

GEOAMIATA

GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA IDROGEOLOGIA IDRAULICA
GEOFISICA GEOTECNICA

IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO «CASA DEL CORTO» **Indagine geologica e geomorfologica** **sull'elettrodotto MT**

Committente

STEAM s.r.l

Località

Casa del Corto

Comune

PIANCASTAGNAIO (SI)

Incarico n.

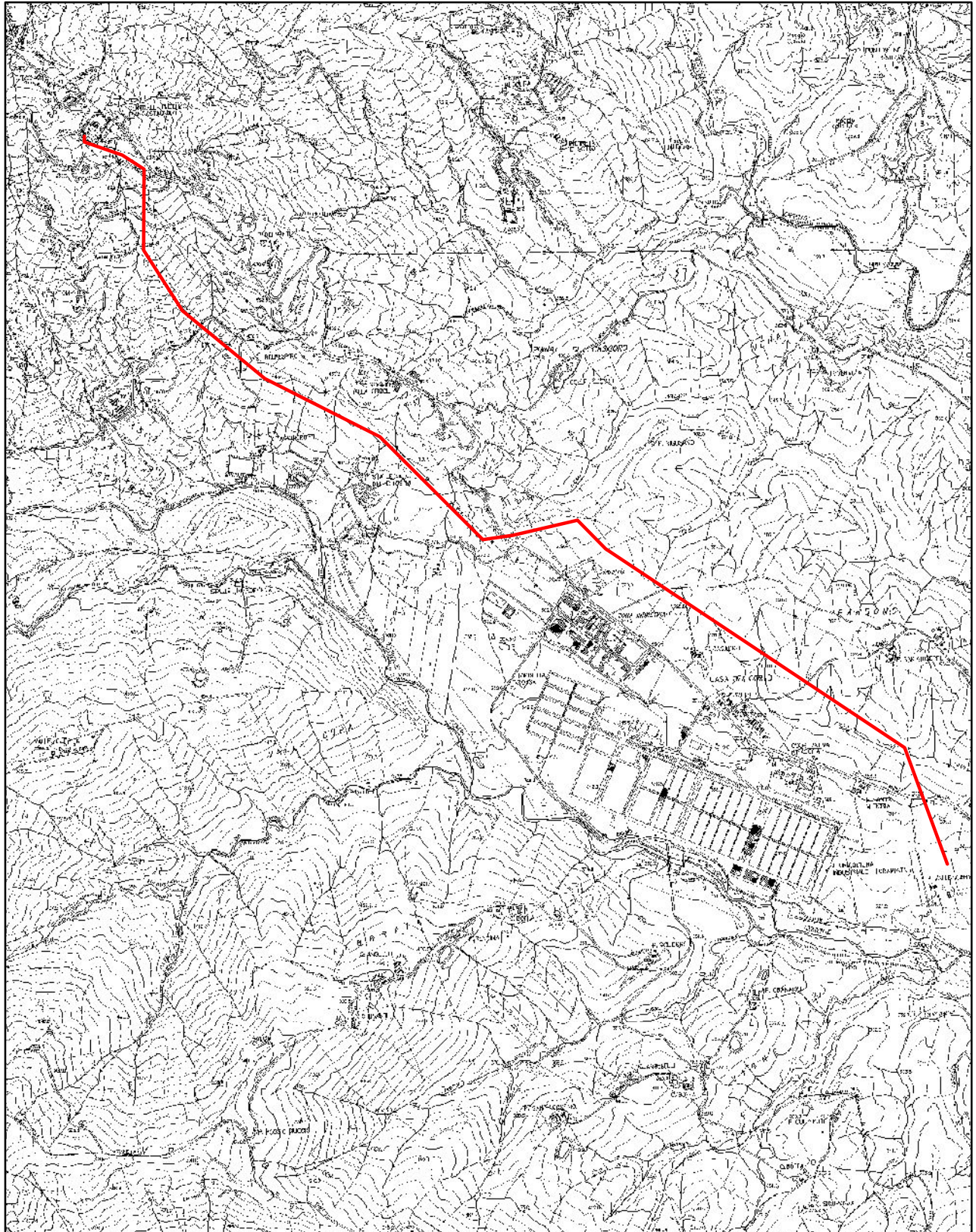
33/15

Data

NOVEMBRE 2015



Figura 1
LOCALIZZAZIONE DELL'ELETTRODOTTO
AEREO MT IN PROGETTO
Scala 1:25000



1. PREMESSA

Nel presente lavoro si riferisce sulle risultanze di un'indagine geognostica effettuata lungo il percorso dell'**elettrodotto MT di nuova realizzazione che unirà l'impianto pilota geotermico (in località Casa del Corto) con la cabina primaria presso la centrale ENEL di Piancastagnaio (figura 1).**

Il Comune di Piancastagnaio è dotato di uno S.U. generale redatto secondo le norme della L.R. n. 65 del 10/11/2014. La Pericolosità geologica dell'area indagata è già stata classificata nelle indagini geologiche di supporto al vigente Piano Strutturale e il tracciato dell'elettrodotto interessa aree a pericolosità variabile da media (G.2) a molto elevata (G.4).

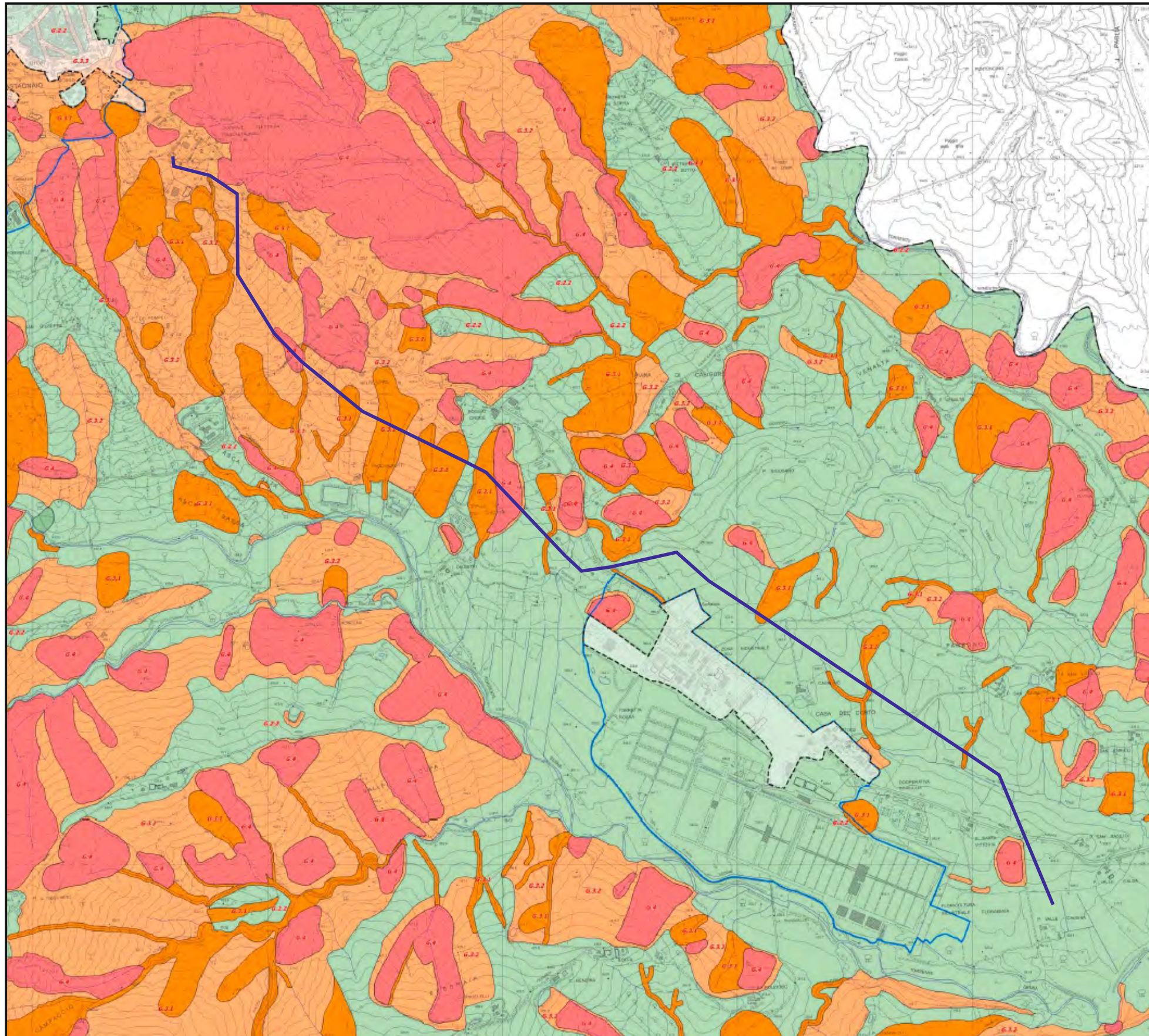
In particolare **nel presente lavoro è stata approfondita l'analisi geomorfologica delle aree interessate dal tracciato dell'elettrodotto in progetto ricadenti in pericolosità geologica elevata (G.3) e molto elevata (G.4) del Piano Strutturale del Comune di Piancastagnaio (Tav. PS G5, di cui l'estratto è riportato in figura 2).** Laddove ritenuto necessario sono stati predisposti approfondimenti con indagini geofisiche in situ, allo scopo di definire morfologie sepolte e/o superfici di scorrimento.

