



REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PARMA
COMUNE DI BORGO VAL DI TARO



PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE
DEL PARCO EOLICO
"MONTE CROCE DI FERRO"

Potenza complessiva 30 MW

PROGETTO DEFINITIVO
DELL'IMPIANTO, DELLE OPERE CONNESSE E DELLE
INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI

AE-11.6

STUDIO GEOLOGICO DI DETTAGLIO
ALLARGAMENTO STRADA IN
LOCALITA' VIGHINI

COMMITTENTE

**BORGOTARO
WIND**

**Piazza del Grano 3
39100 Bolzano, Italia**

GRUPPO DI LAVORO

Ing. GIUSEPPE STEFANINI: progettista opere civili, idrauliche e calcoli strutturali

Ing. PIETRO RICCIARDINI (GEOTECH srl): progettista opere elettriche e sottostazione

Ing. GIULIO BARTOLI, Dott. Geol. STEFANO MANTOVANI (MMA srl): SIA, studi paesaggistici, relazioni specialistiche, studio geologico geotecnico, studio di impatto acustico, simulazioni fotografiche

Dott.ssa. MARIA GRAZIA LISENO (NOSTOI srl): studio archeologico

Prof. DINO SCARAVELLI (Coop. S.T.E.R.N.A.): relazione faunistica, piano di monitoraggio faunistico, avifaunistico e chiroteri, relazione floristico-vegetazionale

Arch. LUCIANO SERCHIA: consulente paesaggistico

Arch. STEFANO BOTTI (ABACUS sas) geom. CESARE SCHIATTI (STUDIO ARCO srl): rilievi aerofotogrammetrici e GNSS, documentazioni fotografiche da drone e da terra

Arch. MATTEO MASCIA: modellazione tridimensionale e renderizzazione fotorealistica

Dott. ENRICO CIRCELLI: consulenza micologica

Dott. Forestale FRANCESCO MARIOTTI: progettista interventi forestali compensativi

SCALA:

FIRME



Giulio Bartoli



Stefano Mantovani

Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data
00	Integrazione nota ARPAE SAC Parma Prot. n. 203102/2022 del 12/12/2022	Mantovani	Mantovani	Piovatucci A.	Marzo 2023



REGIONE EMILIA ROMAGNA

Comune di Borgo Val di Taro (Parma)

BORGOTAROWIND

Borgotaro Wind Srl

Piazza del Grano 3, Bolzano, P.IVA e Cod. Fisc. 03127880213

**PROGETTO DEL
PARCO EOLICO “MONTE CROCE DI FERRO”,
DELLE OPERE CONNESSE E
DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**

PROGETTO PARCO EOLICO

**AE-11.6 STUDIO GEOLOGICO DI DETTAGLIO
ALLARGAMENTO STRADALE IN LOCALITA VIGHINI**

Revisione 00 d.d. marzo 2023



INDICE

1. PREMESSA	3
2. UBICAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO.....	3
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	7
4. QUADRO GEOLOGICO REGIONALE	9
4.1 Inquadramento geologico	9
4.2 Successione stratigrafica	11
4.2.1 Arenarie di Monte Gottero (GOT)	11
4.2.2 Litozona argillitica caotica (GOTa).....	11
4.2.3 Argilliti di San Siro (SSI)	11
4.2.4 Litozona marnosa (SSla) (Marne di Pontolo)	12
5. QUADRO GEOLOGICO LOCALE	15
5.1 Geologia	15
5.2 Geomorfologia	16
6. INDAGINI GEOFISICHE	21
6.1 Indagini sismiche a rifrazione.....	21
6.2 Elaborazione ed interpretazione prospezioni tomografiche con tecnica a rifrazione	23
7. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA.....	25
7.1 Unità litotecniche	25
7.2 Sezione geologico-tecnica	26
7.3 Sezione geofisica.....	27
8. VERIFICA DI STABILITA'	29
8.1 Descrizione metodo di calcolo	29
8.2 Risultati delle verifiche	31
9. CONCLUSIONI	35



1. PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto al fine di recepire le integrazioni richieste con note prot. 203102/2022 trasmessa in data 12/12/2022 da parte di ARPAE Servizio Autorizzazioni e Concessioni di Parma e prot. 8492/4.2 trasmessa in data 5/12/2022 da parte dell'Unione dei Comuni Valli Taro e Ceno al seguente paragrafo:

- **AMBITO:** Direttiva regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico, ai sensi ed in attuazione degli artt.148,149,150 e 151 della L.R.21 aprile 1999, n.3 “Riforma del sistema regionale e locale - ESITO ISTRUTTORIA

Si chiede di produrre per l'intervento di allargamento stradale in località I Vighini, il progetto delle opere (Relazione Tecnica Illustrativa, Planimetrie, Sezioni, Stima dei m3 di scavo e di riporto, Schema di smaltimento delle acque meteoriche e superficiali), a supporto del quale dovrà essere prodotto uno studio geologico di dettaglio (nelle forme previste dalle disposizioni vigenti in materia comprensivo di indagini geognostiche) che dovrà esprimere in maniera inequivocabile un giudizio di fattibilità in riferimento alle specifiche soluzioni del progetto

Il presente studio geologico illustra gli studi, le indagini e le verifiche eseguite relativamente all'allargamento stradale in località Grifola previsto nel progetto di **costruzione del Parco Eolico “Monte Croce di Ferro”**, proposta dalla società **Borgotaro Wind**.

Lo studio è stato redatto sulla base delle prescrizioni riportate nell'Aggiornamento delle *Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17.01.2018 e Circolare 21.01.2019 n 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 17.01.2018)* e della vigente legislazione nazionale e locale, ed è finalizzato alla definizione delle caratteristiche geologiche (litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche), dell'area di intervento.

2. UBICAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO

La zona oggetto del presente studio è ubicata in Comune di Borgo Val di Taro PR, nel settore sud-orientale del territorio comunale; in particolare, l'area del Parco Eolico si colloca in corrispondenza del crinale Tosco-Emiliano nella zona compresa all'incirca tra il Monte Croce di Ferro (ad Ovest) e il Monte Borraccia (ad Est); la sottostazione utente collegata al Parco è ubicata a Borgo Val di Taro, in un'area ad Est della stazione ferroviaria ed in particolare ad Est del Centro Edile.

L'ubicazione del parco è meglio illustrata nelle Figura 2.1, Figura 2.2, Figura 2.3.

In Figura 2.4 e Figura 2.5 si dettaglia invece l'area interessata dall'allargamento stradale che sarà illustrata nella presente relazione.

