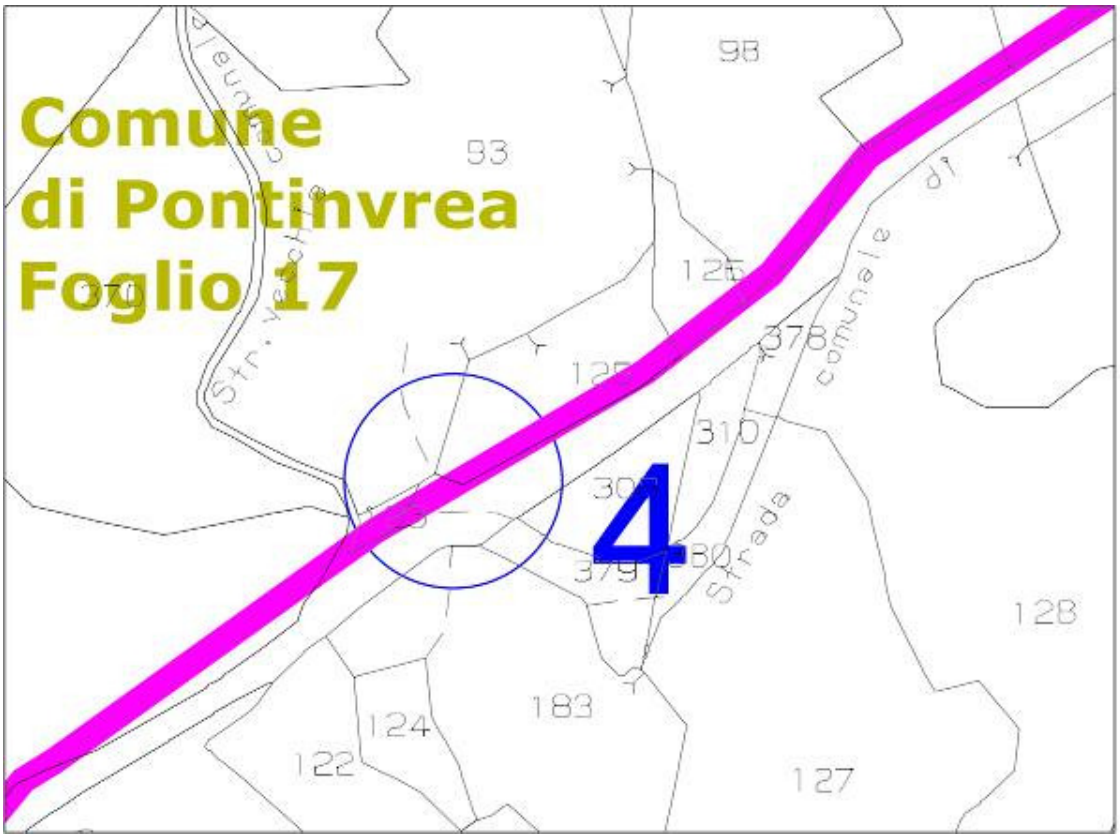


Figura 30 – Attraversamento 4 su carta catastale



Figura 31 – Stralcio reticolo idrografico

Come si evince dalla cartografia presentata, il rio presente sullo stralcio del reticolo idrografico, in questo caso non è riportato sulla planimetria catastale.