I sopralluoghi e le prove di caratterizzazione per l'accertamento delle condizioni locali sono stati compiuti nel **novembre 2015**. Lo studio, onde consentire la definizione di un quadro geologico e geomorfologico attendibile, è stato esteso alle zone limitrofe.

Si riportano all'interno della presente relazione:

- **Fig. 1: Localizzazione dell'elettrodotto aereo MT in progetto (scala 1:25.000);**
- **Fig. 2: Carta della pericolosità geologica (stralcio da P.S. Comunale) in scala 1:20.000;**
- **Fig. 3: Schema geologico dell'area interessata dall'elettrodotto (scala 1:15.000);**
- **Fig. 4: Carta geomorfologica (scala 1:12.000);**
- **Fig. 5: Carta delle frane attive presenti sul tracciato dell'elettrodotto (scala 1:5.000);**

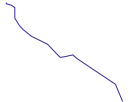
Figura 2
CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA
 Stralcio da P.S.
 Scala 1:20.000



LEGENDA

PERICOLOSITA' GEOLOGICA

- Pericolosità geologica Media (G.2)
 - (G.2.1) aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi/stabilizzati (naturalmente/artificialmente)
 - (G.2.2) aree con elementi geomorfologici, litologici, giaciturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto; corpi detritici su versanti con pendenze inferiori al 25%
- Pericolosità geologica Elevata (G.3):
 - (G.3.1) aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza
 - (G.3.2) aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'accività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, corpi detritici su versanti con pendenze superiori al 25%
 - (G.3.3) aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche o per i quali possono essere ipotizzati cedimenti differenziali
 - (G.3.4) aree in degrado per processi di carattere antropico (siti estrattivi e miniere abbandonate)
- Pericolosità geologica Molto Elevata (G.4)
 - aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza, aree interessate da soliflussi

 Tracciato elettrodotto MT

Si riporta in appendice la **relazione geofisica** svolta in località Belrespiro (in corrispondenza di un corpo di frana classificato G4).

1.1. DESCRIZIONE TRACCIATO ELETTRODOTTO

L'elettrodotto in oggetto sarà realizzato mediante linea MT aerea; il tracciato si svilupperà per una lunghezza di circa 5,3 km, con andamento SE-NO dall'impianto di produzione alla cabina primaria, attraversando un terreno collinare montano e superando un dislivello di circa 330 metri (quota di partenza 325 m s.m., quota di arrivo 655 m s.m.).

2. QUADRO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

I terreni affioranti all'interno dell'area interessata dal tracciato dell'elettrodotto appartengono, dai più antichi ai più recenti, a:

- *Flysch liguri interni ed esterni*
- *Depositi neogenici:*
 - *Argille con calcari liguri*
 - *Argille grigie*
- *Depositi alluvionali attuali e recenti*

L'area di intervento si trova all'interno della parte più meridionale del **grande bacino marino** che, durante il **Pliocene**, occupava gran parte della Toscana meridionale. L'inizio della trasgressione marina nella depressione venutasi a creare ad oriente della dorsale Seggiano-Montalcino, allungata prevalentemente nella direzione NO-SE, ebbe luogo all'inizio del **Pliocene Inferiore**, allorché una fase tettonica distensiva provocò un abbassamento della depressione, che si veniva individualizzando come una vera fossa tettonica in rapida subsidenza (Val di Chiana, Siena, Radicofani, F. Tevere). Successivamente, nel **Pliocene medio**, si verificò un **generale sollevamento** della regione con definitiva emersione della regione posta a Sud dell'allineamento **Montalcino-**

Pienza-Montepulciano che si può considerare come spartiacque tra un bacino senese settentrionale ed un bacino senese meridionale (**GELMINI** - *Studio fotogeologico del bacino neogenico senese*. Boll. Soc. Geol. It. n° XCIII - 1974). Tale sollevamento decretò la chiusura della sedimentazione nel bacino meridionale, mentre nella parte settentrionale seguì una nuova ingressione marina testimoniata dai depositi del Pliocene superiore.

Il modello al quale si può ricondurre la forma del bacino neogenico senese è quella di un "**graben**", analoga, pertanto, nelle sue linee generali, a quella di molti altri bacini neoautoctoni toscani. Si tratta di un bacino delimitato longitudinalmente da faglie appenniniche molto più sviluppate lungo la sponda orientale rispetto a quella occidentale e scomposto in tronconi da fasci di faglie a direzione antiappenninica e E-O che hanno provocato nell'insieme un progressivo abbassamento dei blocchi andando da Sud verso Nord.

La profondità raggiunta dal mare pliocenico nella Toscana meridionale è stata indubbiamente modesta: **SESTINI** (*Il mare pliocenico della Toscana meridionale*, 1930) limita quella massima a **200 metri**, mentre in prossimità delle rocce antiche (Monte Cetona e Monte Amiata pre-vulcanico) sarebbe stata inferiore ai 50 metri. Dato che lo spessore della serie è, però, certamente notevole, arrivando nella zona di Radicofani a sfiorare i 350 metri, dobbiamo ammettere che l'accumulo della grande quantità di materiale detritico grossolano, fornito dai rilievi dell'Amiata e del Cetona, sia stato compensato da un'**intensa subsidenza**.

Dobbiamo inoltre tenere presente che nel senese (Val d'Orcia e Val di Paglia) la trasgressione pliocenica avanzò in una zona costituita per la massima parte da argille scagliose e perciò, dopo la formazione dei primi sottili livelli di ciottoli e sabbie, la regione alimentatrice, formata da materiale facilmente erodibile, fornì solo **grandi quantità di argille**, le stesse che in breve tempo colmarono tutto il bacino. La definitiva regressione del mare si verificò in tempi brevi sul finire del Pliocene Medio.