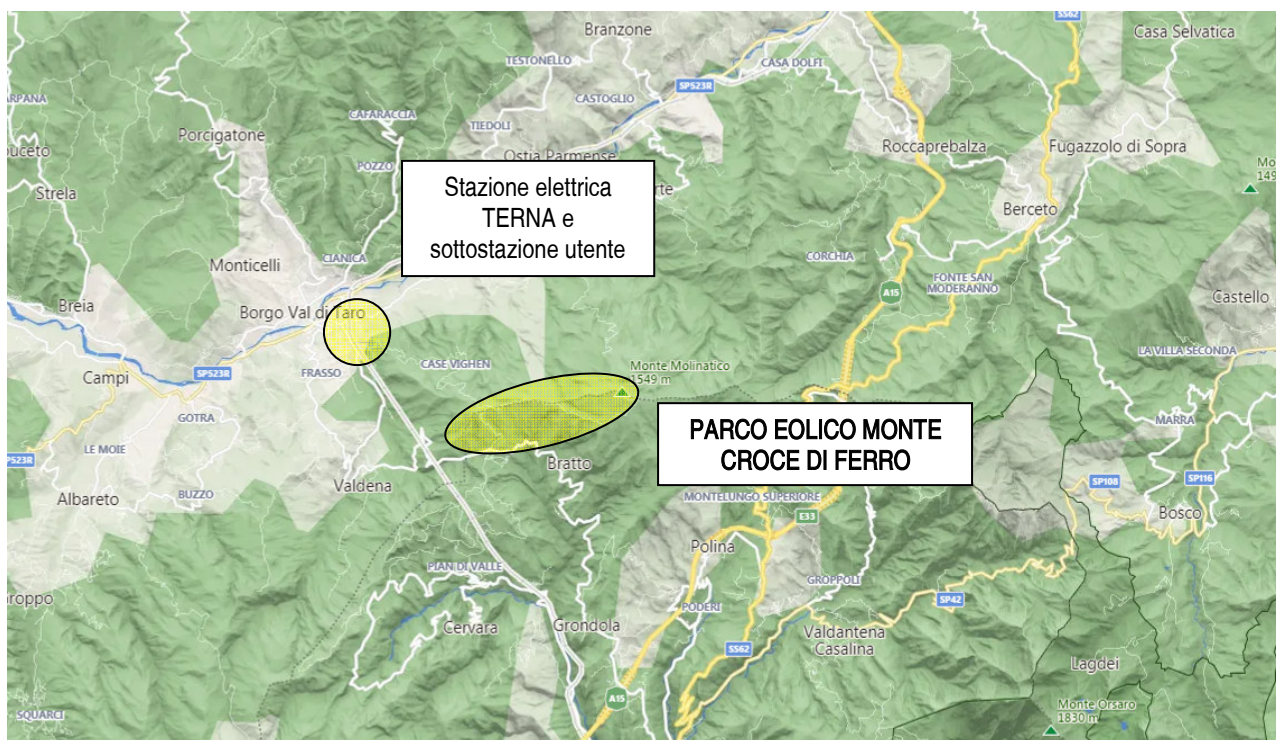


Figura 2.1 - Inquadramento territoriale

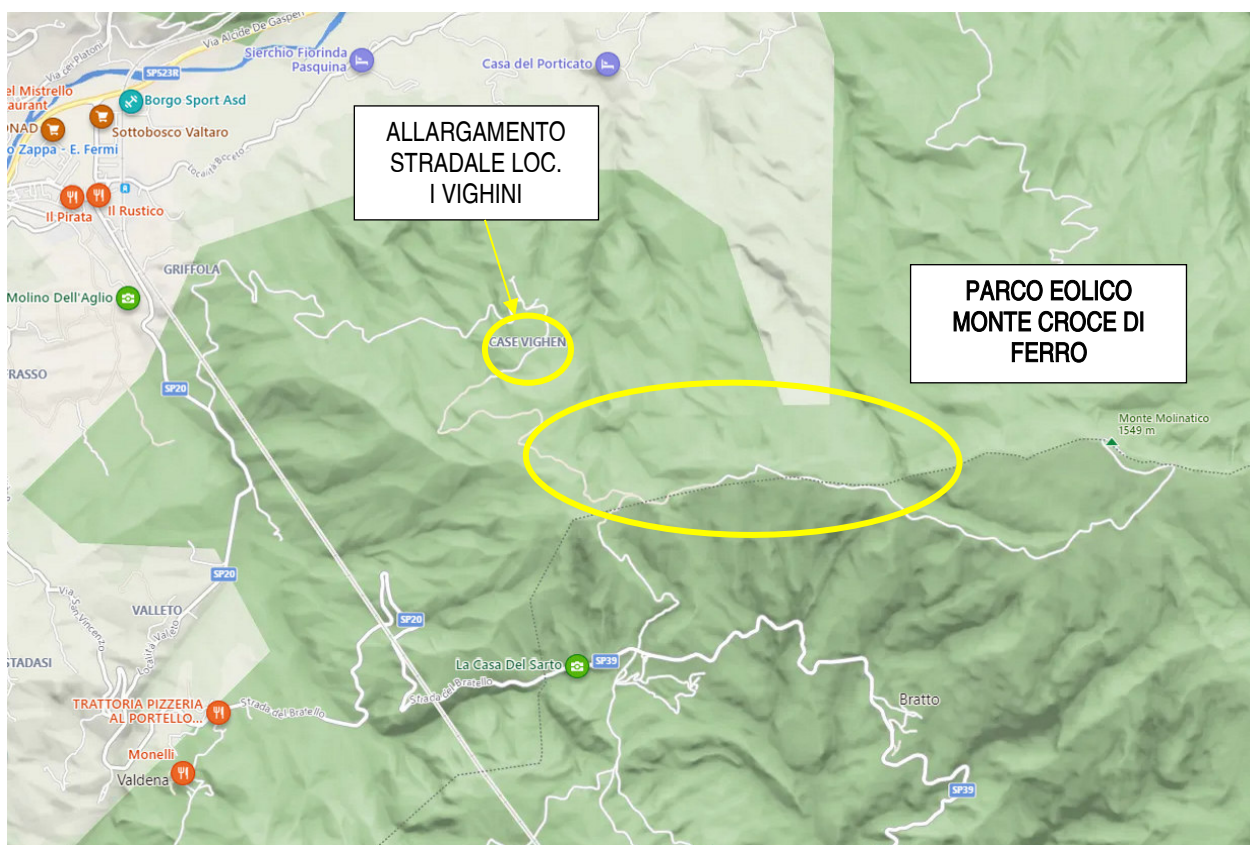


Figura 2.2 – Area del parco eolico

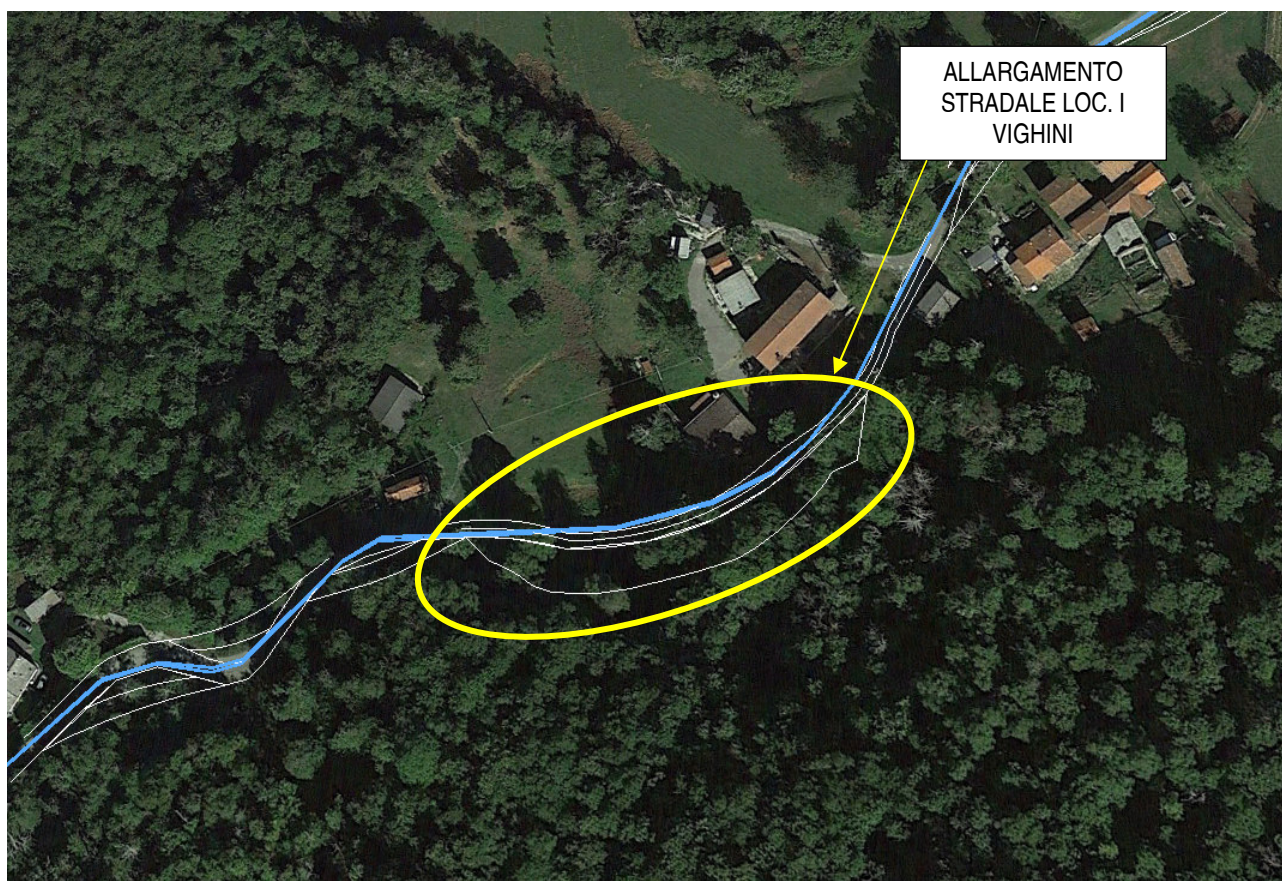


Figura 2.5 – Inquadramento da foto aerea del sito



3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La strada Comunale che porta all'abitato di Case Vighini è stata progettata e realizzata negli anni 60 del 900; fino alla località denominata “Carlinetti” sono stati utilizzati raggi di curvatura e larghezza di sedime conformi a criteri progettuali adeguati lungo un nuovo tracciato e abbandonando i percorsi precedenti; nei tratti più a monte e fino al confine con le aree delle comunali è stato invece utilizzata come tracciato di base una precedente strada interpoderale senza modificare l'andamento planialtimetrico e quindi con limiti dimensionali.

Anche il tratto oggetto di intervento, che attraversa l'abitato, risente di questa diversa genesi e quindi presenta larghezze ridotte e solo parziali opere d'arte di presidio e contenimento; la larghezza è ridotta (non superiore a 3.00 m), a valle è presente un muro di sostegno in c.a. prospiciente un fabbricato privato, mentre a monte la scarpata è sorretta da alcuni tronchi disposti orizzontalmente che, anche se definibili come “opera di ingegneria naturalistica”, hanno una capacità contenitiva molto limitata e sono stati realizzati non meno di 30 anni fa.

Non sono presenti canalette di scolo o banchine che possono convogliare l'acqua in modo ordinato verso valle, nè tantomeno fossi di guardia di monte a salvaguardia delle opere di sostegno e della scarpata naturale. La conservazione nel tempo del profilo è indice di caratteristiche del terreno buone e di un livello accettabile di drenaggio dello stesso. Il fondo stradale è in discrete condizioni ed è costituito da uno strato di ghiaia di varia pezzatura, costipato e senza particolari cedimenti.

Le ipotesi progettuali prendono spunto dai requisiti minimi previsti per la percorribilità da parte di mezzi d'opera e di mezzi speciali per il trasporto delle componenti degli aerogeneratori; in generale comunque tali requisiti soddisfano anche le caratteristiche tecniche afferenti alle strade comunali.

Tale prerogativa del nuovo progetto di adeguamento risulta congruo alle previsioni avanzate dal Servizio Tecnico dell'Unione Valli Taro e Ceno nell'ultimo capoverso delle richieste di integrazioni ed in merito alla “riclassificazione” della viabilità.

Le sezioni trasversali prevedono infatti una larghezza netta di circa 4,50 ml. a cui vanno aggiunti gli spazi di banchina e le opere per il convogliamento delle acque superficiali. I raggi di curvatura si manterranno elevati come anche la pendenza massima che seguirà il profilo attuale; l'allargamento avverrà esclusivamente verso monte con l'inserimento di un'opera di sostegno e contenimento costituita da una paratia in micropali con tiranti, rivestita con un paramento in c.a. faccia vista (*Figura 3.1*).

Tale soluzione consente di ridurre al minimo il volume scavato e la rimozione di piante, preserva la stabilità del pendio, e consente una ottimale regimentazione a monte; inoltre non impedisce la transitabilità della strada limitando l'ingombro dei mezzi, che nelle fasi principali opereranno fuori dalla corsia di marcia.

La lunghezza dei micropali sarà variabile da 5 a 10 ml. secondo l'altezza del fronte da sostenere, che in ogni caso non supererà i 4.00 ml. I tiranti verranno posizionati solo nelle parti in cui l'altezza supererà i 2.50 ml. con un passo di circa 3.00 ml. ed una lunghezza complessiva (ancoraggio + tratto libero) di circa 15 ml. Verticalmente verranno posizionati dei dreni con tubi corrugati che raccoglieranno e convoglieranno nella canaletta di banchina le acque filtranti di monte; queste ultime, per la loro porzione superficiale, saranno intercettate anche da un fosso di guardia e da una canaletta posta sulla sommità della paratia. Come emerge dalle tavole progettuali tutte le acque saranno raccolte a valle, nella zona Ovest dell'intervento e lungo lo sviluppo della strada, per essere poi convogliate in un fosso superficiale esistente. Le scarpate a monte manterranno le pendenze attuali e saranno inerbite, la sede stradale manterrà le caratteristiche attuali con manto in ghiaia assortita e compattata; la pendenza trasversale sarà verso monte e quindi in raccolta nello scolo di banchina in modo da evitare percolamenti lungo il muro di valle. Su quest'ultimo verrà mantenuto il guard-rail in acciaio tipo corten.

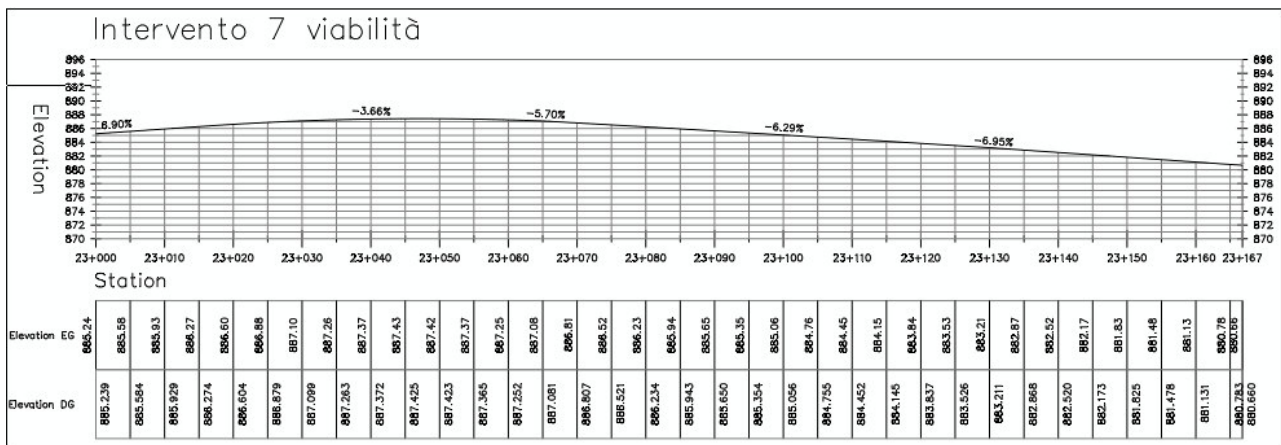
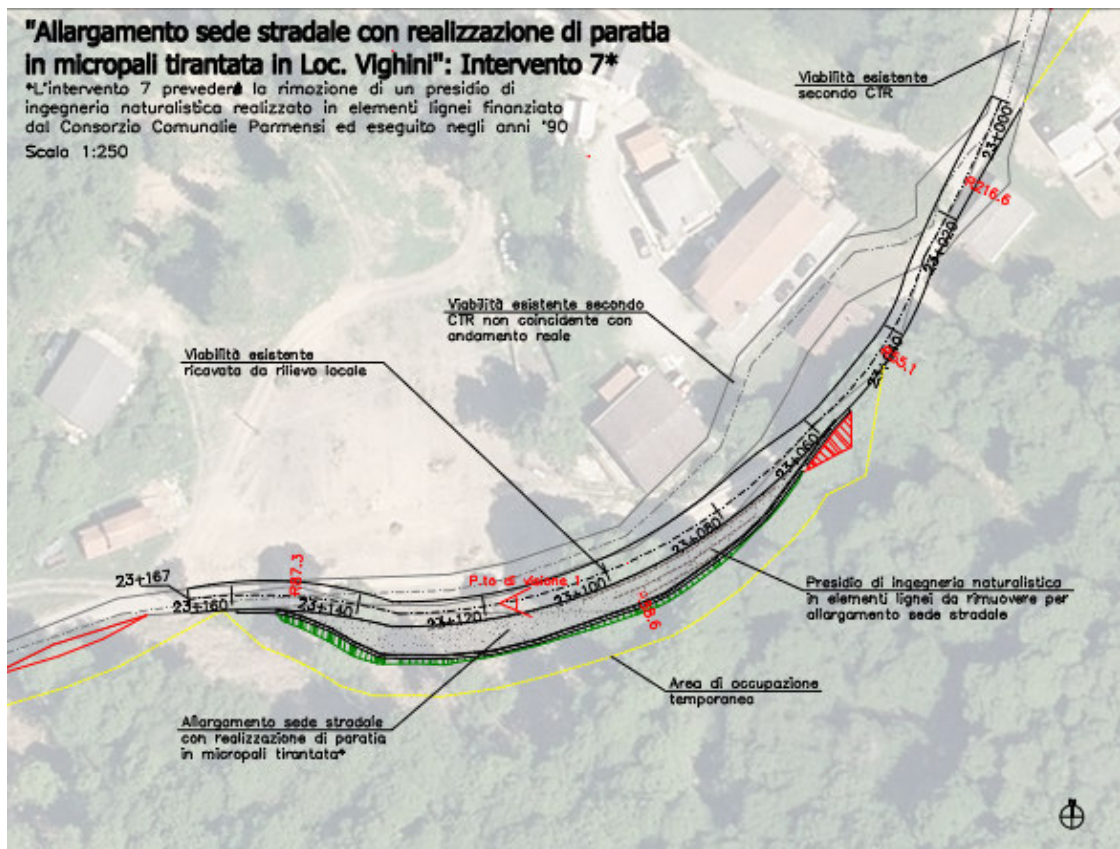
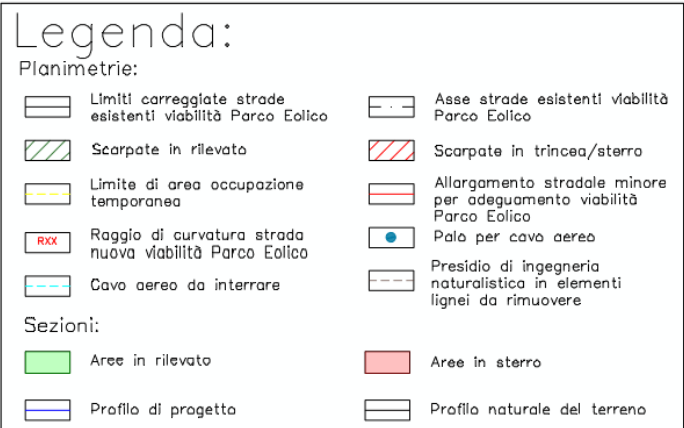


Figura 3.1 – progetto di allargamento stradale di Case Vighini



4. QUADRO GEOLOGICO REGIONALE

Lo studio è articolato nelle seguenti fasi principali:

- studio bibliografico relativo ai caratteri geologici generali dell'area in oggetto e reperimento di dati geologici, idrogeologici e geotecnici relativi alle formazioni geologiche ivi affioranti;
- reperimento di indagini geognostiche costituite da prove penetrometriche dinamiche tipo DPSH eseguite nella medesima formazione geologica;
- esecuzione di indagini sismiche costituite da stendimenti sismici a rifrazione con misurazione delle velocità delle onde longitudinali (P) e trasversali (S);
- analisi dei dati acquisiti, elaborazioni e sviluppo del modello geologico;
- verifica delle problematiche di carattere geomorfologico, idrogeologico e valutazioni sulla fattibilità.