3.7.3.5. Attraversamento 5.

coordinate piane in UTM-WGS84 (Fuso 32): 452816 E, 4918938 N



Figura 32 – Foto attraversamento 5

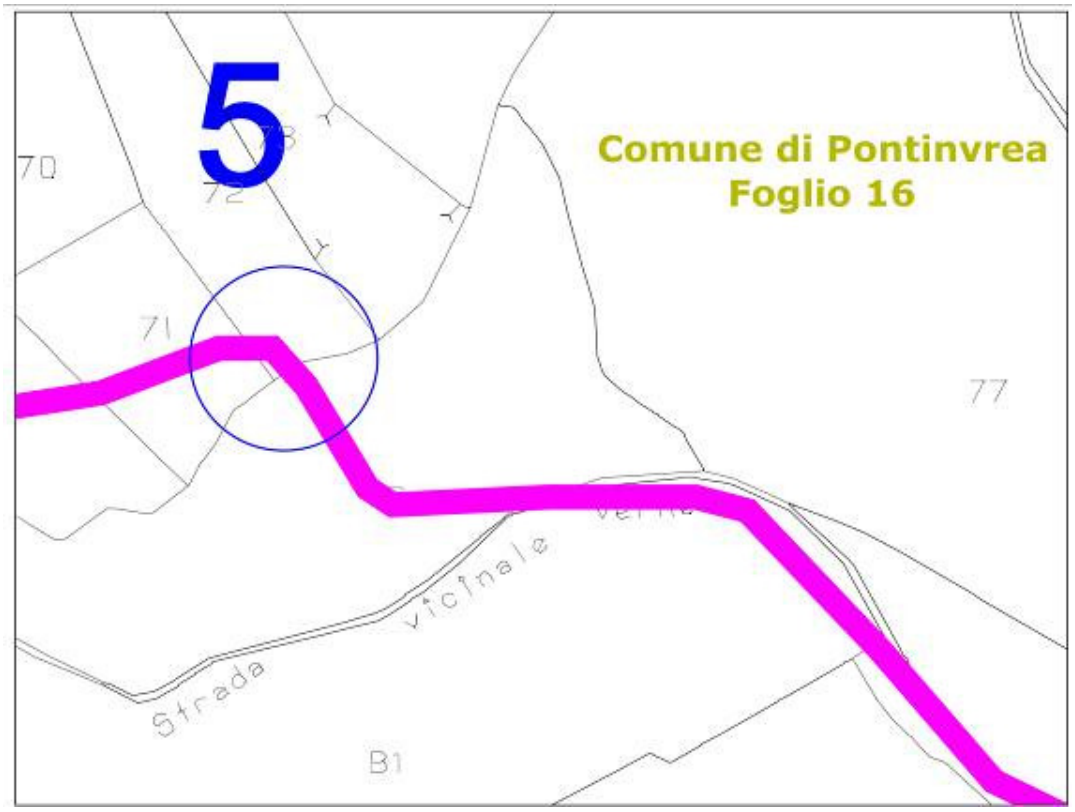


Figura 33 – Attraversamento 5 su carta catastale

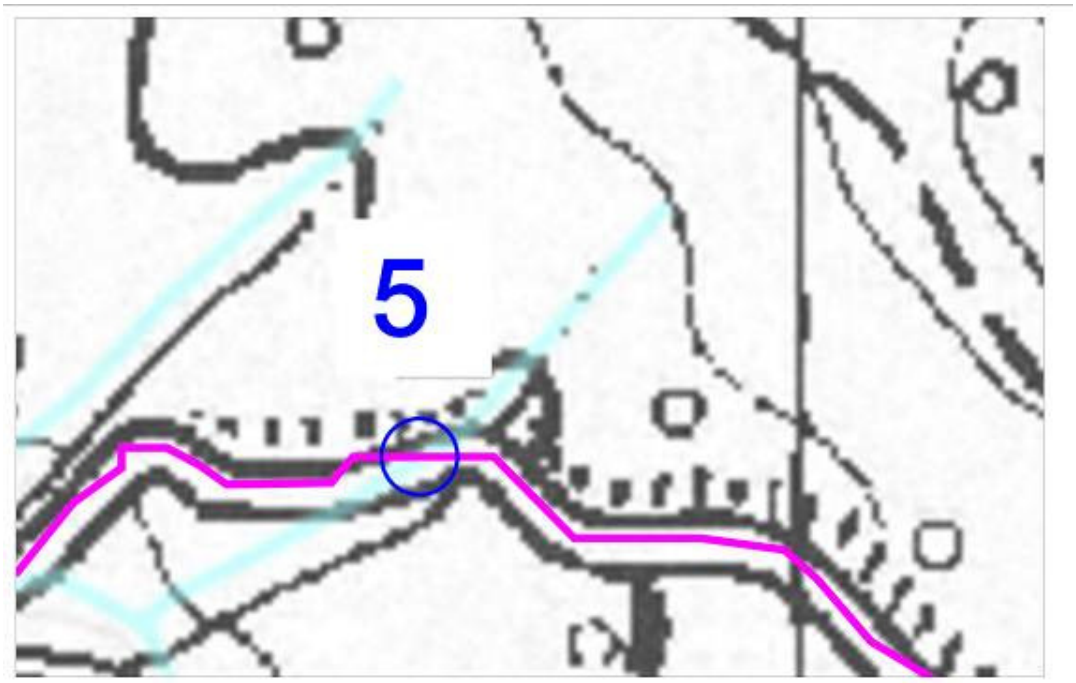


Figura 34 – Stralcio reticolo idrografico

Come si evince dalla cartografia presentata, il rio presente sullo stralcio del reticolo idrografico, in questo caso non è evidenziato sulla planimetria catastale.