Di seguito viene fornita una breve descrizione delle litologie cartografate (cfr. **Figura 3** inserita nel testo).

Flysch liguri interni ed esterni (Cretaceo sup. – Paleocene)

Costituiscono il substrato delle altre formazioni; affiorano estesamente nella porzione occidentale dell'area; sono rappresentati essenzialmente da sequenze torbiditiche costituite da alternanze di argilliti e siltiti, finemente fogliettate di colore grigio chiaro in frattura fresca e giallastro in superficie alterata, calcari a grana fine a frattura concoide di colore grigio sul taglio fresco e grigio chiaro sulla superficie alterata, calcari marnosi, marne calcaree e marne di colore grigio scuro in frattura fresca e grigio chiaro sulla superficie alterata (**Formazione di Sillano – S. Fiora**).

Depositi neogenici (Pliocene)

Costituiscono i versanti interessati direttamente dall'attraversamento dell'elettrodotto, affiorando a valle di Piancastagnaio fino a Casa del Corto.

Sono rappresentati da due litofacies: la prima è costituita da **argille ed argille sabbiose** di deposizione marina, di colore grigio-azzurro localmente fossilifere, a cui talvolta si intercalano orizzonti di pochi centimetri di sabbie scarsamente cementate. E' presente nella parte iniziale del tracciato, dall'impianto di produzione sino a monte della zona industriale di casa del Corto.

La seconda litofacies è costituita da **argille con calcari liguri** messi in posto verosimilmente per **frane sottomarine** (olistostromi) durante l'età pliocenica. Si tratta di **materiali argillosi a struttura scagliosa**, derivanti dalla parte argillosa del Flysch appartenente alla "**Formazione di Sillano – S. Fiora**" del *Dominio ligure*. Associati a questa massa argillosa sono presenti spezzoni di strato di **marne, blocchi calcarei, calcareo-marnosi e calcarenitici**. Tale formazione non presenta una stratificazione continua, bensì un **assetto strutturale caotico** che testimonia il forte rimaneggiamento subito. Gli elementi lapidei sono inglobati nella matrice argillosa come trovanti di

dimensioni e forme variabilissime. Agli Olistostromi è sempre associata una **coltre detritica superficiale** che, per i processi erosivi cui è stata interessata, presenta spessori maggiori nei compluvi, in ragione della presenza di minore o maggiore componente argillosa. **Lo spessore del complesso olistostromico** non è stato determinato direttamente in questa indagine, poiché ciò avrebbe esulato dagli scopi della presente ricerca: dalle conoscenze acquisite grazie alla letteratura geologica, si desume che lo spessore nell'area di intervento debba essere dell'ordine dei **30-40 metri**.



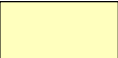



Unità vulcanica del Monte Amiata (Plio-Pleistocene)

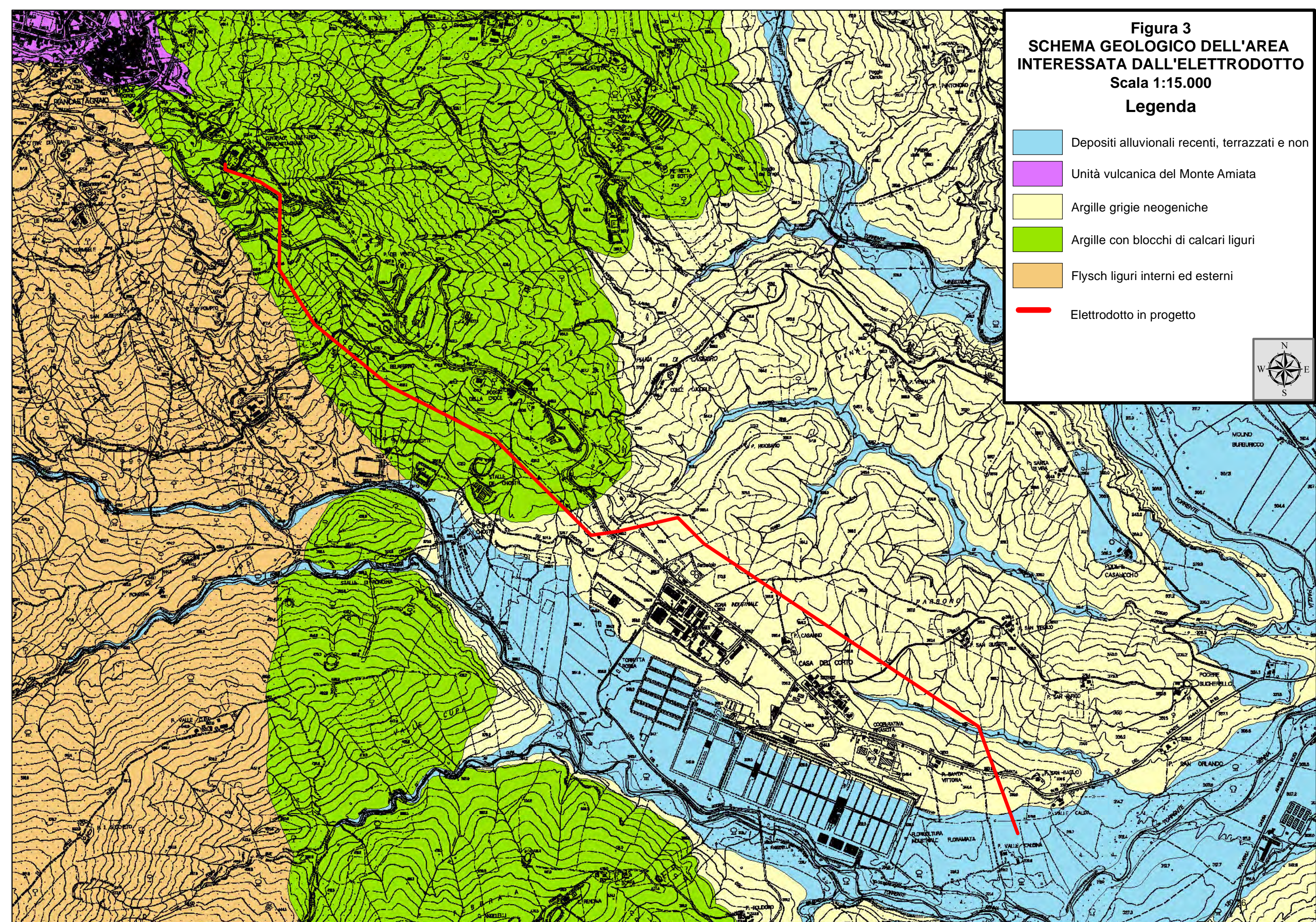
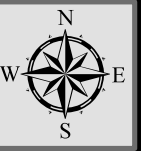
Si menziona tale unità solo perché presente in figura 2. Essa affiora nel margine settentrionale dell'area, rappresentata da **colate laviche clasto-geniche, colate laviche a blocchi** di composizione trachidacitica derivate dal collasso di un mega duomo endogeno e da un **complesso quarzo-latitico massiccio** ricco in frammenti cristallini, di colore variabile dal grigio chiaro al grigio scuro.

Depositi alluvionali attuali e recenti (Olocene)

Al di sopra dei depositi neogenici si rinvencono, lungo l'asta fluviale del Torrente Senna, depositi alluvionali, in parte terrazzati, di granulometria eterogenea, con banchi grossolani (ciottoli e ghiaie) immersi in una matrice più fine, sabbioso-argillosa, alternati a strati di materiale fine. Gli spessori dei depositi alluvionali sono estremamente variabili, ma è presumibile che, localmente, **solo in casi eccezionali raggiungano potenze superiori ai 7-8 metri**.