4.1 Inquadramento geologico

L'inquadramento geologico regionale dell'area oggetto del presente studio è stato redatto sulla base degli studi illustrati nei seguenti elaborati bibliografici:

- “Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000” - Progetto CARG: CARtografia Geologica e geotematica - <http://www.apat.gov.it/Media/carg>
- “Cartografia Geologica della Regione Emilia-Romagna”: https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia

Per una più dettagliata descrizione dell'inquadramento geologico regionale si rimanda alla consultazione dell'elaborato **G-R.1 Relazione Geologica** presente nel progetto; in questa sede si ricorda che la zona oggetto di descrizione appartiene alle cosiddette “Unità Liguri” ed in particolare all'**UNITA' GOTTERO** identificata nella cartografia con il numero 10. (*Figura 4.1 – Schema geologico semplificato e Figura 4.2 - Schema Tettonico*).

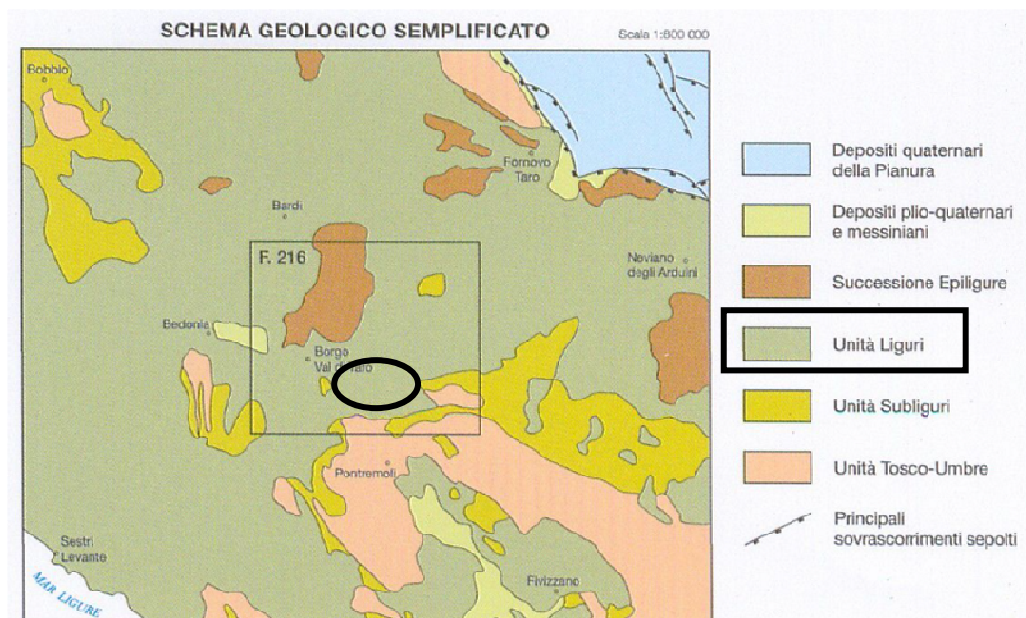


Figura 4.1 - Stralcio da Carta Geologica d'Italia 1: 50.000 – progetto CARG – sito ISPRA – schema geologico semplificato

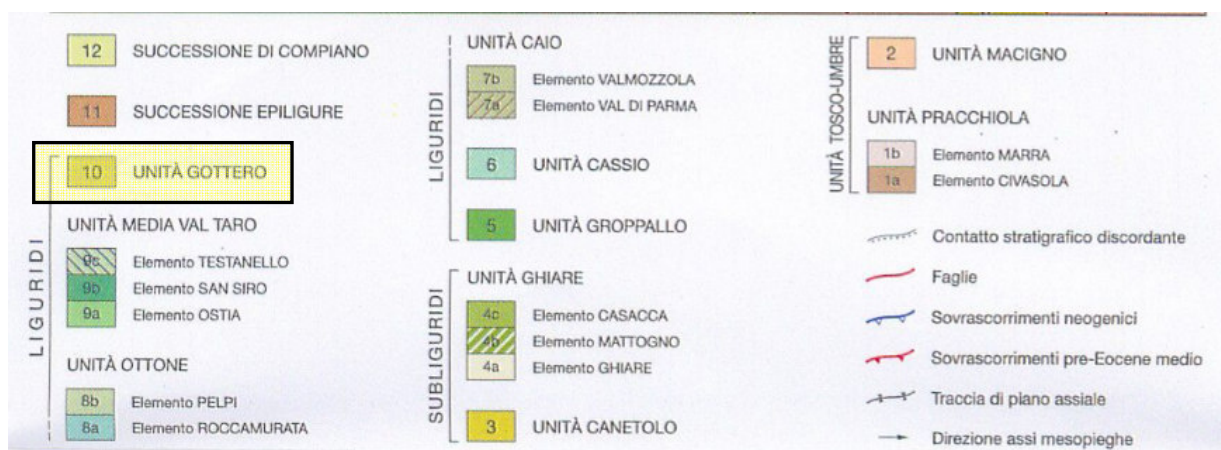
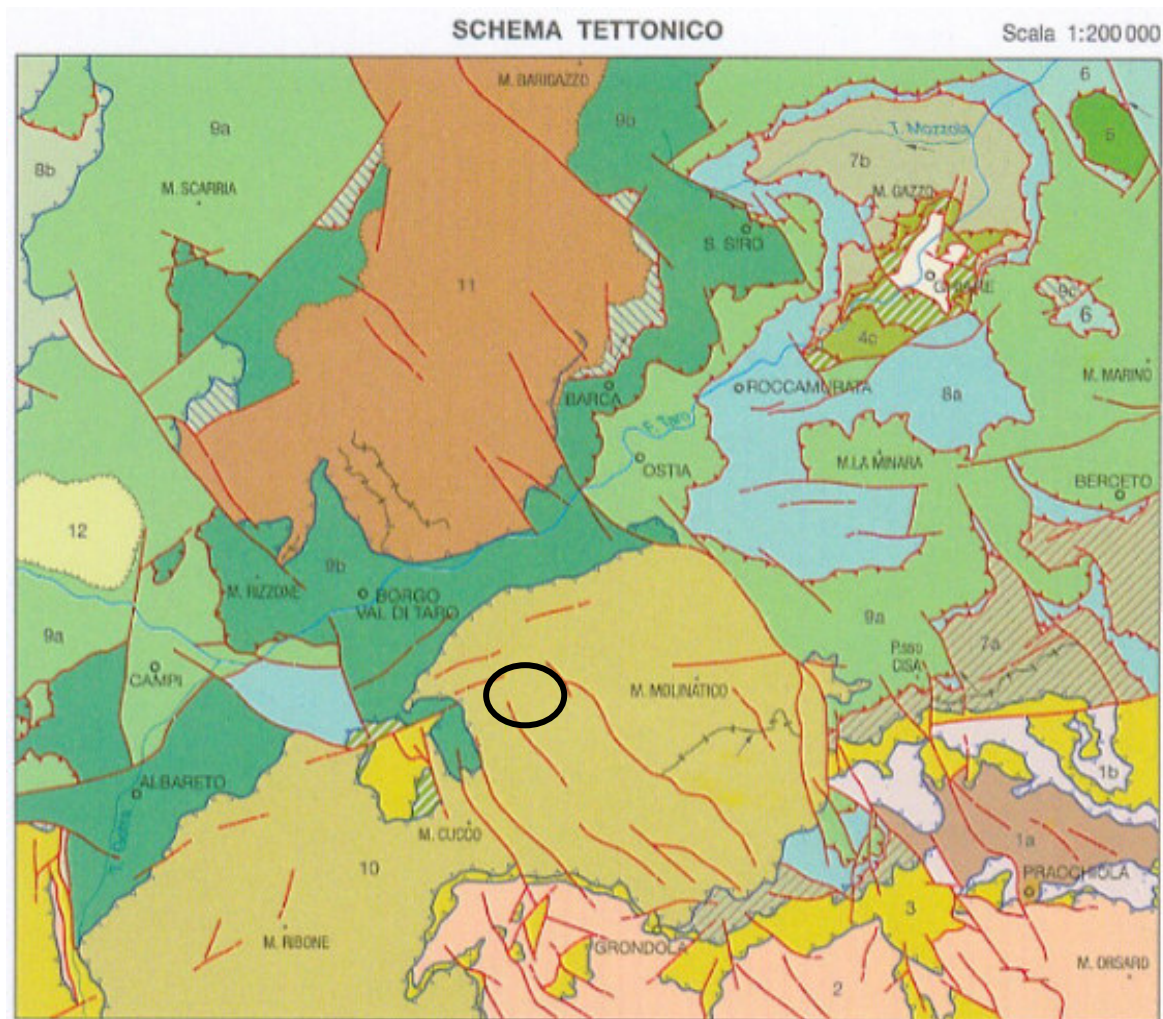


Figura 4.2 - Stralcio da Carta Geologica d'Italia 1: 50.000 – progetto CARG – sito ISPRA – schema tettonico



4.2 Successione stratigrafica

4.2.1 Arenarie di Monte Gottero (GOT)

Le informazioni reperite sulle NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (ISPRA scala 1:50.000) indicano che tutta l'area oggetto di studio rientra nell'ambito della formazione delle “**Arenarie di Monte Gottero (GOT)**”, appartenente all'**Unità tettonica GOTTERO** sopra richiamata e descritta.

Le **arenarie di Monte Gottero** sono rappresentate da una potente successione di arenarie torbiditiche generalmente poco inclinate con vergenza verso nord e ben affioranti sui ripidi versanti sud-orientali presenti localmente lungo il confine toscano-emiliano fino al Passo della Cisa.

Ottime esposizioni si osservano anche lungo la strada del Passo del Bratello tra Valderna e Grondola, mentre estese coltri detritiche rendono sempre difficoltosa l'individuazione della superficie di sovrascorrimento basale in destra idrografica della Val Taro.

L'unità si presenta generalmente poco deformata, coinvolta da fagli e abbastanza inclinate e da deformazioni plicative piuttosto blande; fa eccezione la zona sud del Monte Molinatico, dove le arenarie sono coinvolte in un piegamento che verticalizza alcune centinaia di metri di successione.

La formazione è costituita da **arenarie quarzoso-feldspatiche alternate ad argilliti e siltiti nerastre in rapporto a/p=1**; le arenarie si presentano generalmente a grana media e grossolana, in strati spessi e molto spessi, frequentemente massivi con intraclasti di argilliti verdi piuttosto frequenti.

Alternate a questa litofacies principale, sono presenti peliti nerastre con intercalate arenarie fini grigio-scuri in strati da medi a sottili.

La formazione raggiunge una potenza di circa 1000 m e comprende una litozona argillitica caotica GOT_a intercalata a differenti livelli.

Il contatto basale è sempre di sovrascorrimento sulle Argilliti di San Siro o sulle Arenarie di Scabiazza; in alcuni affioramenti l'impressione è che la superficie meccanica che separa le Arenarie di Monte Gottero dalle unità sottostanti possa rappresentare la tettonizzazione di un contatto originariamente stratigrafico.

4.2.2 Litozona argillitica caotica (GOT_a)

E' rappresentata da **corpi argillitici caotici di spessore decametrico intercalati alle Arenarie di Monte Gottero**, individuabili con buone esposizioni nella zona di M. Corlo, M. Ribone e M. Pero; tali intercalazioni sono costituite essenzialmente da **argilliti nerastre**, talora policrome, che richiamano le argilliti di San Siro.

Nelle argilliti sono inglobati dei blocchi decimetrici e lembi metrici di calcari micritici grigio chiari e biancastri, calcareniti fini, calcari marnosi grigio-scuri e arenarie nerastre fini; tali inclusioni sono quasi sempre rivestiti da patine di ossidi nerastri e lembi arenacei spesso presentano alterazioni ocracee. Sono inoltre compresi lembi metrici delle Arenarie di Monte Gottero, deformati in pieghe molto serrate, antecedenti al completamento del processo di litificazione delle stesse.

Le intercalazioni raggiungono uno spessore massimo di 70 m e si posizionano a differenti livelli nella parte medio-alta della successione.