3.7.3.6. Attraversamenti 6 e 7. Rio Savia

coordinate piane in UTM-WGS84 (Fuso 32): Punto 6. 452544 E, 4918921 N

Punto 7. 452507 E, 4918930 N



Figura 35 – Foto attraversamento 6



Figura 36 – Foto attraversamento 7

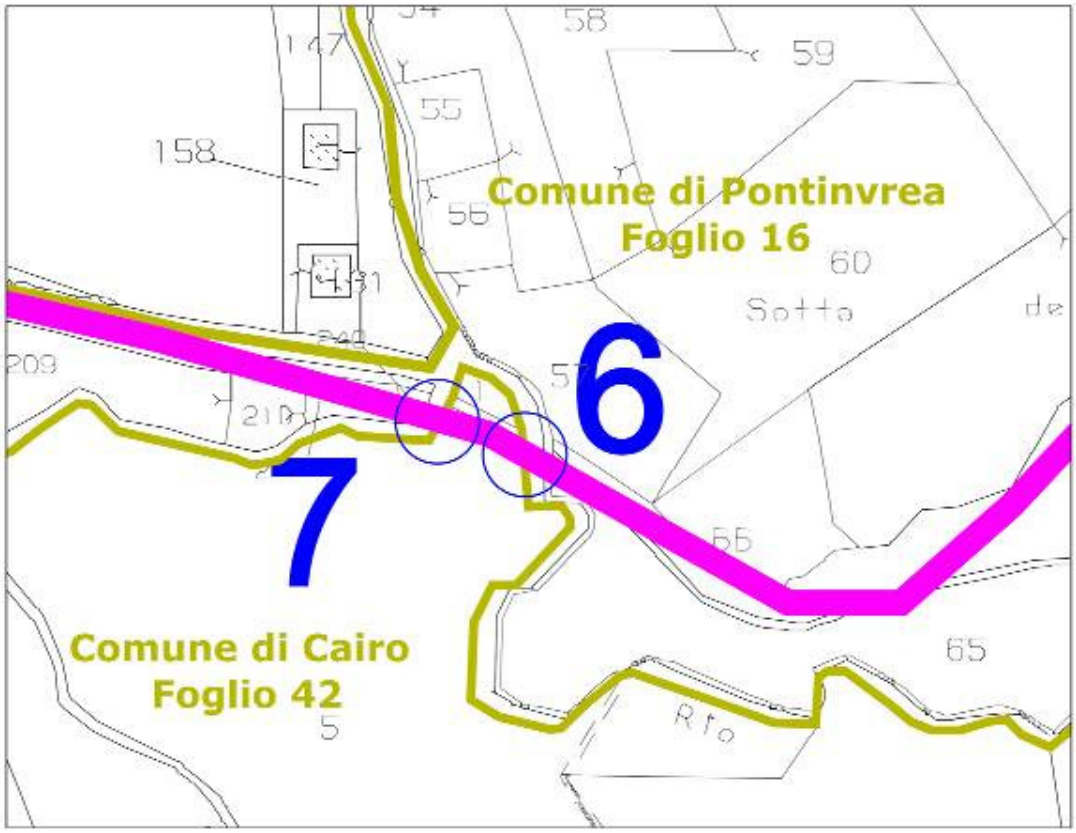


Figura 37 – Attraversamenti 6 e 7 su carta catastale

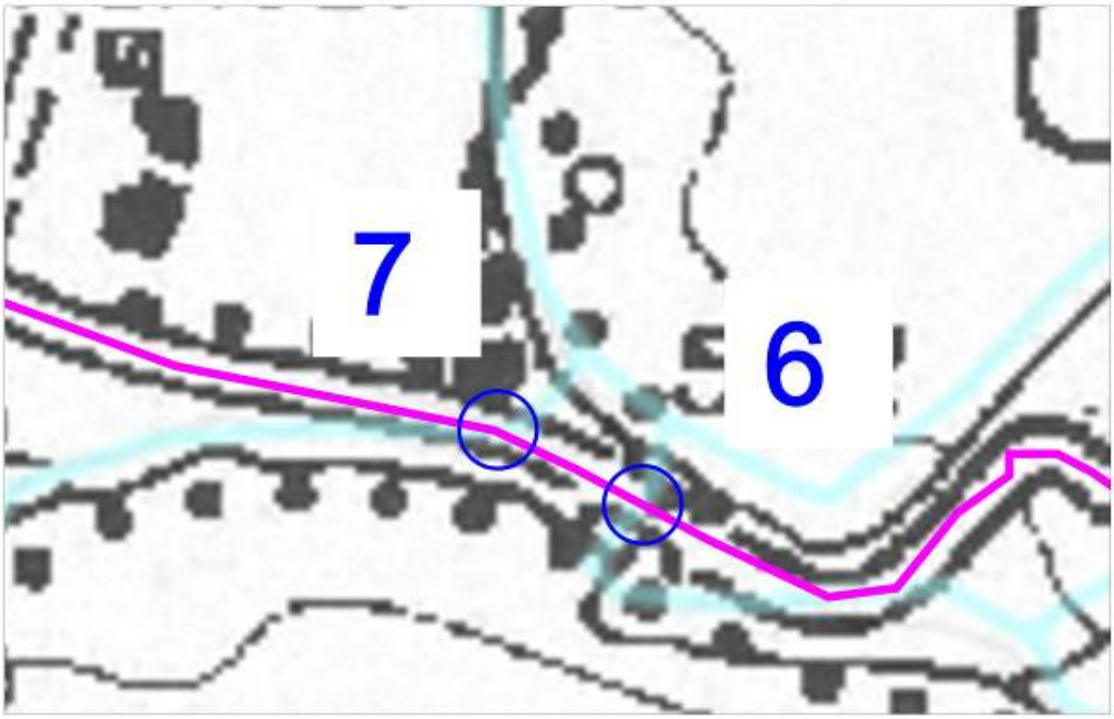


Figura 38 – Stralcio reticolo idrografico

3.7.3.7. Attraversamento 8. Rio Orto