Figura 3
SCHEMA GEOLOGICO DELL'AREA
INTERESSATA DALL'ELETTRODOTTO
Scala 1:15.000
Legenda

-  Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non
-  Unità vulcanica del Monte Amiata
-  Argille grigie neogeniche
-  Argille con blocchi di calcari liguri
-  Flysch liguri interni ed esterni
-  Elettrodotto in progetto



3. ASPETTI IDROGEOLOGICI

Come visibile nella Figura 3, nella quale è riportato il tracciato dell'elettrodotto aereo MT in progetto su base geologica, l'opera in oggetto interessa quasi esclusivamente i Depositi Neogenici rappresentati dalle Argille con blocchi di calcari liguri e Argille Grigie Neogeniche. Inoltre il tracciato nel suo tratto più meridionale, interessa i depositi alluvionali recenti.

Le argille con blocchi di calcari liguri hanno una permeabilità tendenzialmente bassa che è condizionata dalla maggiore o minore presenza della componente litoide. Infatti al contatto tra i blocchi di roccia si determinano delle vie di facile penetrazione delle acque, mentre la componente limo-argillosa crea ostacoli alle infiltrazioni idriche causando fuoriuscite direttamente dal corpo dell'affioramento olistostromico; tale comportamento determina la formazione di una serie di dissesti che si innescano laddove la circolazione idrica sub-superficiale risulta più intensa, determinando lo **scivolamento gravitativo** della coltre di alterazione (**regolite**) che si manifesta con increspature e rigonfiamenti del terreno. Praticamente impermeabili risultano le **argille grigie plioceniche**.

Infine i depositi alluvionali recenti, presentano una buona permeabilità ma hanno spessore limitato.

4. ASPETTI GEOMORFOLOGICI

I processi geomorfologici riconoscibili nell'area in studio sono principalmente connessi alla presenza dell'apparato vulcanico del Monte Amiata; durante il periodo di attività, concentrato in due fasi tra circa 300 e 200 Ka la messa in posto del vulcano ha creato in tempi relativamente brevi, versanti ad alto angolo di acclività ma, una volta estintosi, i processi erosivi hanno contribuito ad accentuare la pendenza dei versanti che non si sono trovati più in equilibrio con le condizioni geologico-strutturali al contorno; anche il generale sollevamento della catena appenninica tutt'ora in atto ha contribuito e contribuisce tutt'oggi alla accelerazione dei processi erosivi. Le zone di versante sono infatti dominate dalle morfologie generate dai fenomeni erosivi e di dilavamento sia areale che concentrato lungo il reticolo idrografico (solchi di erosione, tratti di alveo in incisione). La morfologia del territorio e le dinamiche tettoniche di generale sollevamento dell'area tutt'ora in atto favoriscono nei versanti collinari di raccordo con la montagna, lo sviluppo di un reticolo fluviale che copre notevoli dislivelli e quindi dotato di elevata energia, in cui i processi erosivi prevalgono su quelli deposizionali.

Le dinamiche sopradescritte favoriscono la potenziale presenza di **fenomeni franosi** sui versanti, indotti oltre che dalla generale acclività degli stessi, anche dallo scalzamento al piede generato dai corsi d'acqua e dalla presenza di substrato argillitico o costituito da alternanze di rocce calcaree e argillitiche che possono sviluppare piani di scollamento e scivolamento. Le forme gravitative più diffuse risultano essere **colamenti e scivolamenti, spesso in stato di quiescenza**; come detto anche nel paragrafo precedente, i dissesti citati si innescano laddove la circolazione idrica sub-superficiale risulta più intensa, determinando lo **scivolamento gravitativo** della coltre di alterazione al di sopra del substrato.

Numerose sono le aree interessate da dissesti quiescenti o stabilizzati incontrate dal tracciato dell'elettrodotto: nella allegata **Figura 4** (Carta geomorfologica) sono state messe in evidenza

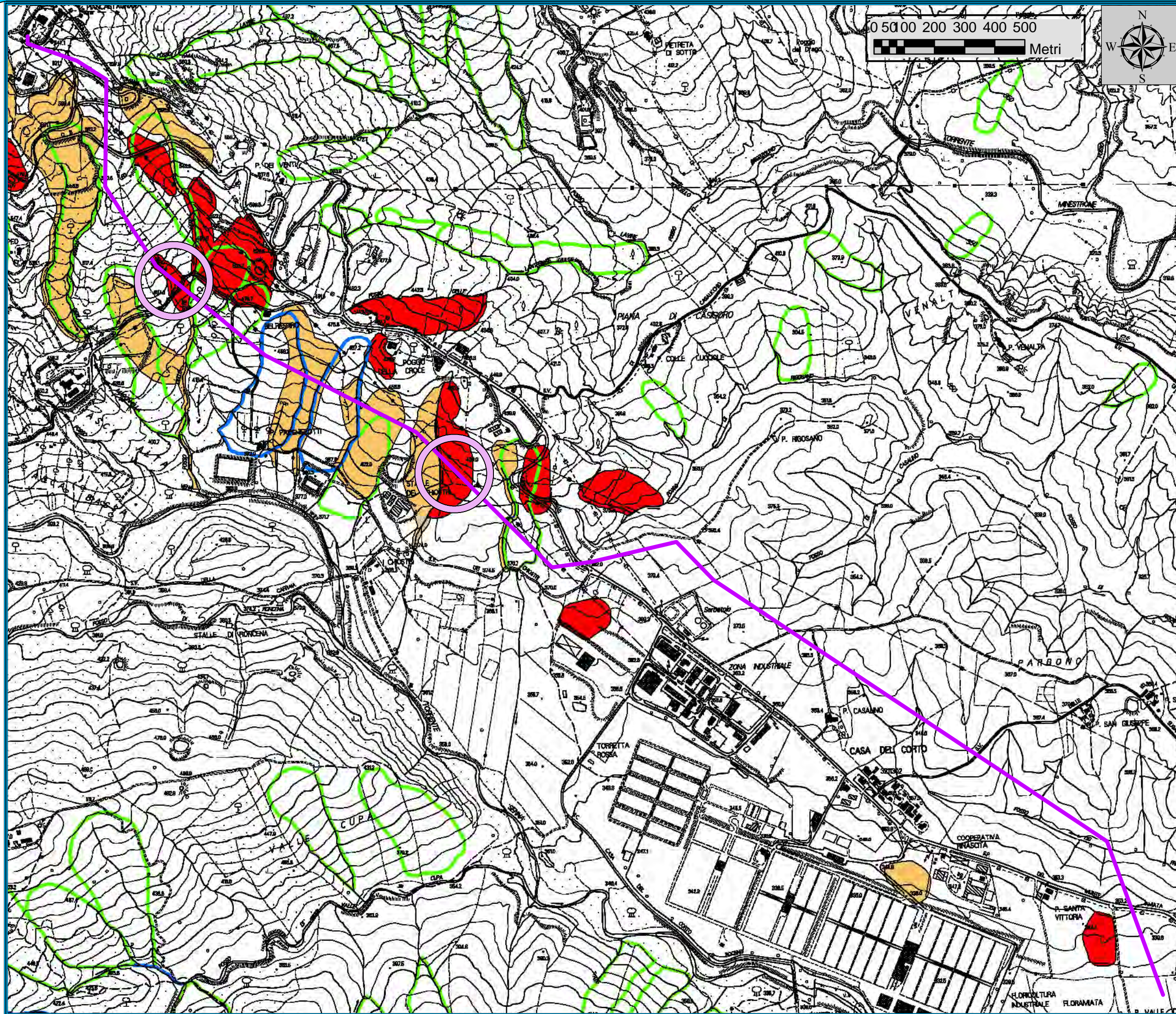


Figura 4
CARTA
GEOMORFOLOGICA
 Scala 1:12.000

Legenda

- Frane da CARG**
- Frana quiescente
 - Frana stabilizzata
- FRANE DA PIANO STRUTTURALE**
- G3.1
 - G4
- Linea MT
 - Tratti di Linea MT interessati da frane attive