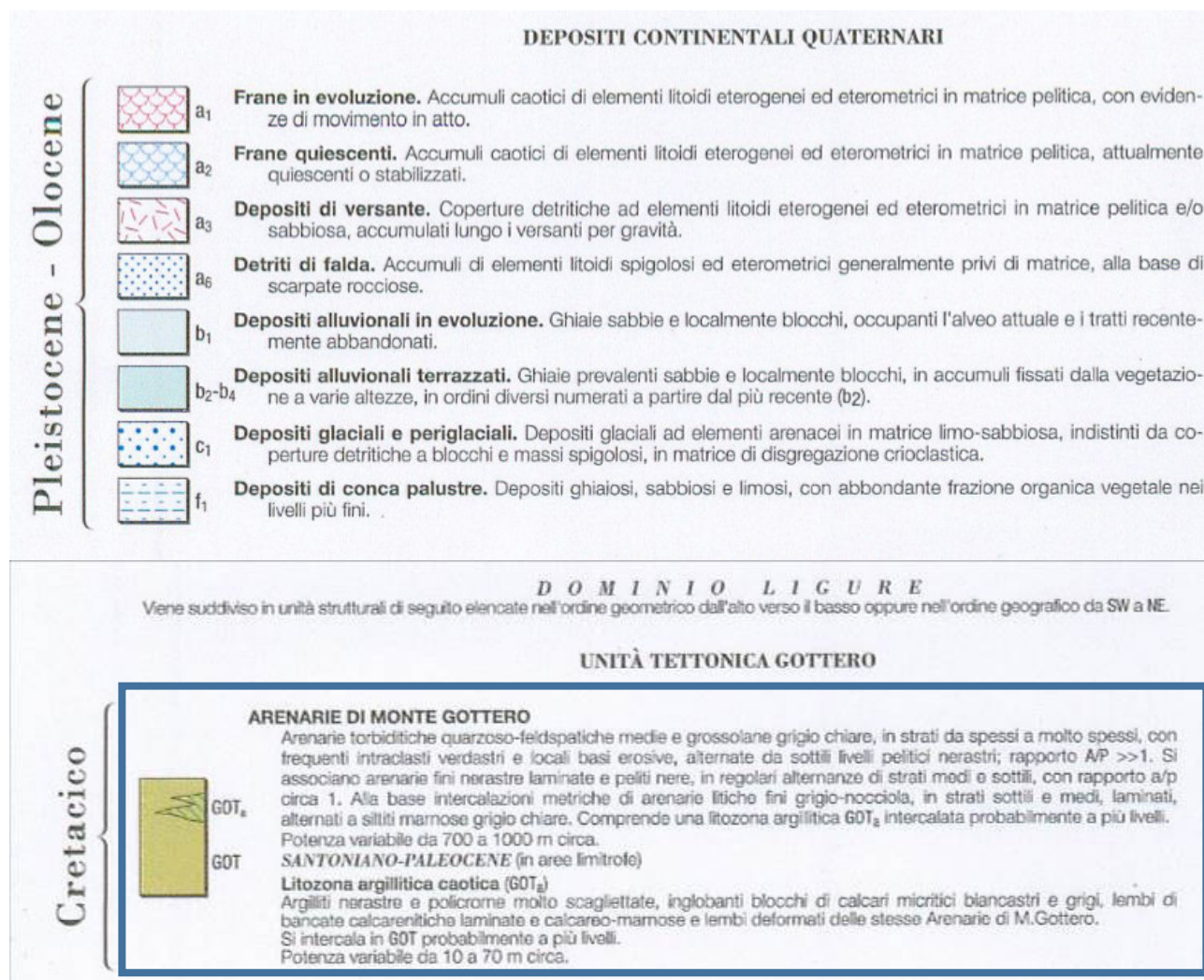
4.2.3 Argilliti di San Siro (SSI)

La formazione è costituita da argilliti nerastre, grigio-verdastre e rosso-violacee, intercalate da livelli calcilutitici e calcareniti grigiastre; talvolta si notano intercalazioni di sottili torbiditi arenacei in strati di spessore non costante, arenarie grossolane in strati sottili e livelli discontinui di breccie.



4.2.4 Litozona marnosa (SSla) (Marne di Pontolo)

Localmente è presente una litozona marnosa collocata nella zona alta delle Argilliti di San Siro, a cui risulta intercalata con passaggi anche gradualmente in lembi di geometria molto irregolare, talora lenticolare, spessore decametrico. Si riconoscono marne grigie a volte più argillose o calcaree, in strati molto spessi a base calcarenitica fine laminata, intercalati da orizzonti argillitici nerastri e grigio-verdastri e localmente da siltiti grigio scure.



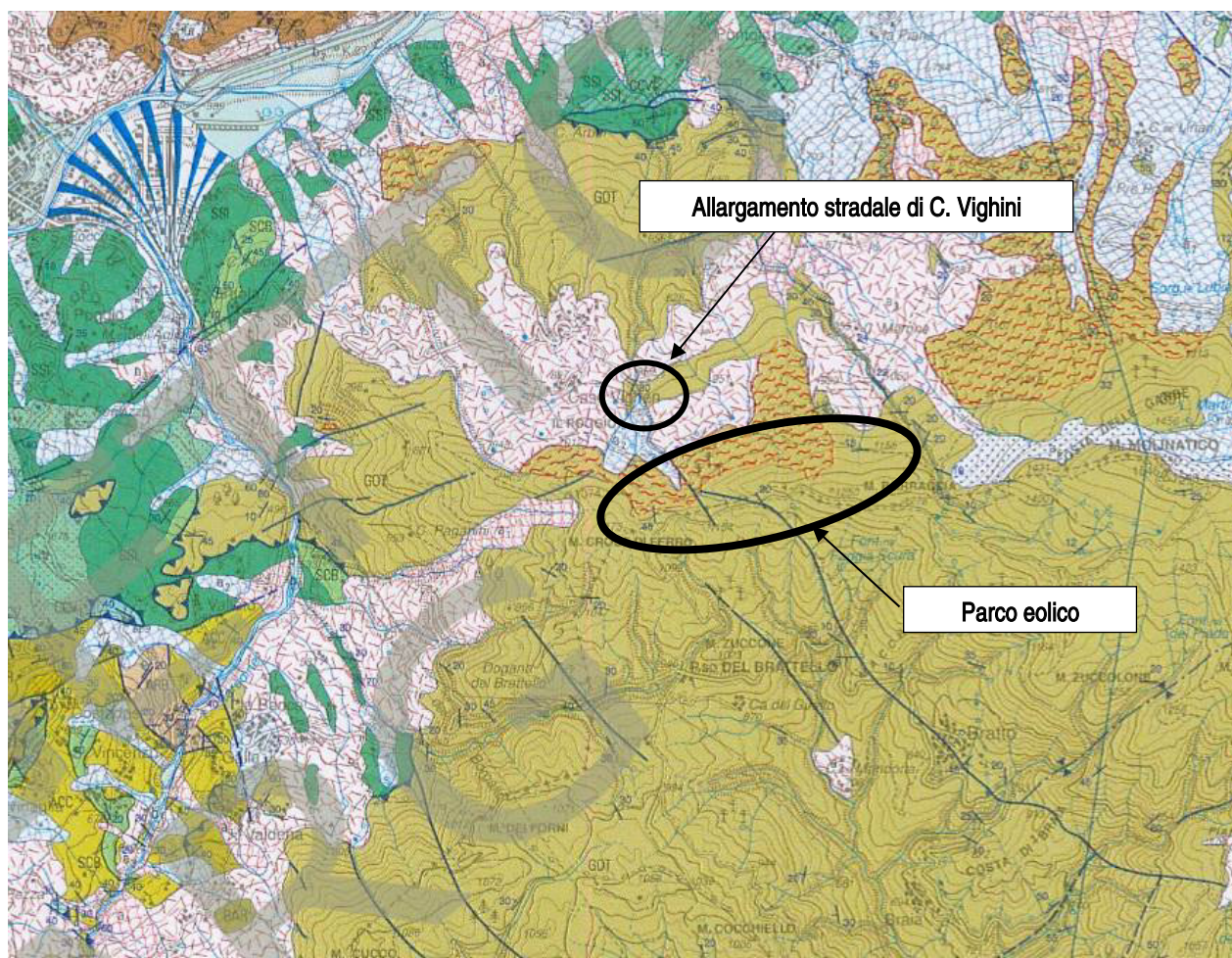
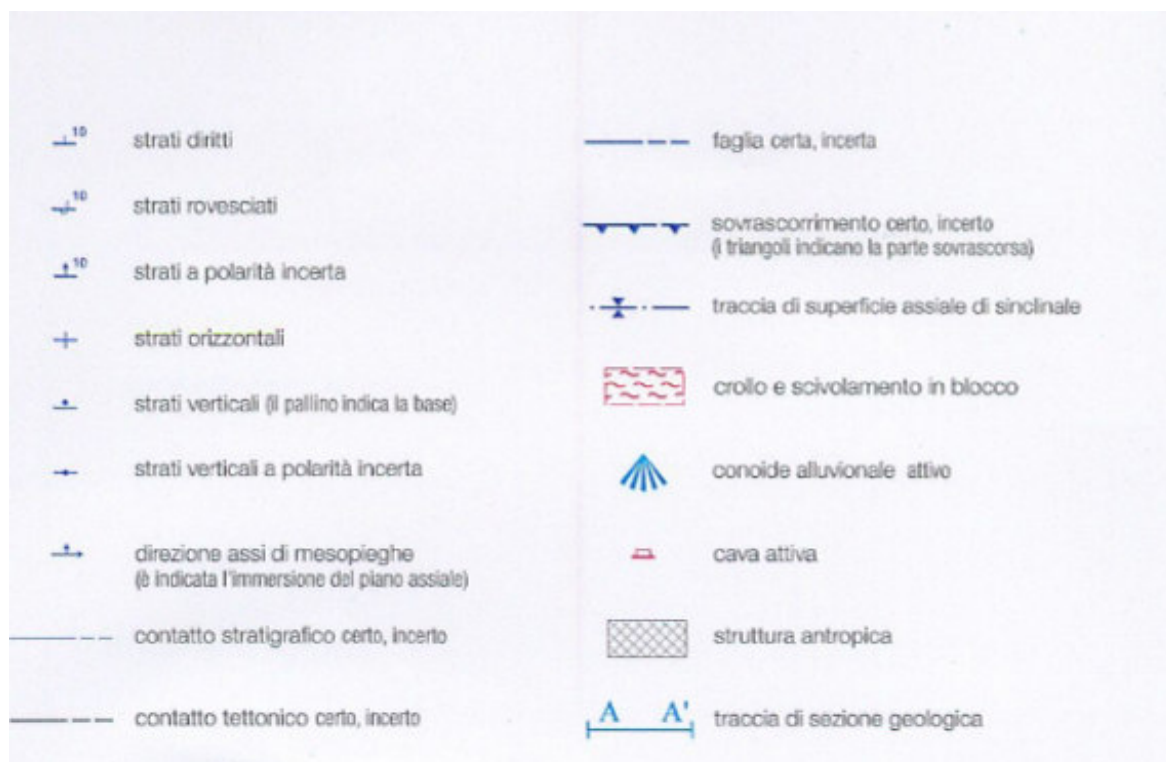


Figura 4.3 - Stralcio da Carta Geologica d'Italia 1: 50.000 – progetto CARG – sito ISPRA – PANORAMICA

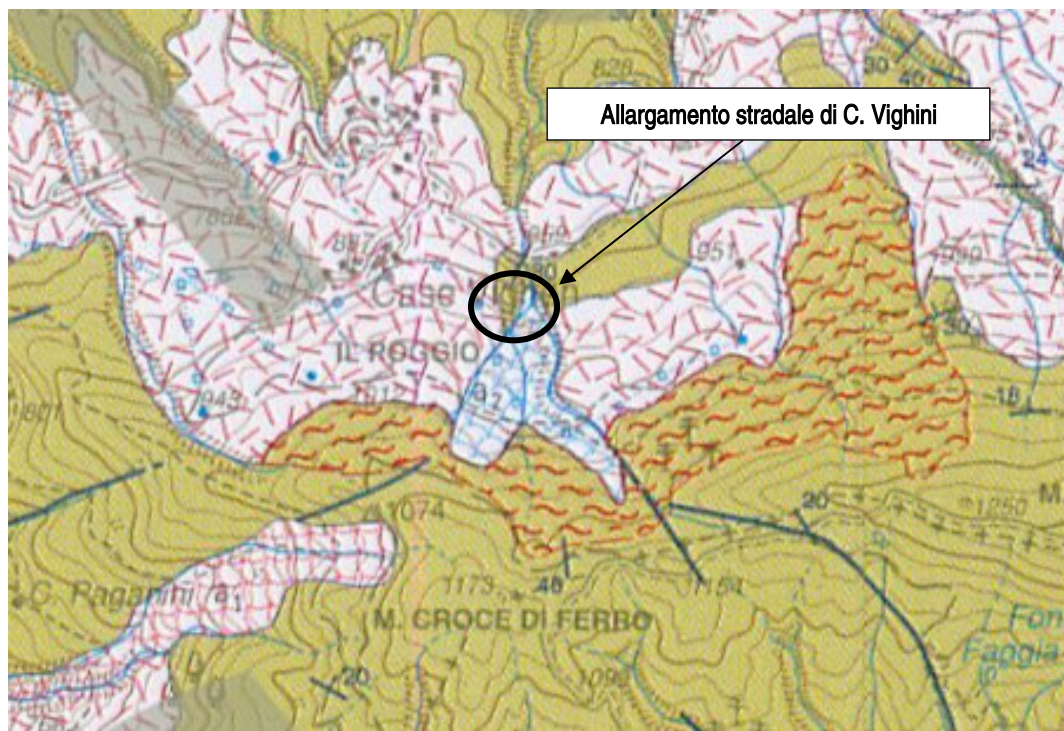


Figura 4.4 - Stralcio da Carta Geologica d'Italia 1: 50.000 – progetto CARG – sito ISPRA – DETTAGLIO



5. QUADRO GEOLOGICO LOCALE

5.1 Geologia

Le informazioni reperite nel DATA BASE della Regione Emilia Romagna, CARTOGRAFIA GEOLOGICA (https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia) (Figura 5.1) indicano che l'area di Case Vighini ricade nell'ambito di un esteso affioramento di terreni riferibili ad un **“DEPOSITO GLACIALE PERIGLACIALE (c3)”**; si tratta di un accumulo detritico deposto per azione prevalentemente glaciale, caratterizzato da **detrito sciolto a struttura caotica con clasti eterometrici inglobati in matrice limoso-sabbiosa o limo-argillosa e con stratificazione mal visibile**. Questi depositi sono generalmente presenti nelle parti più alte dei rilievi appenninici e la distinzione fra frane vere e proprie è talora difficoltosa poiché i depositi originati da azione glaciale e periglaciale possono essere stati rimobilizzati in epoche successive per azione gravitativa.