coordinate piane in UTM-WGS84 (Fuso 32): Punto 6. 452544 E, 4918921 N



Figura 39 – Foto attraversamento 8

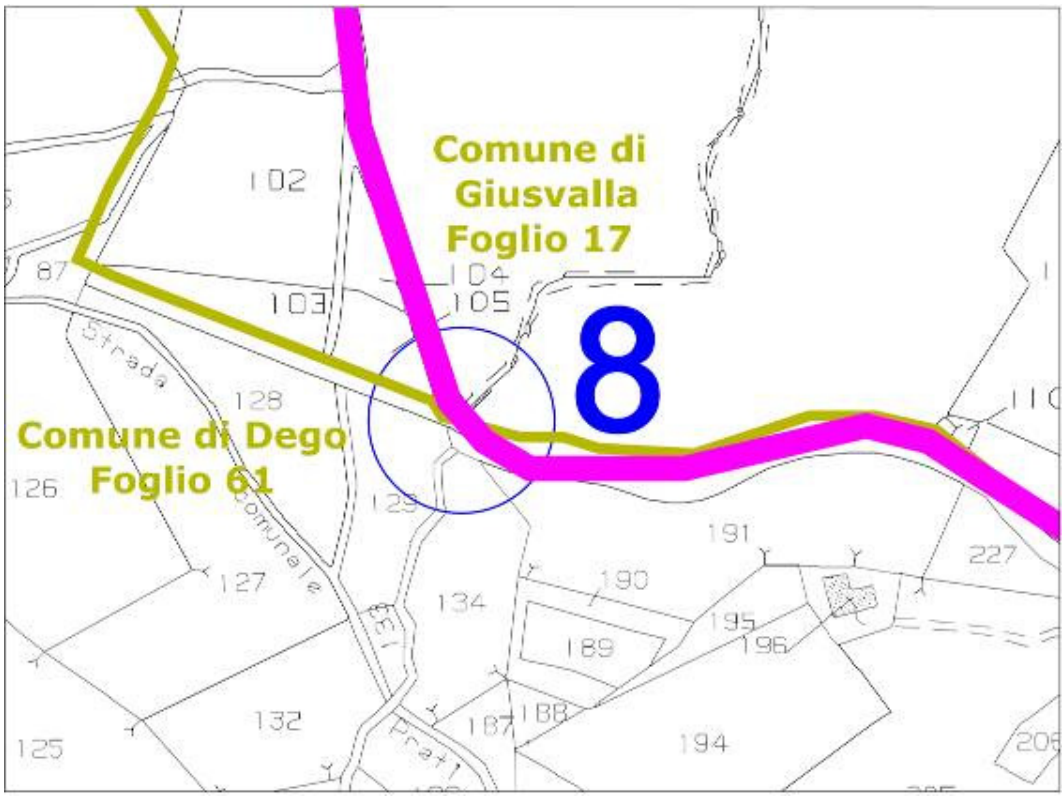


Figura 40 – Attraversamento 8 su carta catastale



Figura 41 – Stralcio reticolo idrografico

Anche questo ultimo attraversamento risulta evidenziato soltanto sullo stralcio della planimetria catastale ma come si può notare dalla Figura 42, non sulla cartografia inerente il reticolo idrografico.