quelle individuate sia dalla **Carta della Pericolosità geologica** del Piano Strutturale Comunale, sia quelle individuate dalla **Carta Geologica Regionale** realizzata dalla Regione Toscana in collaborazione con le Università Toscane ed il CNR-IGG di Pisa. **Solamente due sono, invece, le frane attive** individuate dal Piano Strutturale che interferiscono con il tracciato dell'elettrodotto: si tratta di due zone ubicate in località **Belrespiro** e **Stalle dei Chiostri**; nessuna frana attiva è cartografata dal recente CARG della Regione Toscana lungo il tracciato in esame.

Con l'intento di distinguere gli spessori della coltre di alterazione sottoposta a dissesto, **è stata realizzata una indagine geofisica localizzata all'interno dell'area in frana attiva** in località **Belrespiro** (cfr. **Foto 1**), nella porzione terminale dell'elettrodotto che la interessa per circa 180 metri, ad una quota compresa tra 510 e 460 m s.m. Si tratta di una frana di scivolamento in destra idrografica del Fosso delle Pietre Nere che risulta attiva da oltre 20 anni ed interessa anche la sede stradale che conduce ad una Centrale dell'ENEL. Lungo la viabilità citata sono state realizzate nel passato delle gabbionate a gravità con il duplice scopo di protezione della carreggiata e di contenimento del terreno in frana ed è presente anche un vapordotto che alimenta la centrale geotermica. Nonostante il lungo periodo di attività del dissesto, le infrastrutture presentano solo minimi danneggiamenti, a testimonianza di un movimento lento nelle sue dinamiche e compatibile con la presenza sullo stesso versante di reti di collegamento e distribuzione adeguatamente messe in sicurezza.

L'indagine (una tomografia sismica a rifrazione in onde P) ha permesso di evidenziare **due sismostrati**:

1. **una coltre superficiale** con velocità di 1006 m/s e **spessore costante di circa 4 m**;
2. un livello con velocità di 2078 m/s e spessore indefinito identificabile come **substrato**.

La sismica a rifrazione effettuata ha evidenziato la presenza di un corpo convesso a bassa velocità ad una profondità compresa fra 3 e 4 m che poggia su un substrato decisamente più rigido il quale potrebbe rappresentare il piano di scivolamento dei terreni alterati sovrastanti.




A meno di ulteriori approfondimenti da effettuarsi in una fase successiva, pertanto, **risulterà necessario e sufficiente prevedere di appoggiare i 2 pali di sostegno dell'elettrodotto ricadenti all'interno dell'area in frana su plinti in cemento armato fondati ad una profondità di circa 4 metri dal piano di campagna.** Tale indicazione, in assenza di ulteriori approfondimenti di indagine, potrà essere tenuta in considerazione **anche per il palo che verrà realizzato all'interno dell'altra area in frana attiva** (in località Stalle dei Chiostri) attraversata dall'elettrodotto in progetto (cfr **Figura 5**).

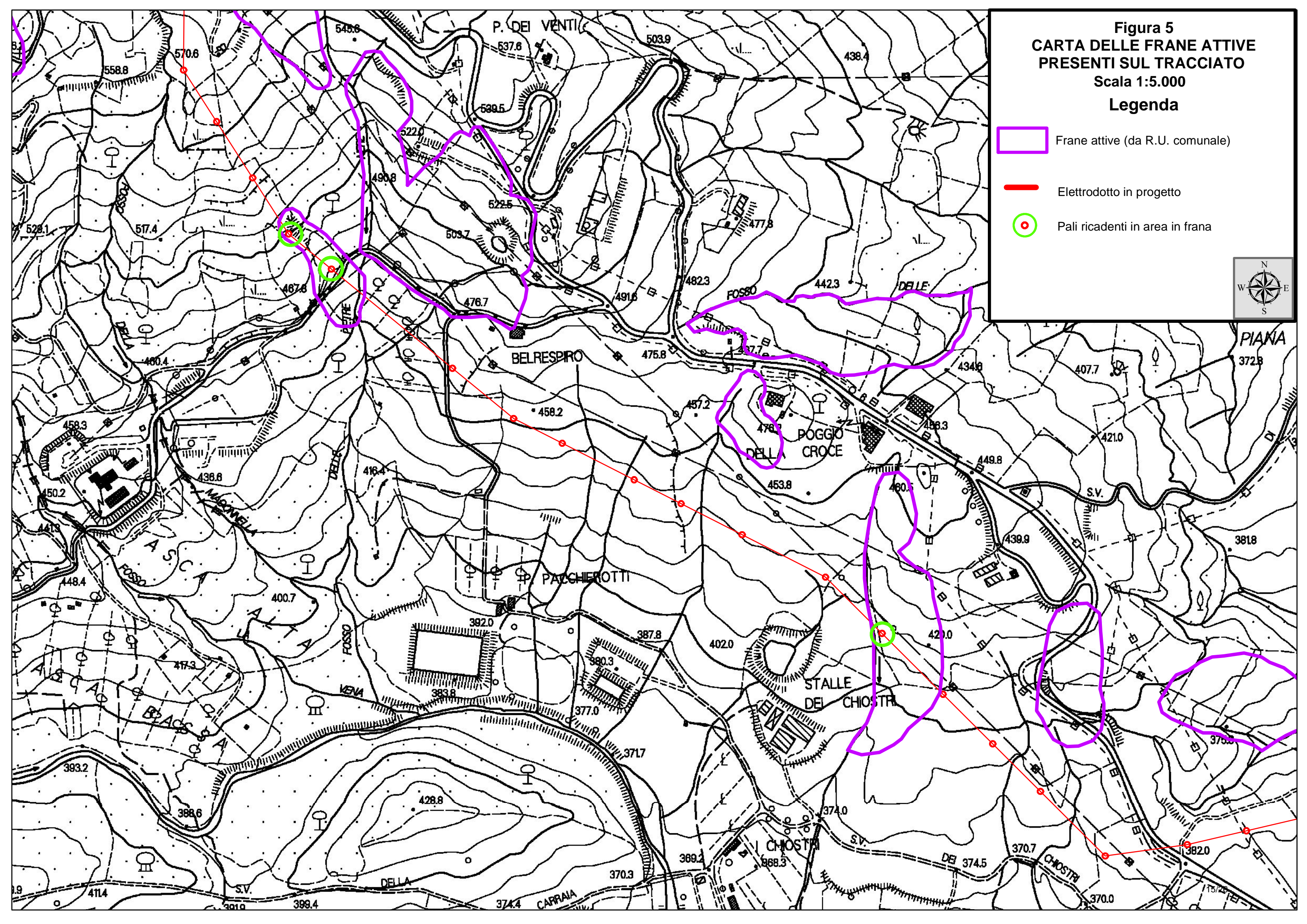


Foto 1: l'area sottoposta ad indagine geofisica. Si notano sulla sinistra della carreggiata le gabbionate realizzate nel passato a protezione della carreggiata

Nessuna indicazione particolare ci sembra necessario dover fornire per le altre zone interessate dalla linea, dove i pali potranno essere fondati a profondità di circa 1 metro dal piano di campagna, in modo da superare la porzione più degradata della coltre di alterazione.