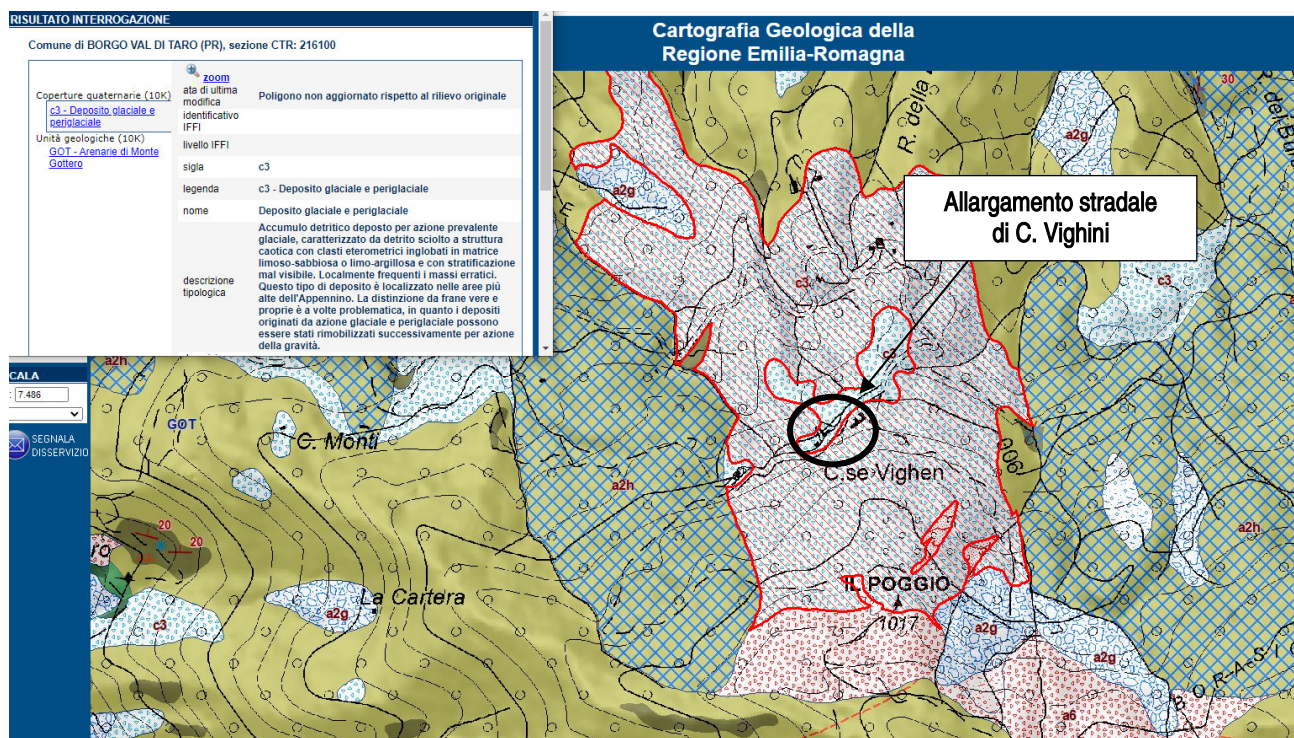


Figura 5.1 - Stralcio da DB Cartografia geologica della Regione Emilia Romagna DETTAGLIO

I depositi glaciali e periglaciali ricoprono estesamente il substrato costituito dalle **ARENARIE DI MONTE GOTTERO**.

Ad Ovest del sito è presente un'ampia zona interessata da **“DEPOSITO DI FRANA QUIESCENTE PER SCIVOLAMENTO IN BLOCCO O DGPV”**; si tratta depositi costituiti da masse di dimensioni più o meno rilevanti di roccia che, pur scivolando lungo una o più superfici di scorrimento, traslativa e/o rotazionale, conservano al loro interno la coerenza stratigrafica della roccia di provenienza. Si trovano spesso nella parte alta dei versanti e su vaste superfici e sono in grande prevalenza in stato di attività quiescente o soggette a movimenti estremamente lenti. Le DGPV (Deformazioni gravitative profonde di versante) sono movimenti di masse che coinvolgono interi versanti e che si attuano attraverso una deformazione perlopiù lenta e progressiva della massa rocciosa senza che sia presente in profondità un vero piano di scorrimento. Anch'esse presentano caratteristiche di movimenti estremamente lenti. Le due tipologie sono spesso di difficile distinzione e pertanto sono state rappresentate insieme.

Sono depositi gravitativi senza evidenze di movimenti in atto o recenti, alla data del rilevamento o dell'aggiornamento. Generalmente si presentano con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo



analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade

Tale unità **NON E' INTERESSATA** dal progetto di allargamento stradale.

Come si può osservare in *Figura 5.2*, l'allargamento stradale si sviluppa sul lato di monte dell'attuale strada ed interessa esclusivamente i “Depositi glaciali e periglaciali”, per una lunghezza stimata di circa 170 metri

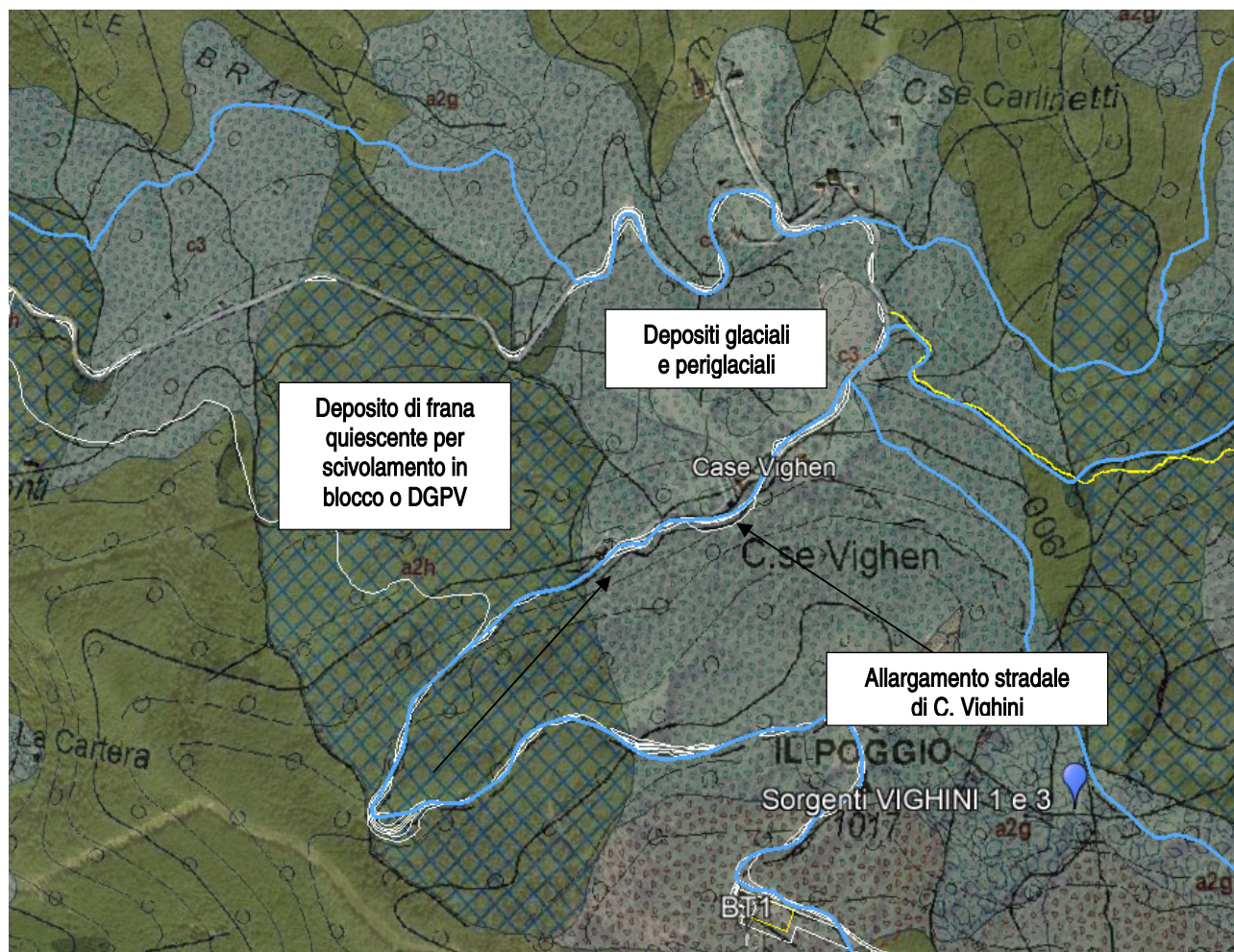


Figura 5.2 – Sovrapposizione della cartografia geologica regionale alla foto aerea del sito e al progetto dell'allargamento stradale di C. Vighini

5.2 Geomorfologia

Le ricerche bibliografiche relative agli aspetti geomorfologici ed in particolare alla presenza di dissesti gravitativi sono state estese al Data Base regionale e al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.

L'allargamento stradale si sviluppa in corrispondenza di un versante vallivo a copertura boschiva posto ad Sud, Sud-Est del nucleo abitato di C. Vighini e contraddistinto da pendenze mediamente elevate (*Figura 5.3*); l'allargamento si rende necessario per consentire il transito ai mezzi di trasporto eccezionale che dovranno raggiungere il crinale. L'allargamento si sviluppa per una lunghezza longitudinale di circa 170 metri e prevede l'eliminazione di un presidio di ingegneria naturalistica in elementi lignei e la formazione di un'apartata in micropali tirantata per il contenimento del pendio superiore.



Figura 5.3 – versante interessato dall'allargamento stradale (visto dall'innesto lato Ovest)

Il Database “Cartografia del dissesto della Regione Emilia Romagna” (https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=dissesto) ha sostanzialmente confermato quanto già descritto al paragrafo precedente. Con riferimento alla Figura 5.4 e Figura 5.5 si segnala la presenza sull'area di intervento di coperture quaternarie costituite estesamente da **Depositi glaciali e periglaciali (c3)**.

Frane e altri depositi di versante

a0 - Deposito di frana naturalmente stabilizzata o relitta di tipo indeterminato	a2g - Deposito di frana quiescente complessa
a0b - Deposito di frana naturalmente stabilizzata per scivolamento	a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV
a0g - Deposito di frana naturalmente stabilizzata complessa	a3 - Deposito di versante s.l.
a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato	a6 - Detrito di falda
a1a - Deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento	a5 - Antico deposito di versante
a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento	a4 - Deposito eluvio-colluviale
a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango	c3 - Deposito glaciale e periglaciale
a1e - Deposito di frana attiva per colamento detritico	d1 - Deposito eolico
a1g - Deposito di frana attiva complessa	f1 - Deposito palustre
a1h - Deposito di frana attiva per scivolamento in blocco o DGPV	f2 - Deposito lacustre
a2 - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato	i1 - Conoide torrentizia in evoluzione
a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento	i2 - Conoide torrentizia inattiva
a2c - Deposito di frana quiescente per espansione laterale	tr - Travertini
a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango	e1 - Deposito di salsa
a2e - Deposito di frana quiescente per colamento detritico	

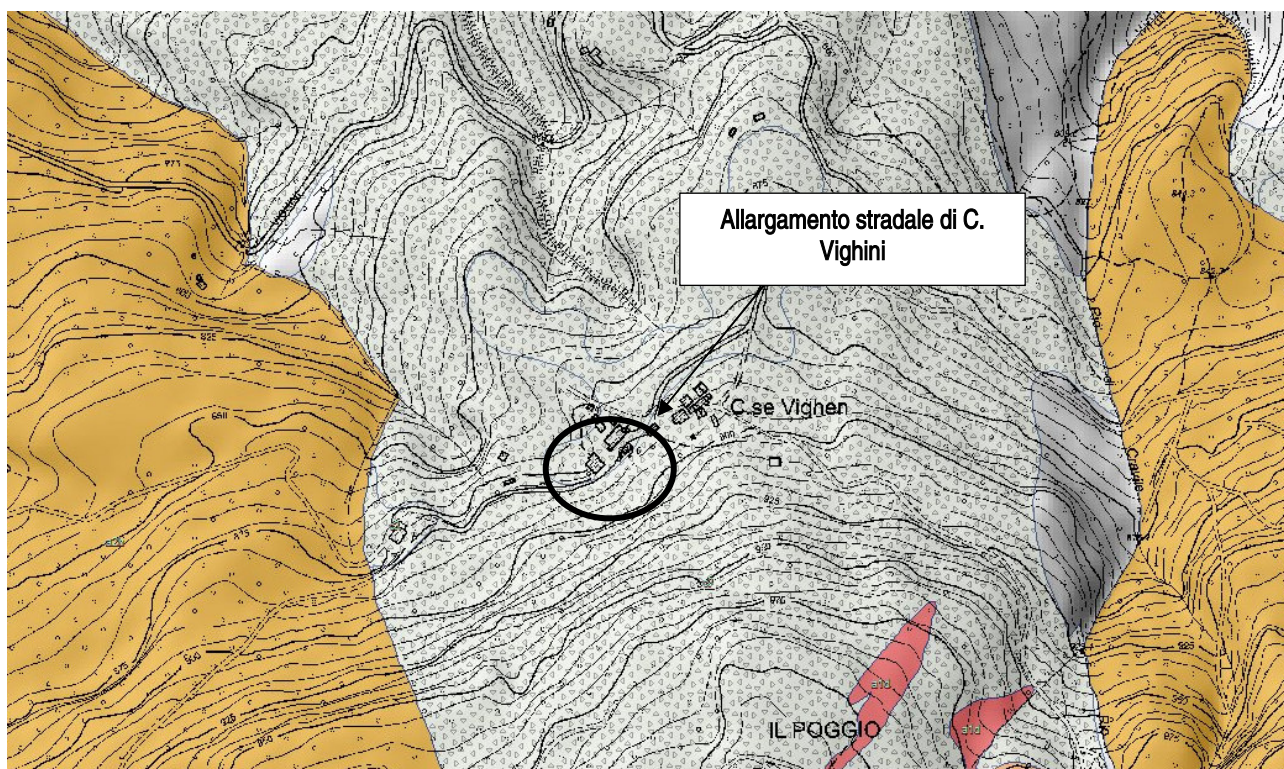


Figura 5.4 - Stralcio da DB Cartografia dissesto della Regione Emilia Romagna PANORAMICA