3.8. PIANO DI FABBRICAZIONE DEL COMUNE DI GIUSVALLA

3.8.1. ZONA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

Dallo stralcio del Piano di Fabbricazione del Comune di Giusvalla riportato l'area di edificazione della cabina di consegna è inquadrata in parte in zona AG agricola tradizionale e parte in zona AB agricola boscata.

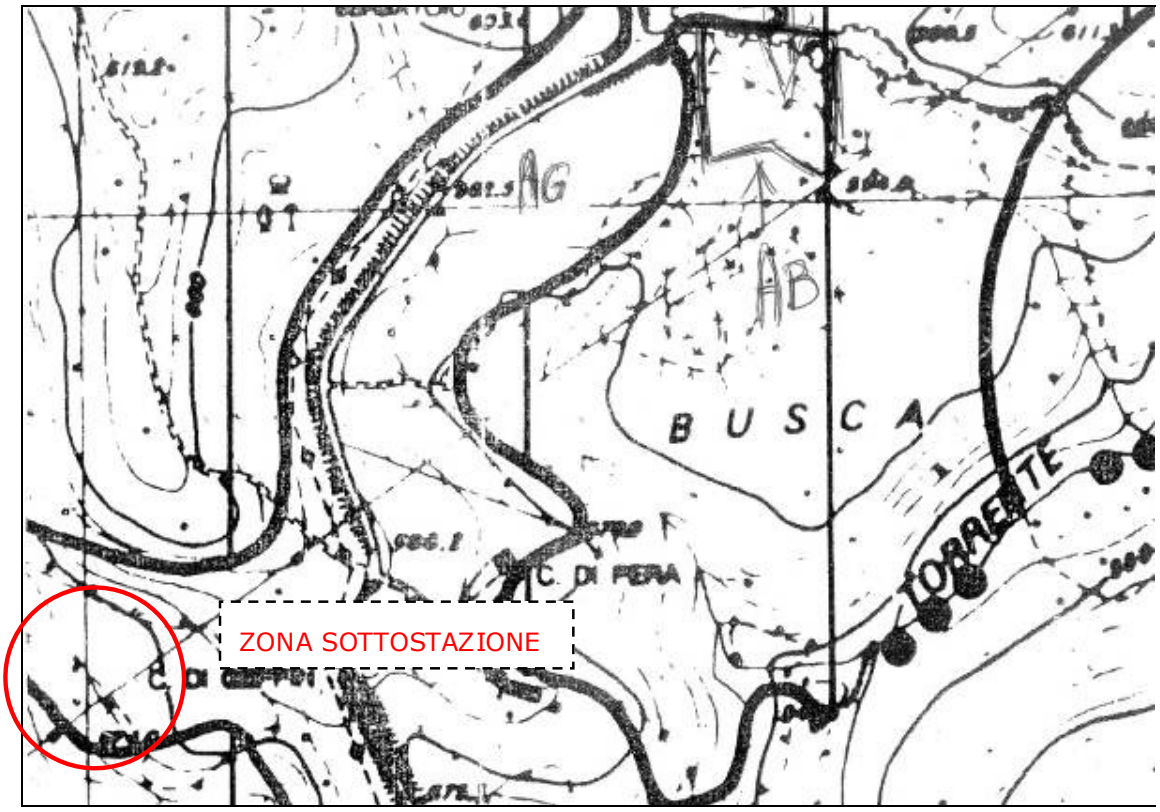


Figura 43 – Stralcio Piano di Fabbricazione del comune di Giusvalla

Da una prima analisi, la superficie totale di circa 3500 mq della sottostazione elettrica, risulta posizionata per 80% su Zona AG, ed il restante 20% su zona AB.

4. RELAZIONE TECNICA SUL CAMPO ELETTROMAGNETICO

Oggetto della presente relazione: Costruzione di un nuovo elettrodotto a Media Tensione (20 kV) in cavo interrato a seguito della realizzazione del Parco Eolico denominato "Napoleone". Nella tabella seguente si riportano alcune coordinate geografiche dell'elettrodotto, la cui posizione è visualizzata nella planimetria (Figura 3).

	COORDINATE NEL SISTEMA UTM-WGS84 (Fuso 32)	
	COORDINATA EST	COORDINATA NORD
PUNTO A	452500	4915543
PUNTO B	452623	4916899
PUNTO C	451940	4919575

Di tutte le porzioni di impianto viene presa in esame quella dove circola la corrente più elevata, considerato che il campo magnetico è direttamente proporzionale all'intensità di corrente. Il tratto in questione è il BC.