Figura 5
CARTA DELLE FRANE ATTIVE
PRESENTI SUL TRACCIATO
Scala 1:5.000
Legenda

-  Frane attive (da R.U. comunale)
-  Elettrodotto in progetto
-  Pali ricadenti in area in frana



4. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono stati esaminati gli aspetti geologici e geomorfologici relativi alla realizzazione dell'elettrodotto aereo MT che unirà l'impianto di produzione di energia geotermica del Progetto di Ricerca "CASA DEL CORTO" con la cabina primaria presso la centrale ENEL di Piancastagnaio.

Il tracciato previsto si svilupperà per una lunghezza di circa 5,3 km attraverso un terreno collinare e montano, superando un dislivello di circa 330 metri; l'ossatura dei versanti interessati dalla linea è costituita da due litofacies: la prima, presente nella prima metà dell'elettrodotto a partire dall'impianto di produzione, è costituita da **argille ed argille sabbiose** di età pliocenica e di deposizione marina, di colore grigio-azzurro; la seconda, presente all'incirca dalla località Stalla dei Chiostri sino alla cabina primaria, è costituita da **argille con calcari liguri** messi in posto verosimilmente per **frane sottomarine** (olistostromi) durante l'età pliocenica.

Numerose sono le aree interessate da dissesti quiescenti o stabilizzati incontrate dal tracciato dell'elettrodotto, in particolare nell'indagine sono state messe in evidenza quelle individuate sia dalla *Carta della Pericolosità geologica* del Piano Strutturale Comunale, sia quelle individuate dalla *Carta Geologica Regionale*. Il piano strutturale individua **solamente due frane attive** che interferiscono con il tracciato dell'elettrodotto, in località **Belrespiro** e in località **Stalle dei Chiostri**; nessuna frana attiva è cartografata dal recente CARG della Regione Toscana lungo il tracciato in esame.

Con l'intento di distinguere gli spessori delle porzioni di terreno sottoposte a dissesto, **è stata realizzata un'indagine geofisica localizzata all'interno dell'area in frana attiva** di Belrespiro che ha evidenziato la presenza di una **potenziale superficie di scivolamento ad una profondità compresa fra 3 e 4 m dal piano di campagna**.

A meno di ulteriori approfondimenti da effettuarsi in una fase successiva, risulta necessario e sufficiente prevedere, sia nel tratto interessato dalla frana attiva di Belrespiro che in quello interessato dalla frana attiva di Stalla dei Chiostri, **di appoggiare i 3 pali di sostegno dell'elettrodotto su plinti in cemento armato fondati ad una profondità di circa 4 metri dal piano di campagna**. Nessuna indicazione particolare ci sembra necessario dover fornire per le altre zone interessate dalla linea, dove i pali potranno essere fondati a profondità di circa 1 metro dal piano di campagna.

Il Geologo

ARCIDOSSO, 18 NOVEMBRE 2015

APPENDICE

- ***Indagine geofisica***

RELAZIONE GEOFISICA

1 Premessa

La presente indagine geofisica ha l'obiettivo di fornire alcune indicazioni sulla geometria di un movimento franoso situato a SE rispetto all'abitato di Piancastagnaio. Nell'area è stata eseguita una tomografia sismica a rifrazione in onde P al fine di distinguere una possibile coltre con scarse caratteristiche meccaniche da un substrato rigido. Il centro dello stendimento ha le seguenti coordinate WGS84: 42,836069 e 11,705160

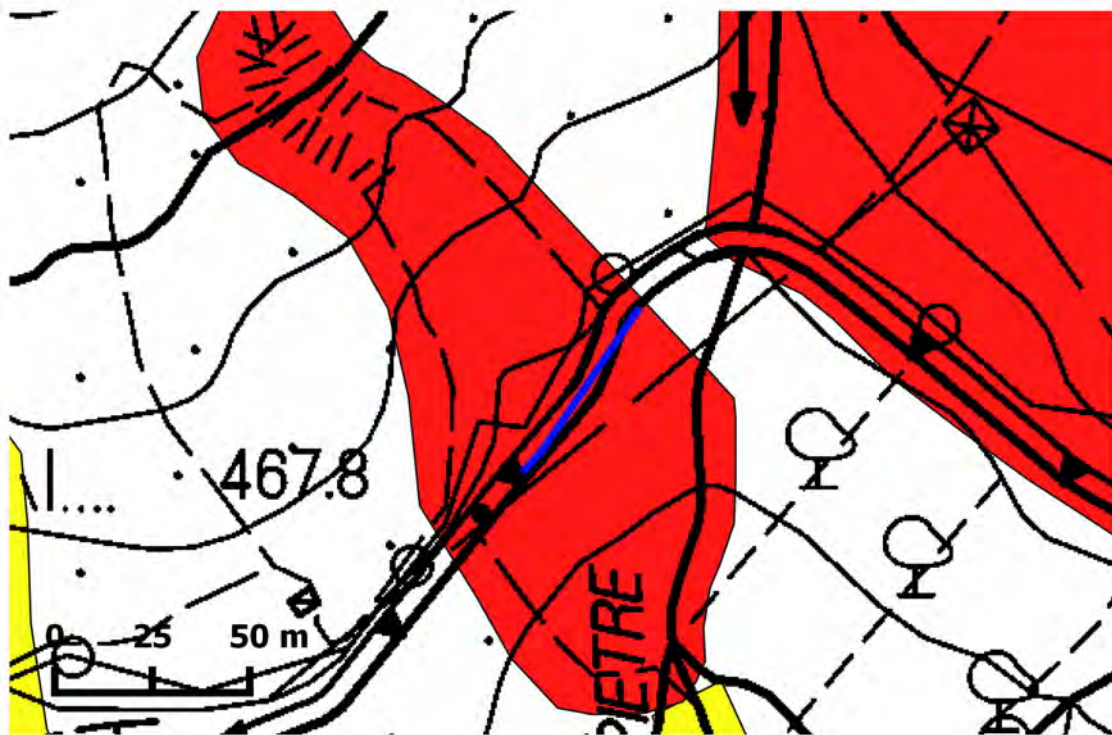


Fig.1: ubicazione frana in rosso, la linea blu indica lo stendimento di sismica a rifrazione.

2 Strumentazione utilizzata

Il sistema usato per l'acquisizione è quello prodotto dalla SARA Electronic Instruments s.r.l ed è composto da:

- un sismografo a 12 canali;

- 12 geofoni;
- 1 geofono starter;
- un'unità di testa;

I geofoni hanno la sola componente verticale con una frequenza naturale di 4.5 hz e una sensibilità di 28 V/m/s .Il sismografo è costituito da 12 unità poste lungo il cavo sismico a distanze regolare; questa unità sono essenzialmente dei convertitori analogico-digitali SARA 16 bit, con filtro passa basso con 200 hz di frequenza di taglio e un filtro passa alto con frequenza di taglio posta a 2 hz. Il trigger, ovvero lo start della registrazione, viene dato attraverso il geofono starter. L'unità di testa, infine, non è altro che un'interfaccia tra i vari digitalizzatori posti lungo il cavo e il computer collegato ad essi. L'energizzazione del terreno è stata eseguita con un colpo di maglio da 6 kg su una piastra battente in PVC.