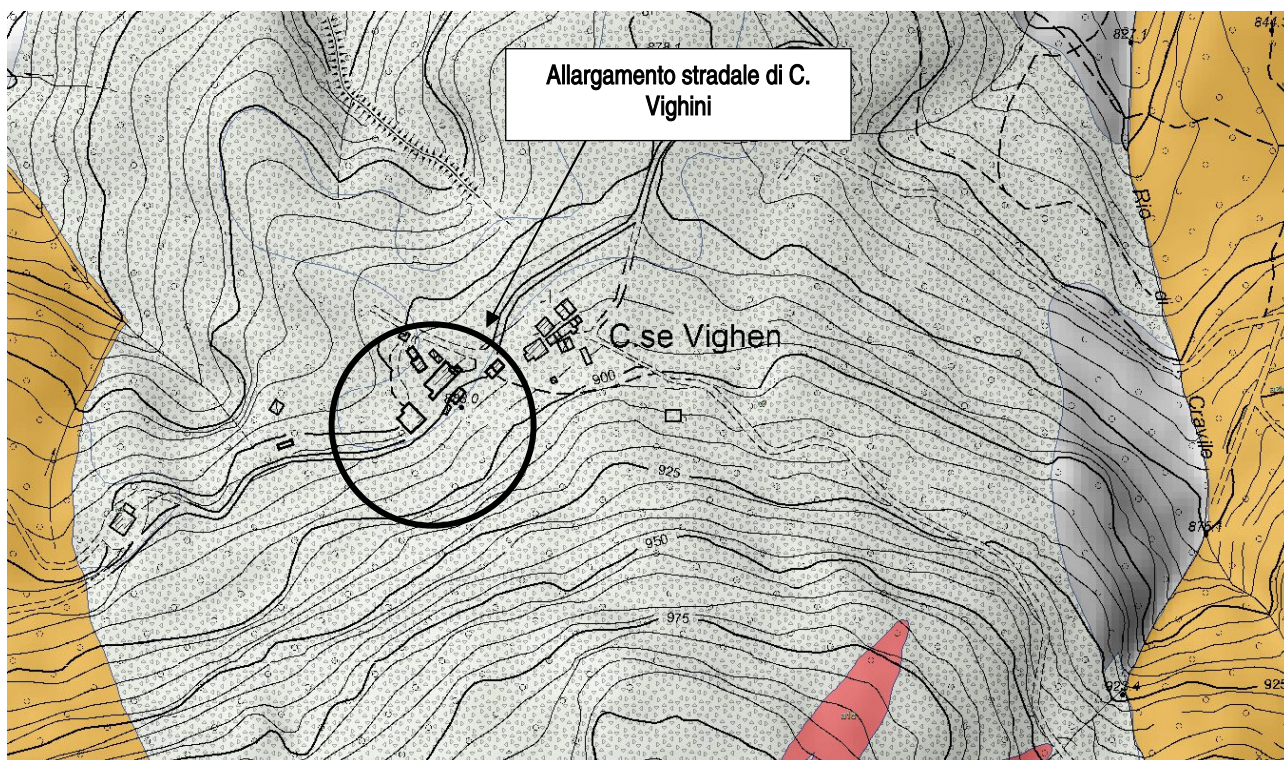


Figura 5.5 - Stralcio da DB Cartografia dissesto della Regione Emilia Romagna DETTAGLIO



L'analisi della Carta del dissesto del P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) della Provincia di Parma (Tavola C2 sezione n 216100, variante specifica di aggiornamento 2013-2014) non evidenzia alcuna situazione di rischio geomorfologico; l'area in oggetto, così come tutta l'area di Case Vighini, è censita come area bianca priva di vincoli.

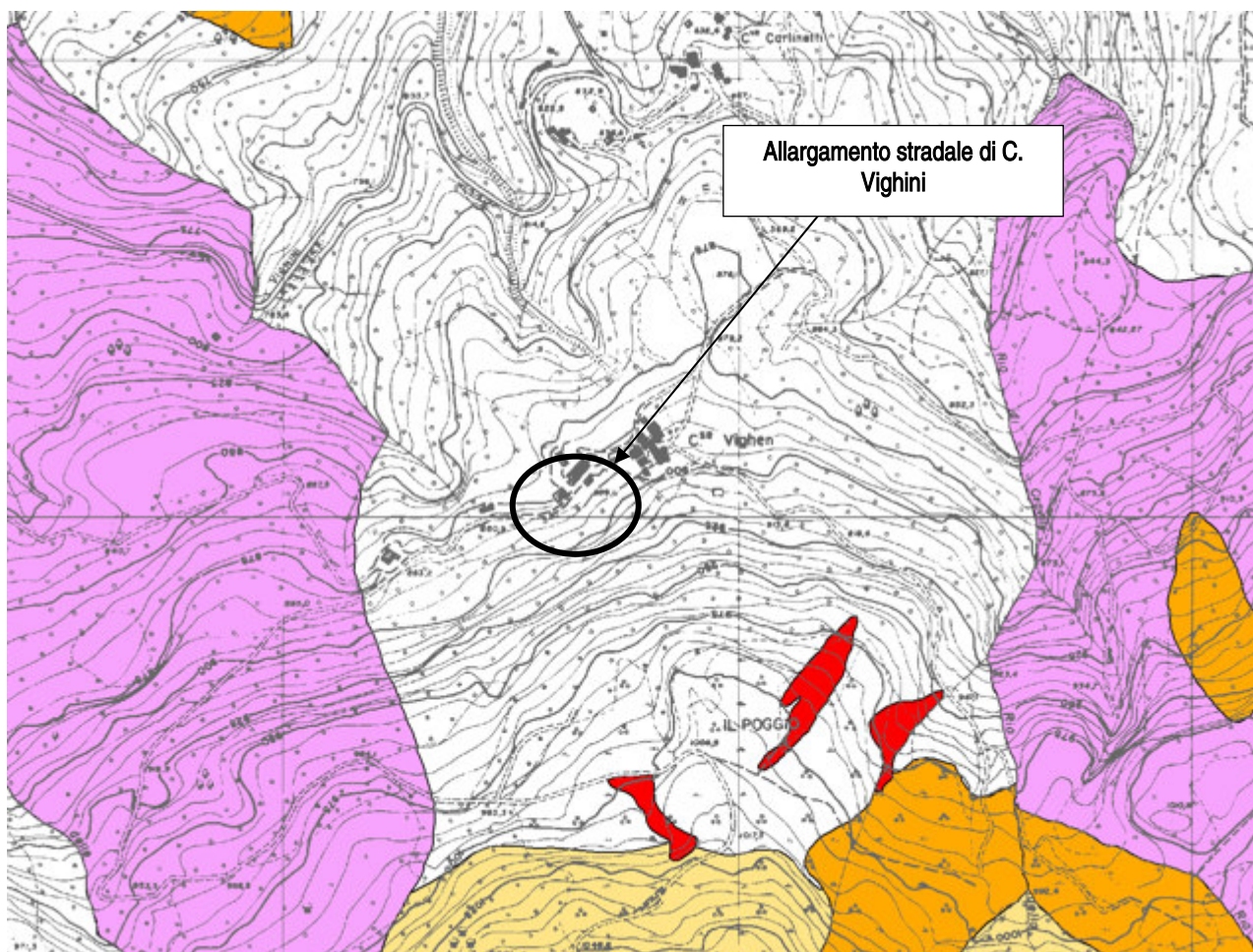
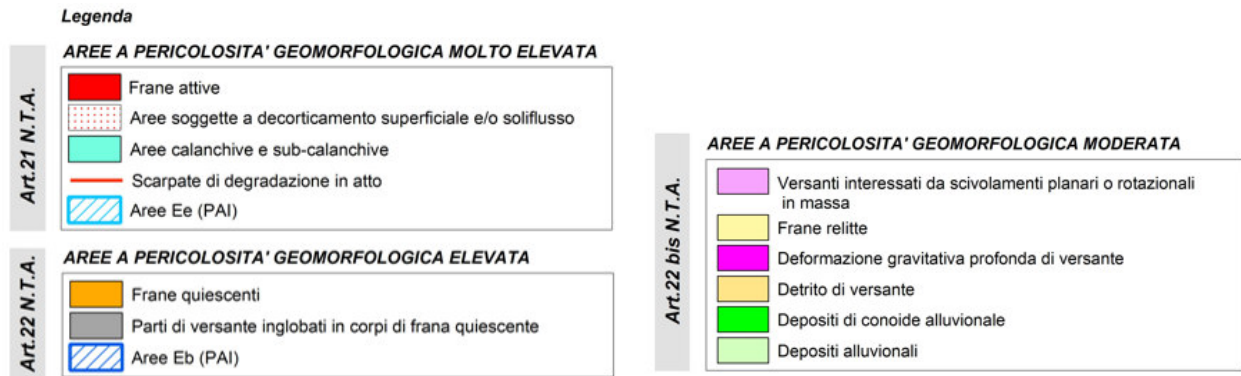


Figura 5.6 - Stralcio da Carta del dissesto PTCP Parma - PANORAMICA

Come si evince dallo stralcio planimetrico di Figura 5.6 e Figura 5.7 il versante vallivo interessato dalla variante stradale si caratterizza per gran parte da cartografia bianca (nessuna evidenza di pericolosità geomorfologica) e solo nella parte ad Ovest è presente il retino ascrivibile a **Deformazione gravitativa profonda di versante**. Quest'ultimo è classificato tra le **aree a pericolosità geomorfologica moderata**, regolate dall'articolo 22bis delle Norme Tecniche Attuative del P.T.C.P. della Provincia di Parma.

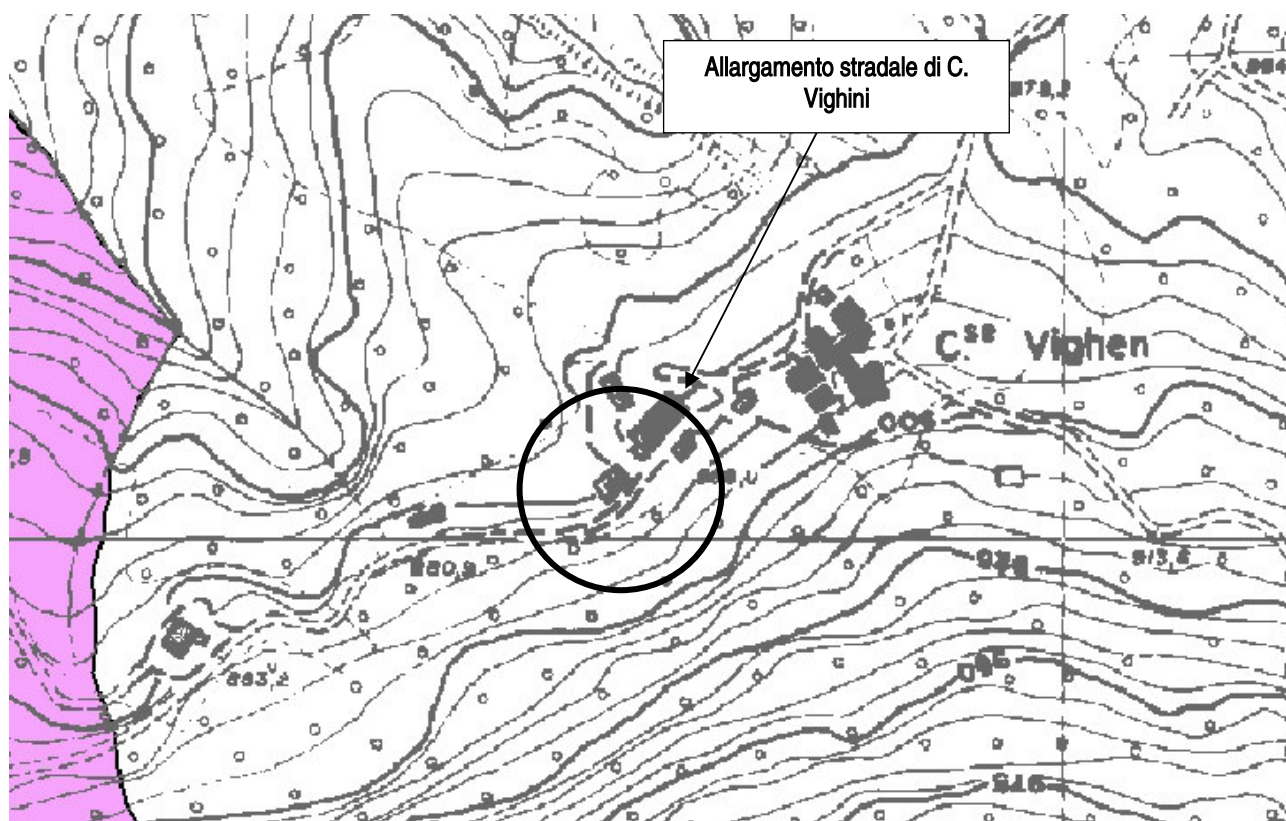


Figura 5.7 - Stralcio da Carta del dissesto PTCP Parma - DETTAGLIO

6. INDAGINI GEOFISICHE

Con la finalità di definire la sequenza lito-stratigrafica del sottosuolo e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni interessati dall'allargamento stradale è stata eseguita un'indagine geofisica (*Figura 6.1*) costituita da n° 1 rilievo sismico tomografico a rifrazione con stendimento di lunghezza 120 m in corrispondenza del tracciato di progetto.