Dati di impianto:

- Denominazione dell'elettrodotto: Cascinassa
- Ubicazione e descrizione dell'area di installazione: Comuni di Cairo Montenotte, Busalla, Pontinvrea (SV)
- Tensione d'esercizio: 20 kV
- Numero di conduttori attivi:
- N° 2 cavi tripolari 1x3x240 ARG7H1RX. Si tratta di cavi di media tensione tripolari ad
- elica visibile, particolarmente adatti per installazioni direttamente interrate.
- Corrente massima che percorre ciascun cavo: 346A
- Corrente mediana efficace giornaliera della linea: 200 A

Descrizione della linea:
Trattasi di due cavi sotterranei ad elica visibile di alluminio della sezione di 240 mmq. I cavi saranno posati all'interno di tubi corrugati in PVC del diametro di 160 mmq (Fig. 11) e correranno parallelamente nel tratto BC. La canalizzazione sarà posta nel sottosuolo con un estradosso di circa 1,2 metri dal piano viabile o di calpestio. La disposizione dei cavi nel sottosuolo è rappresentata nella Tavola *2.5_planimetria linea elettrica su CTR pianta e sezioni.*

Dati dell'analisi effettuata:

E' stato preso in esame uno studio che riguarda due cavi di media tensione della sezione di 300 mmq percorsi da una corrente di 385 A. Tutto questo risulta cautelativo per il caso in esame, che come evidenziato sopra riguarderà correnti di intensità massima inferiore (circa 345 A).

Stima del campo elettrico e magnetico:

Limiti di valore di campo riferiti alla legge n° 36 del 22/02/01 e DPCM del 08/07/03, ovvero 3 μT.

Il valore di corrente utilizzato per calcolare l'intensità del campo magnetico (I mediana) è il valore mediano nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Il grafico in Figura 34 riporta l'andamento del campo magnetico per due ipotesi distinte:

- Andamento del campo magnetico all'altezza della superficie stradale
- Andamento del campo magnetico all'altezza di un metro dalla superficie stradale.

Nel primo caso si nota che la curva di isocampo a 3 μT dai calcoli effettuati, risulta distante circa 1.5 m dall'asse dell'elettrodotto, mentre nel secondo caso non raggiunge mai questo valore (Figura 34).

Conclusioni:

Il valore del campo di induzione magnetica generato è stato calcolato in accordo con la NORMA CEI 211-4. Si dichiara altresì che la curva di isocampo a 100 μT, calcolata in accordo con la NORMA CEI 211-4 e riferita alla corrente mediana giornaliera della linea, non interessa nessun luogo accessibile alla popolazione.

Considerando che la larghezza della strada varia da 3,0 a 4,5 m e che il cavidotto passerà al centro della carreggiata, al di fuori della sede stradale non si avranno mai valori superiori a 3μT.

Per l'impianto in oggetto tale curva non andrà ad interessare ricettori sensibili ai sensi del DPCM del 08/07/03 quali: aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze superiori a 4 ore giornaliere. Lungo il tracciato dell'elettrodotto sono presenti delle abitazioni civili che però sono situate ad una distanza superore ai 3 metri dal bordo strada, risultando quindi soggette a valori di campo inferiori a 0,5μT.

Lo studio del campo magnetico è stato effettuato nel tratto B-C (Figura 3) in quanto gli altri tratti considerando la minor potenza in gioco, sono percorsi da correnti più basse, di conseguenza i campi magnetici sono inferiori.

L'ipotesi dei 385 A è già di per sé cautelativa, in quanto lo studio del campo magnetico riportato in Figura 34 è stato effettuato per cavi di sezione superiore (300 mmq).

Si dichiara inoltre che la sottostazione di trasformazione sarà dotata dei necessari accorgimenti tali da garantire che, al di fuori del suo perimetro, non siano superati i limiti di campo magnetico previsti dalla legge.

Per quanto concerne il campo elettrico delle linee in cavo a 20 kV si precisa che, trattandosi di conduttori in cavo isolato avente uno schermo metallico permanentemente collegato a terra, esso risulta nullo. Si precisa che la terna di vettori rappresenta un sistema simmetrico ed equilibrato.

Inoltre nei calcoli delle curve di isocampo, a maggior prudenza, non si è tenuto conto dell'abbattimento provocato dalla "spiralatura" costruttiva dei cavi elicati, dall'abbattimento provocato da eventuali cavi allocati in "controfase" e si è scelto di arrotondare abbondantemente per eccesso la corrente mediana presunta presa a riferimento nei calcoli delle curve di isocampo.