3 Descrizione delle operazione di acquisizione, processing e inversione

3.1 Acquisizione sismica a rifrazione in onde P

I parametri utilizzati nell'acquisizione dei sismogrammi sono stati selezionati sulla base delle velocità e delle geometrie attese sul sito studiato; nel sito in oggetto si è optato per un tempo di registrazione di 0.25 s, con una frequenza di campionamento di 5000 hz e uno **stendimento lungo 22 metri con 12 geofoni** le battute fuori stendimento sono state eseguite a 10 m e 12 m rispettivamente dal primo e dall'ultimo geofono. Il numero di **punti sorgente utilizzati è 5 di cui 3 esterni e 2 interni**. Grazie alla morfologia dell'area lo stendimento è stato posizionato interamente alla stessa quota.

Al fine di definire in maniera precisa il primo arrivo su ogni traccia si è eseguito lo stacking (somma) di più energizzazioni su ogni punto sorgente. Nell'allegato in calce a questa relazione è presente uno schema con l'ubicazione e la geometria dettagliata dello stendimento.

3.2 Processing ed inversione della sismica a rifrazione P

L'elaborazione della sismica a rifrazione prevede il primo fondamentale passaggio del picking dei primi arrivi, in cui si cerca di definire i tempi di primo arrivo dell'onda rifratta per ogni traccia misurata. Si costruisce così una dromocrona (curva che mostra la variazione dei tempi di arrivo in base alla distanza dalla sorgente) per ogni energizzazione. I metodi utilizzati per ottenere la sezione di velocità delle onde P partendo dalle dromocrone e dalla geometria dello stendimento utilizzati in questo studio sono due:

- GRM (Generalized Reciprocal Method): teorizzato da Palmer nel 1980, permette di individuare in maniera precisa l'interfaccia tra una coltre superficiale più lenta e un substrato veloce. Il passaggio più delicato di questo metodo è la ricostruzione della dromocrona relativa ad ogni strato, seguendola, se possibile, da un estremo all'altro dello stendimento, assemblando quindi insieme tratti di dromocrone relative a sorgenti differenti ma i cui segnali provengono dallo stesso rifrattore. Ciò andrà fatto sia per il tiro diretto che per quello coniugato. Il processing e l'inversione dei dati è stata eseguita con il programma SismaCon prodotto da ProgramGeo.;
- Tomografia sismica: tale metodo è ottimale per ricostruire in maniera continua la velocità delle onde P nel sottosuolo; in questo caso si deve prima di tutto definire un modello iniziale rispetto al quale si calcola il percorso dei raggi sismici con un algoritmo di ray-tracing; una volta trovato il percorso dei raggi si calcola i tempi di arrivo per quel particolare modello i quali sono confrontati con i tempi di arrivo misurati sul terreno. A questo punto inizia una procedura iterativa che prevede di modificare leggermente il modello iniziale e sulla base di questo calcolare il percorso dei raggi sismici e le nuove dromocrone. Questo processo è ripetuto per un certo numero di volte tale che l'errore tra le dromocrone calcolate e quelle misurate sia minimo e stabile

4 Presentazione dei risultati

I risultati dell'indagine sismica a rifrazione in onde P sono riassunti nell'allegato 1 posto in calce alla relazione geofisica:

- **ubicazione dettagliata, documentazione fotografica e geometria dello stendimento (pag.1);**
- **Dromocrone e relativi tempi di arrivo (pag 2);**
- **sezione risultante da elaborazione GRM (pag.3) ;**
- **sezione risultante da elaborazione Tomografica (pag.4).**

La sezione risultante dall'elaborazione GRM ha evidenziato due sismostrati:

1. una **coltre superficiale con velocità di 1006 m/s** e spessore costante di circa 4 m;
2. un livello con **velocità di 2078 m/s e spessore indefinito identificabile come substrato.**

Il modello iniziale utilizzato per l'inversione tomografica è a strati piano paralleli costituito da 3 livelli con velocità crescenti di 700 m/s, 1200m/s e 2000 m/s con le interfacce poste a -4,00 m e -10,00 m.

La sezione risultante dalla tomografia sismica mostra anche la presenza di un'anomalia a bassa velocità nella parte NE della della sezione con velocità variabile da 500 a 900 m/s che circa a -3,00 m passa ad un sismostrato caratterizzato da velocità più alte. Si può inoltre osservare la presenza a partire dalla posizione 14 m e procedendo verso NE di un progressivo approfondimento delle linee di isovelocità che sembrano formare una leggera convessità.

Durante il sopralluogo effettuato in fase di pianificazione della sismica a rifrazione è risultato subito evidente la presenza di un movimento attivo che genera dislocazioni della viabilità esistente; la sismica a rifrazione effettuata ha evidenziato la presenza di un corpo convesso a bassa velocità ad una profondità compresa fra 3 e 4 m che poggia su un substrato decisamente più rigido il quale potrebbe rappresentare il piano di scivolamento dei terreni alterati sovrastanti.

Indagine sismica a rifrazione in onde P: Piancastagnaio (SI)

Allegato 1

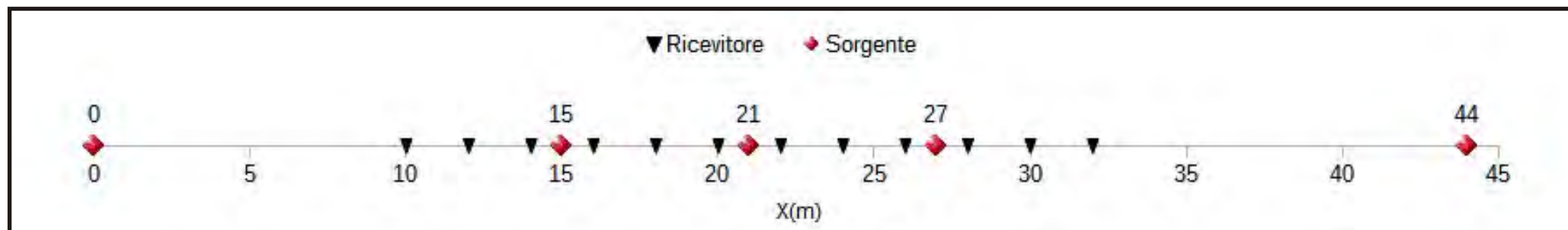
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