Lo stendimento sismico ha la finalità di fornire una sezione sismo-stratigrafica ad integrazione delle informazioni bibliografiche esistenti sulle formazioni geologiche ivi affioranti.

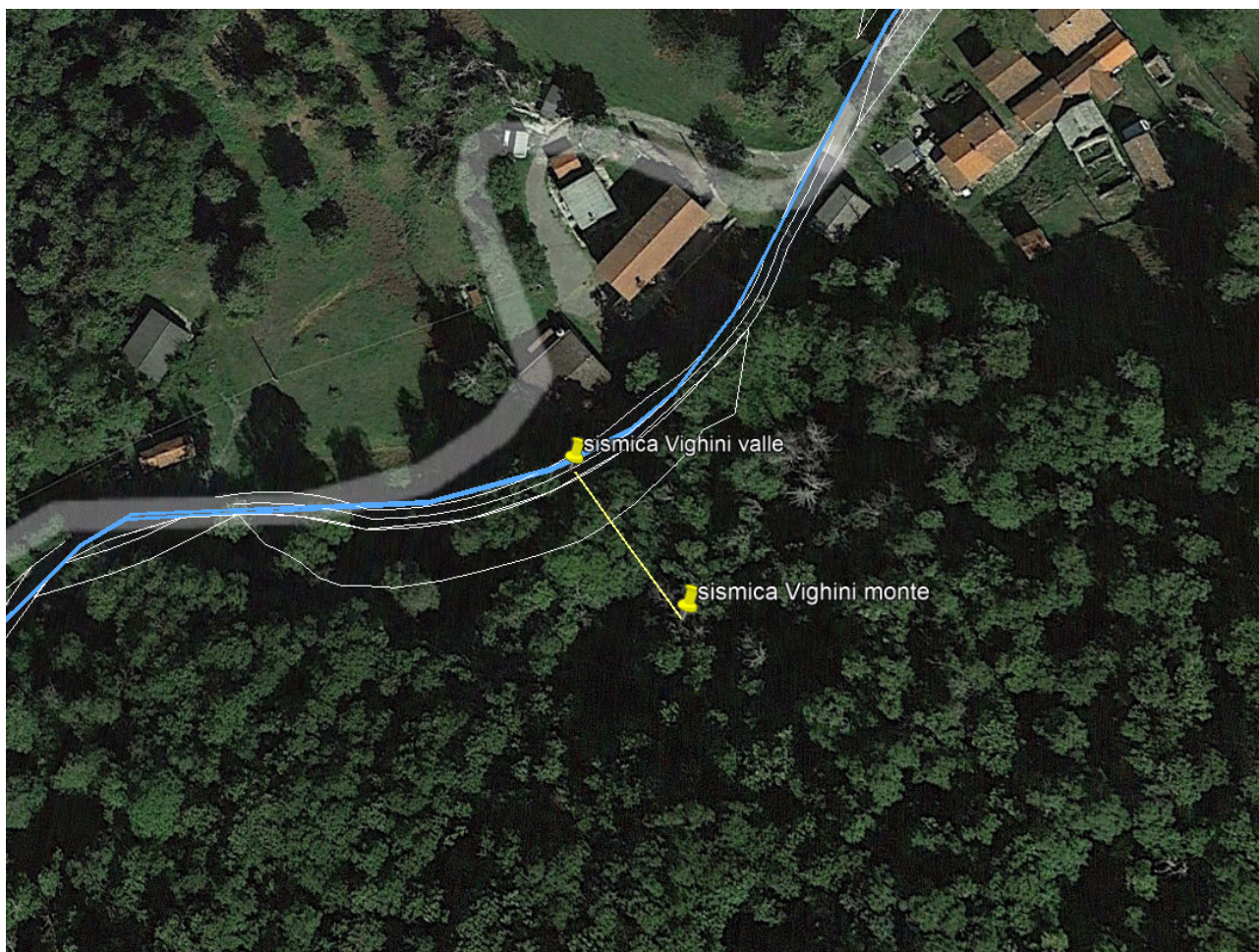


Figura 6.1 – planimetria indagini sismiche a rifrazione

6.1 Indagini sismiche a rifrazione

Le indagini sono state effettuate con SISMOGRAFO AMBROGEO mod. ECHO24/2010 (www.ambrogeo.eu). In *Figura 6.2* è mostrata la scheda tecnica del sismografo utilizzato per questa indagine.

Il metodo sismico a rifrazione è un metodo che si basa sulla misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche (P e/o S) generate in superficie da una sorgente sismica e rilevate da ricevitori (geofoni), anch'essi in superficie, disposti su un allineamento a diverse distanze dalla sorgente.

L'analisi della velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo, longitudinali (V_p) e/o trasversali (V_s), ottenuta conoscendo la distanza sorgente-ricevitore ed il relativo tempo di arrivo dell'impulso sismico ($\text{velocità} = \text{spazio}/\text{tempo}$), consente di rilevare in sintesi le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni, poiché i valori di V_p e/o V_s sono proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi (*Figura 6.3*).



AMBR GEO Strumenti per Geofisica

Seismograph ECHO 24 Seismic Unit



- Monitor: Touchscreen/External laptop
- Number of channels: 12-24+1
- A/D Conversion: 24 bits
- Dynamic range: 130dB @1ms PG=0dB
- Cross talk: 120dB @1ms PG=18dB
- Preampify gain: >90db
- Frequency response: 0db, 6db, 12db, 24db, 30 db, 36 db
- Acquisition and display filter: 0 to 6KHz (30KSPS)
- Sampling interval: 0 to 4.8KHz (15KSPS)
- Record length: 0 to 36KHz (7.5KSPS)
- Stacking trigger accuracy: 0 to 1.5KHz (3.5KSPS)
- Distortion (THD): 0 to 800Hz (2KSPS)
- Max input signal: 0 to 400Hz (1KSPS)
- CMR: Low Cut Out
- Noise: 10,15,25,35,50,70,100,200,280,400 Hz
- Pre-trigger data: 32us, 64us, 128us, 256us, 480us, 960us
- Delay: 16000 samples
- Temperature range: 1/32 of samples interval
- Power: 0.0004 %
- Continuous recording: 2Vpp, 0dB
- Output format: 110dB (ICM -60Hz, fDATA = 30KSPS)
- Connector: SEG-Y/SEG2 / SAF (SESAME ASCII FORMAT)
- 61 pin Bendix connector - NKZT pin Cannon connector

AMBROGEO INSTRUMENTS
Via Roveleto Landi 3 - 29029 Rivergaro - Piacenza - ITALY
Tel.+39 0523 956119 - Fax.+39 0523 956226 - www.ambrogeo.eu - e-mail: info@ambrogeo.com

Figura 6.2 – sismografo utilizzato per le tomografie

Si fa presente che le velocità delle onde P misurate per terreni perfettamente saturi ($S_r = 100\%$) dipendono talora in maniera decisiva dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale e perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione. Invece, le velocità delle onde S sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e, perciò, rappresentative delle proprietà meccaniche del terreno. Ne consegue che per alcuni terreni al di sotto della falda le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidezza del terreno sono quelle di taglio (S).

Litotipi	Vp [m/s] min-max	Vs [m/s] min-max
TERRENI E ACQUA		
Alluvioni	400 - 2000	200 - 800
Sabbia asciutta	200 - 1000	80 - 400
Sabbia satura (in funzione anche del grado di saturazione)	600 - 2300	250 - 450
Sabbia siltosa	600 - 1900	200 - 600
Sabbia e ghiaia	300 - 1800	300 - 600
Limo	650 - 1250	240 - 480
Argilla	1000 - 2500	300 - 600
Argilla sabbiosa	600 - 2500	200 - 450
Acqua	1450 - 1500	0
ROCCE SEDIMENTARIE		
Argillite	2100 - 4400	550 - 2100
Arenaria	2000 - 6000	950 - 3100
Arenaria fratturate	800 - 2100	360 - 950
Calcere	2000 - 7000	1000 - 3300
Calcere fratturato	750 - 1500	330 - 1000
Calcarene	1400 - 4400	800 - 2500
Calcarene fratturate	600 - 1300	330 - 800
Marna	1500 - 2000	300 - 500
ROCCE IGNEE		
Basalto	1800 - 5000	1000 - 3000
Basalto fratturato	950 - 1350	480 - 700
Granitoidi	1600 - 5000	900 - 3000
Granitoidi fratturati	1000 - 1750	500 - 900
Piroclastite coerente	750 - 2500	350 - 1100
Piroclastite incoerente	350 - 1000	160 - 450

Figura 6.3 – Valori di velocità delle onde P ed S dei principali litotipi. Fonti: Hearey e Brooks 1991, R. E. Sheriff and L. P. Geldart 1995, Bala et al 2005, Corrao e Coco 2006

Procedura di indagine

Per l'individuazione delle caratteristiche sismiche che costituiscono il settore oggetto di interesse sono stati realizzati stendimenti sismici a rifrazione, elaborati con metodologia tomografica 2D tramite il programma RAYFRAC, generando onde sismiche di compressione (onde P) e di taglio (onde S), utilizzando, rispettivamente, sensori verticali e orizzontali per la determinazione dei tempi di arrivo.

Gli stendimenti sismici a rifrazione sono stati effettuati utilizzando un sismografo ECHO 24/2010 Seismic Unit, attrezzato con 24 geofoni verticali e orizzontali con frequenza propria di 4,5 Hz (Figura 3), disposti ad interassi di 5 m per una lunghezza totale di ogni stesa di 115 m (Figura 6.4).

L'energizzazione sul terreno delle onde di compressione e di taglio è stata effettuata con mazza da 8 kg battente su piastra in polizene. Date le particolari condizioni di lavoro dovute all'elevato rumore ambientale generato dal forte vento, per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (stacking) sia per la registrazione delle onde P che S.

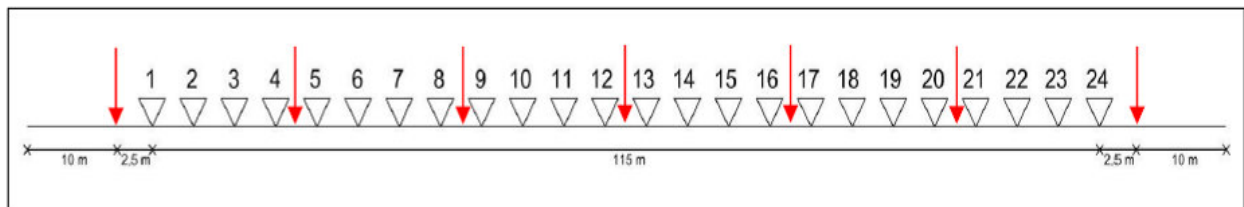


Figura 6.4 – Schema geometrico delle acquisizioni a sismica a rifrazione, i triangoli indicano la posizione dei geofoni, mentre le frecce rosse indicano i punti di energizzazione

In seguito alla fase di acquisizione del dato è stata eseguita l'elaborazione tomografica. Partendo dai dati del picking è stata effettuata l'elaborazione con il software RAYFRAC che parte da un modello iniziale generato con la tecnica Deltat-V. Successivamente viene effettuata l'inversione iterativa del modello con la tecnica WET (Wavepath Eikonal Traveltime tomography) che analizza la propagazione dei vari fronti d'onda generati nei punti di energizzazione fino ad ogni geofono. Il modello stratigrafico ottenuto come insieme di elementi caratterizzati da una specifica velocità viene quindi rappresentato mediante il contour a linee di isovelocità. La colorazione dei vari elementi segue una scala cromatica riferita ad una predefinita sequenza di velocità che facilita l'immediata visione dei risultati.

6.2 Elaborazione ed interpretazione prospezioni tomografiche con tecnica a rifrazione

I dati ottenuti in fase di acquisizione hanno consentito la costruzione di una matrice di valori di velocità che, mediante software RAYFRAC, ha restituito un modello stratigrafico di velocità mediante visualizzazione grafica in 2D.

Nel seguito si riportano gli output delle elaborazioni tomografiche (Figura 6.5 e Figura 6.6) mentre nel capitolo successivo si procederà alla descrizione delle unità sismostratigrafiche rilevate (AE.11.6-Tav.2 Allargamento stradale in località Case Vighini - sezione geofisica).