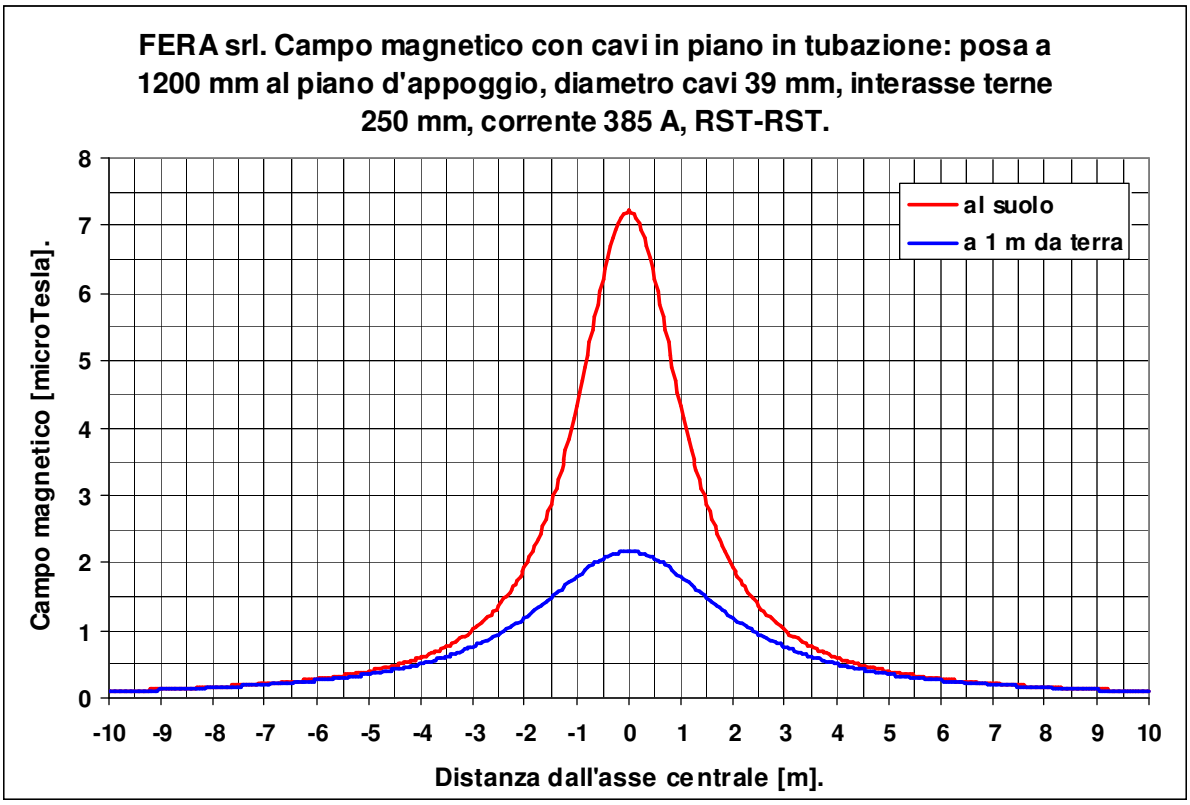


Figura 44 – Andamento del campo magnetico in funzione della distanza dall'asse centrale del cavidotto.