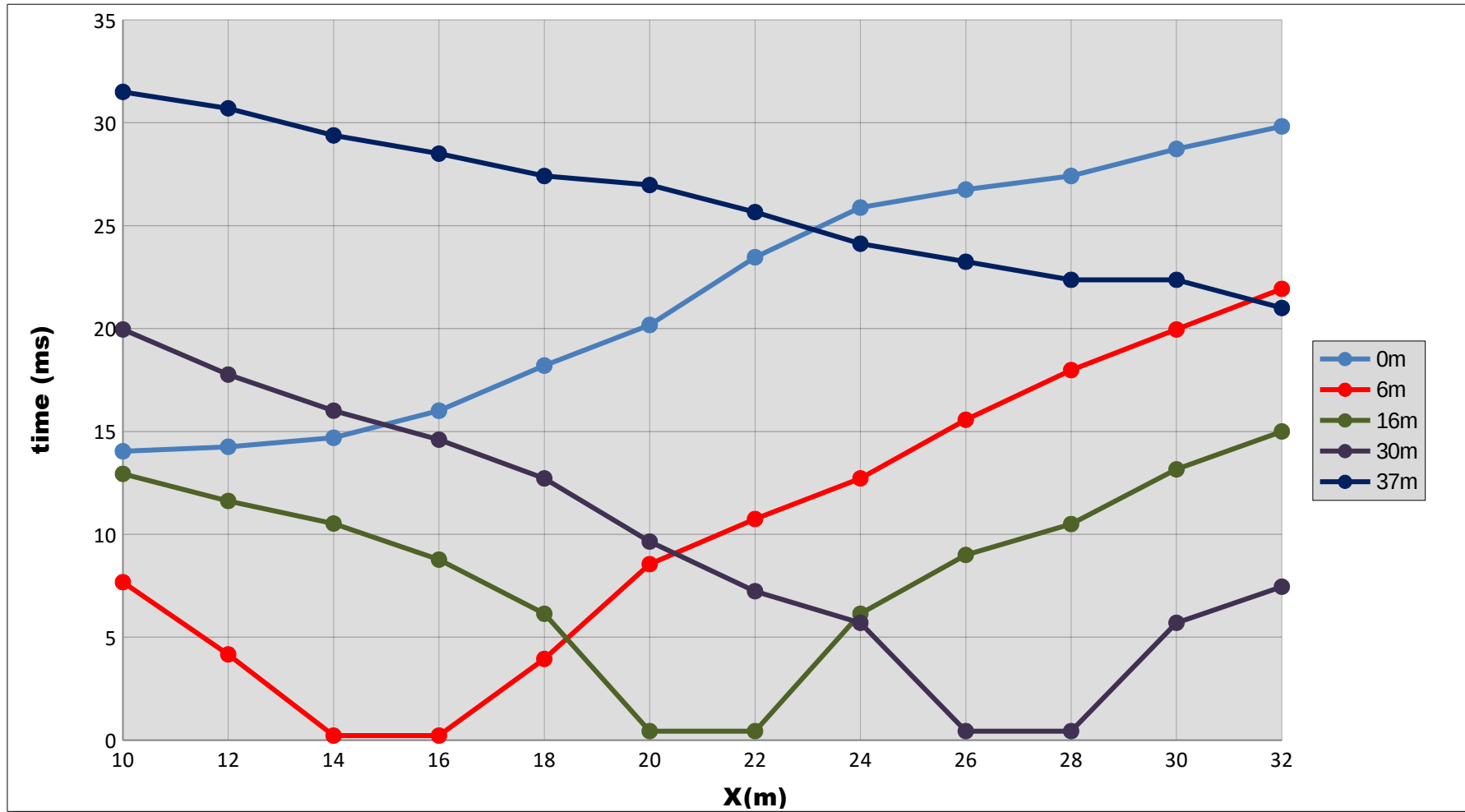
UBICAZIONE



GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO

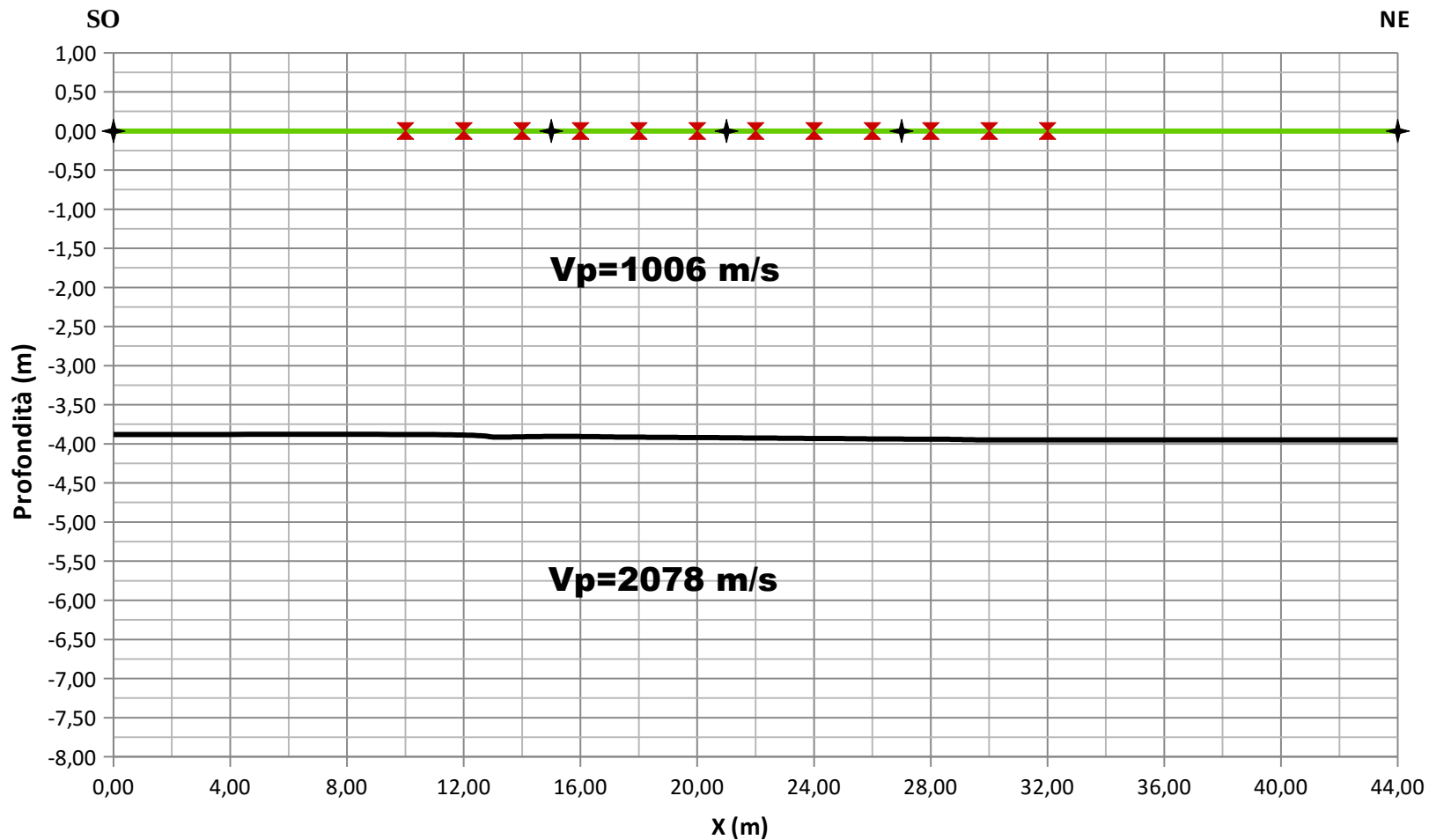


DROMOCRONE E TEMPI DI ARRIVO

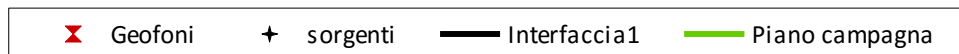


	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
0m	16,51	29,19	36,87	44,55	47,24	49,54	53,00	54,92	54,92	57,22	61,44	68,74
15m	3,84	9,60	25,73	30,34	32,26	35,33	40,32	42,63	46,08	45,70	47,62	49,16
21m	30,34	24,19	17,67	11,52	6,91	1,15	1,15	4,99	11,90	17,28	23,04	29,57
27m	54,92	53,38	46,47	45,31	44,16	36,10	31,49	24,58	18,43	12,29	8,45	2,24
44m	67,00	61,00	58,76	53,00	52,23	50,31	48,77	44,16	39,94	34,95	29,57	23,43

Sezione risultante



Interfaccia1	
Ascissa	quota
0,00	-3,88
11,00	-3,88
13,00	-3,91
15,00	-3,91
17,00	-3,91
19,00	-3,92
21,00	-3,92
23,00	-3,93
25,00	-3,93
27,00	-3,94
29,00	-3,94
31,00	-3,95
44,00	-3,95



SEZIONE TOMOGRAFICA