5. ELABORATI COLLEGATI

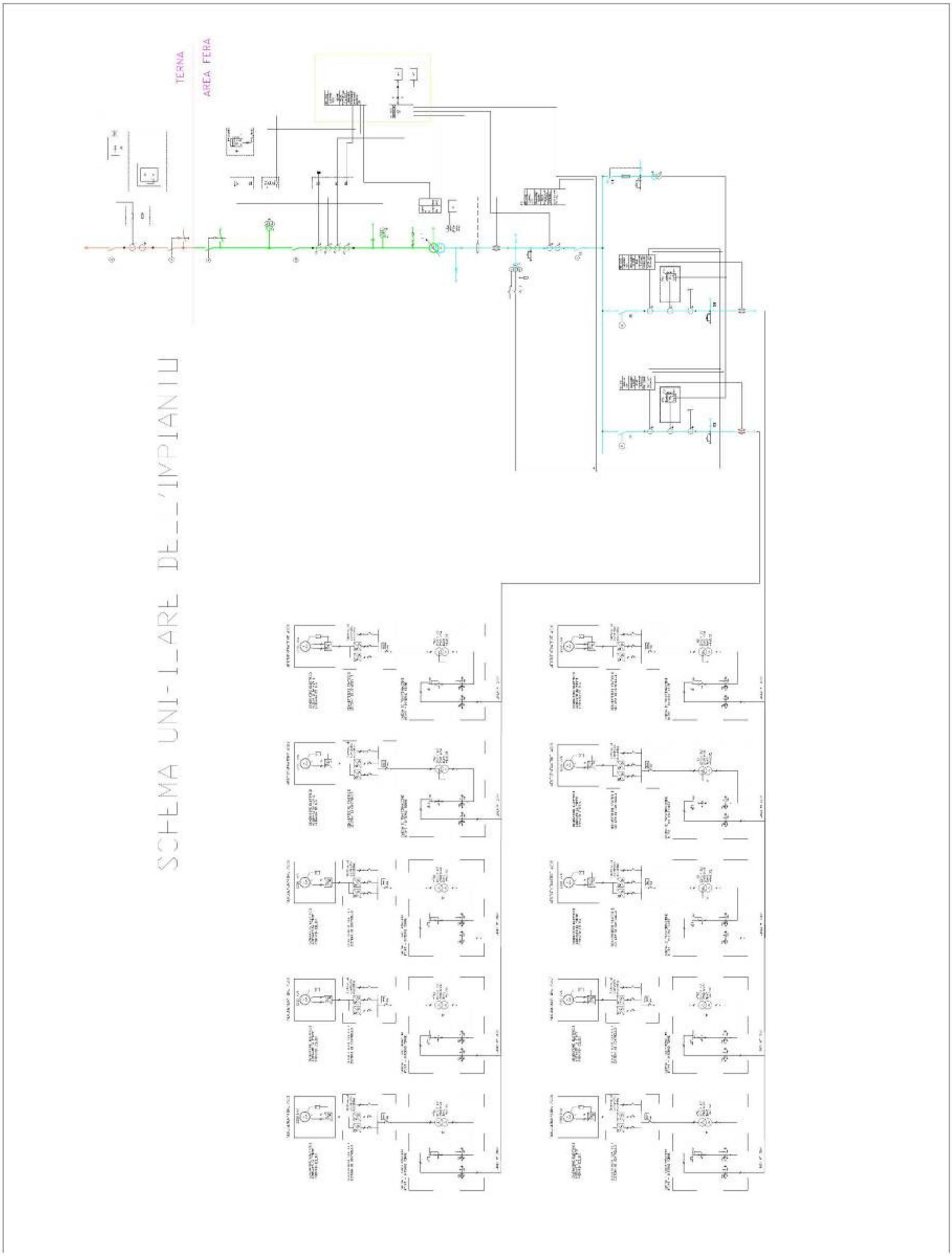
- 1.1 Relazione tecnica descrittiva
- 2.2 Planimetria generale e vie di accesso
- 2.5 Planimetria Linea Elettrica su CTR-Pianta e Sezioni
- 2.6 Planimetria Linea Elettrica Layout su Catastale
- 2.7 Planimetria Linea Elettrica Punto di Allaccio su Catastale

6. PRINCIPALI NORME E DISPOSIZIONI DI RIFERIMENTO

- "Guida per le connessioni alla rete elettrica di Enel distribuzione" del 12/ 2011.
- Allegato A della Delibera ARG/elt 99/08 "Testo integrato connessioni attive" Versione integrata e modificata dalle deliberazioni ARG/elt 179/08, 205/08, 130/09 e 125/10, 187/11.
- CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione pubblica di energia elettrica – Linee in cavo.
- Norma CEI 0-16 "Regola tecnica di rif. per la connessione di utenti attivi e passivi alla rete MT delle imprese distributrici di energia elettrica".
- Norma CEI 11-1 "Impianti elettrici con tensione superiore ad 1 kV in corrente alternata".
- CEI 0-2 "Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici".
- Norma CEI EN 50086 2-4 "Sistemi di tubi ed accessori per installazioni elettriche Parte 2-4: Prescrizioni particolari per sistemi di tubi interrati".
- DK 4461: "Impianti di terra delle cabine secondarie".
- DK 4452: "Criteri di taratura degli impianti di distribuzione MT ed esempi tipici di coordinamento delle protezioni di rete e di utenza".
- CEI 211-6 2001-01 "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell´intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all´esposizione umana".
- CEI 211-4 "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche".
- D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni.
- R.D. 523 del 25/07/1904 e s.m.i.

ALLEGATO 1

Schema elettrico unifilare


TERNA
AREA FERA
SCHEMA UNI-LARE DE__'IMPIANTO