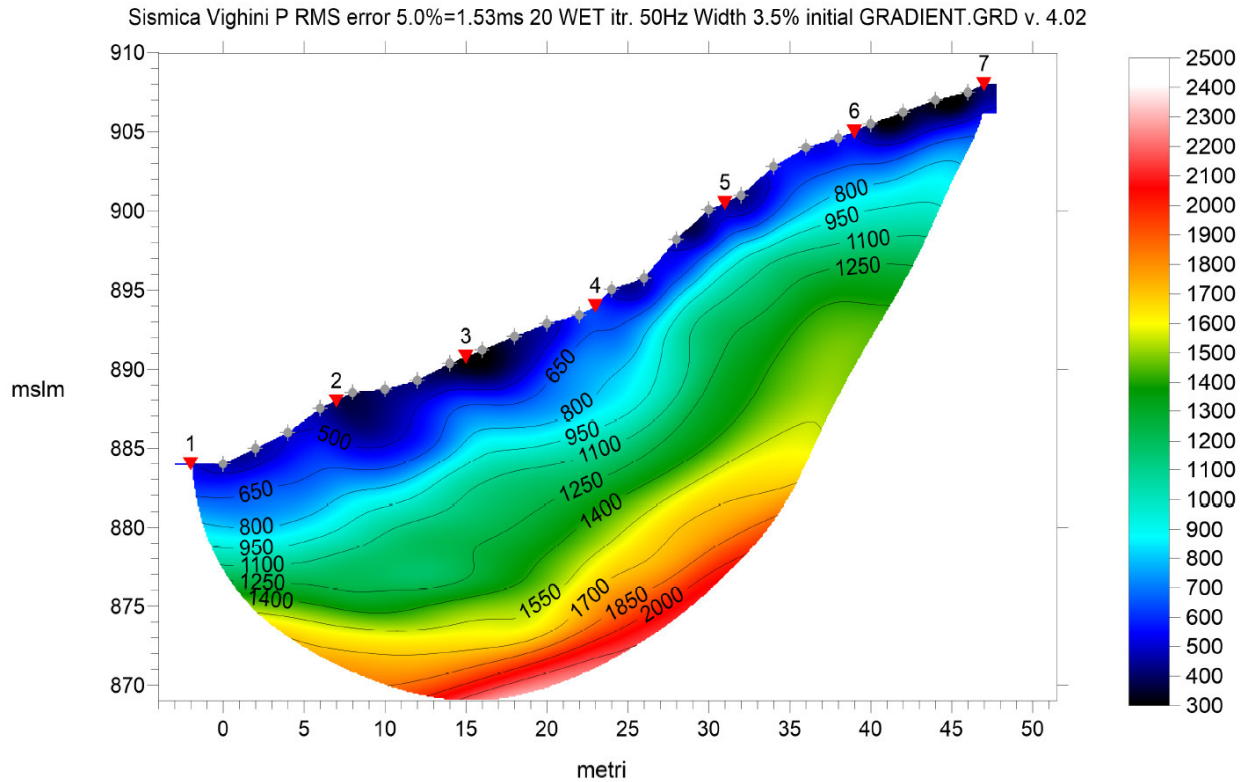


Figura 6.5 – Sezione tomografica onde P

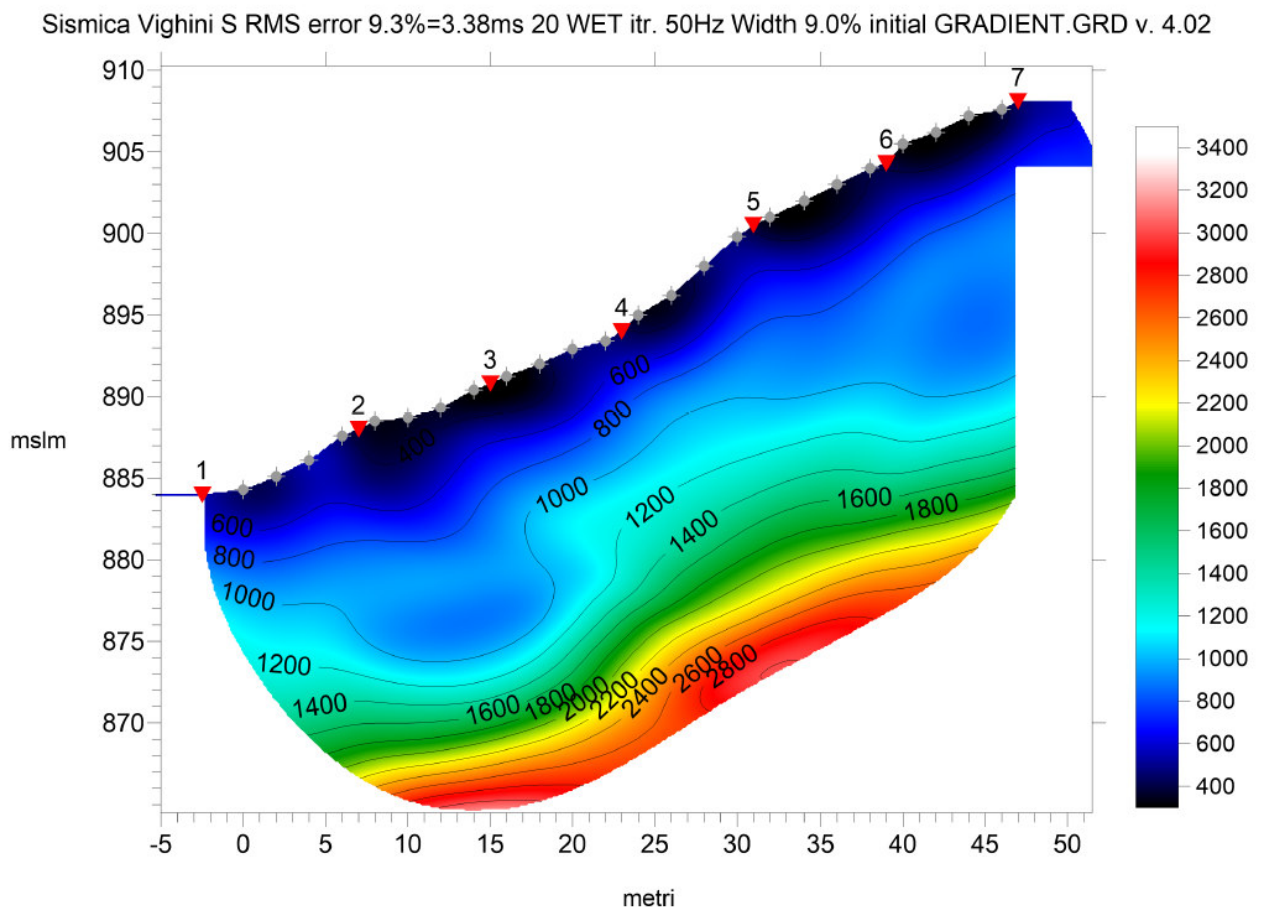


Figura 6.6 – Sezione tomografica onde S



7. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA

Per la caratterizzazione meccanica delle unità litotecniche ivi presenti si è fatto riferimento a quanto già illustrato nella Relazione Geologica (G-R.1, marzo 2022)

7.1 Unità litotecniche

1) UNITA' DEI TERRENI DI COPERTURA

- **TC2: Depositi glaciali e periglaciali (unità c3):** sono presenti nella parte più bassa del versante interessato dalla variante stradale e sono costituiti da detrito sciolto a struttura caotica con clasti eterometrici inglobati in matrice limoso-sabbiosa o limo-argillosa e con stratificazione mal visibile (facies b); nella parte superiore è invece presente una facies più fine rappresentata da terreni limoso argillosi (a);

2) UNITA' DEL SUBSTRATO LAPIDEO O PSEUDO-LAPIDEO

- **Unità SL2 (coltre di alterazione e degradazione delle Arenarie di Monte Gottero):** è costituita dal cosiddetto cappellaccio di alterazione, cioè dalla fascia alterata e degradata del substrato roccioso delle Arenarie di Monte Gottero; si tratta di arenarie molto fratturate e degradate alternate a livelli decimetrici di argilliti.
- **Unità SL3 (Arenarie di Monte Gottero):** è costituita dal substrato roccioso delle Arenarie di Monte Gottero costituite da arenarie medio grossolane alternate a livelli pelitici nerastri.

Per la caratterizzazione dei parametri fisico-meccanici dei terreni di cui alle **UNITA' DEI TERRENI DI COPERTURA** si è fatto riferimento a:

- **TC2 Depositi glaciali e periglaciali:** prove penetrometriche dinamiche nella zona della sottostazione utente

Il quadro generale dei parametri nominali geotecnici attribuiti ai terreni di copertura, desunto dalle indagini geognostiche e da dati bibliografici così riassumibile:

VALORI MEDI TERRENI DI COPERTURA												
	V		V _{sat}		c _u		Dr	φ'	E _d		E	
	t/m ³	kN/m ³	t/m ³	kN/m ³	kg/cm ²	kPa	%	°	kg/cm ²	kPa	kg/cm ²	kPa
TC2a	1.98	19.38	2.13	20.92	0.43	42.34	34.52	25.44	116.90	11463.92	108.58	10648.30
TC2b	2.24	21.94	2.40	23.53	1.16	113.88	63.93	31.35	324.60	31832.40	311.76	30573.47

Per la caratterizzazione dei parametri fisico-meccanici dei terreni di cui alle **UNITA' DEL SUBSTRATO LAPIDEO O PSEUDO-LAPIDEO** si è fatto riferimento ai dati delle prove di laboratorio reperite e alla classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi proposta da Bieniawsky.

Il quadro generale dei parametri nominali geotecnici attribuiti alle unità del substrato lapideo, desunto dalle indagini geognostiche, dai dati bibliografici e alle classificazione geomeccaniche ricorrenti è così riassumibile:



VALORI MEDI SUBSTRATO LAPIDEO						
	γ	c		φ'	E_d	
	kN/m ³	kg/cm ²	kPa	°	kg/cm ²	kPa
SL2	21 - 23	2.19	215.00	26.50	68117.04	6680000.00
SL3	21 - 25	3.11	305.00	35.50	224337.57	22000000.00

Sulla base della classificazione delle unità litotecniche eseguita ed utilizzando i risultati delle indagini geofisiche si è proceduto alla costruzione di una sezione geologico-geotecnica e di una sezione geofisica con onde P e onde S.

7.2 Sezione geologico-geotecnica

La sezione geologico-geotecnica, rappresentata in scala 1:100 (*Figura 7.1* e AE-11.6-Tav.1 – Allargamento stradale in località Case Vighini - Sezione geologico-geotecnica), è stata ricostruita secondo la direttrice dell'indagine sismica e riporta i seguenti dati:

- Assetto litostratigrafico con indicazione delle unità litotecniche e relativa stima degli spessori, eseguita con l'aiuto delle sezioni sismostratigrafiche nel seguito descritte;
- Legenda unità geologiche;
- Tabelle parametri geotecnici

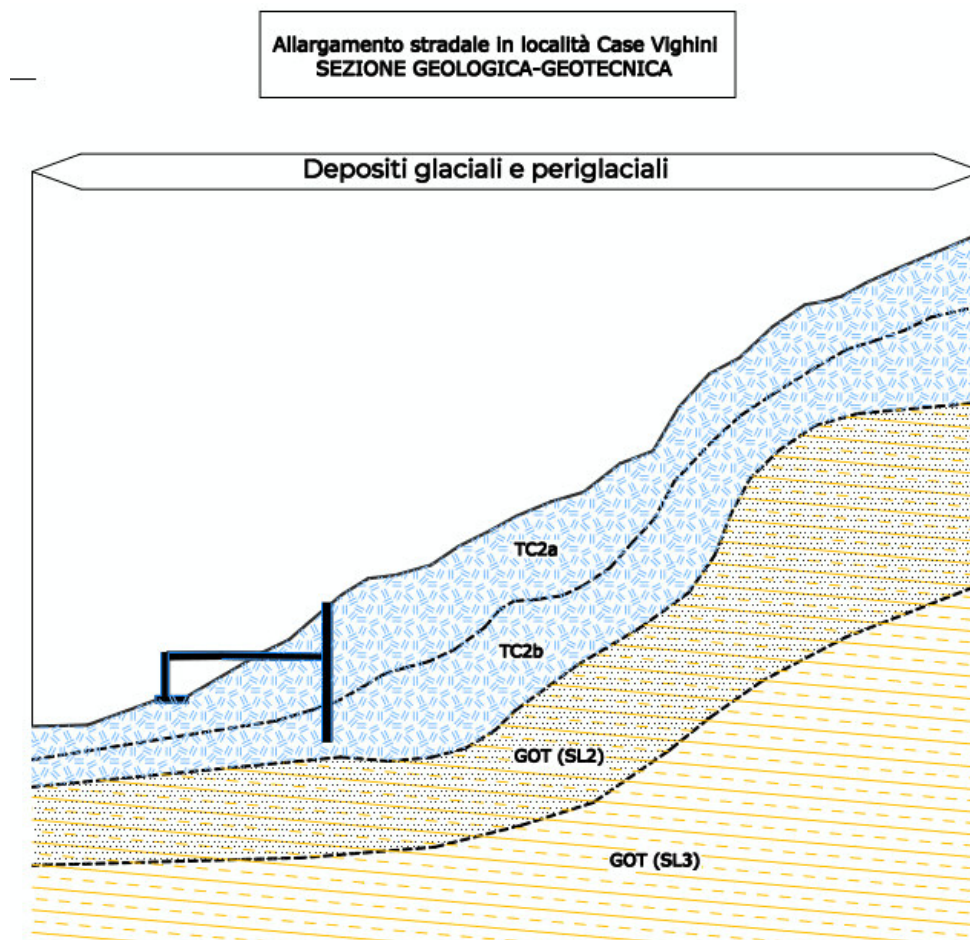


Figura 7.1 – sezione geologico-geotecnica



7.3 Sezione geofisica

La sezione geofisica, rappresentata in scala 1:100 (Tavola AE-11.6-Tav.2 – Allargamento stradale in località Case Vighini - Sezione geofisica (onde P e onde S)), riporta i seguenti dati:

- ubicazione dell'area dell'allargamento stradale e la traccia della sezione geofisica sovrapposta al progetto;
- legenda delle unità sismostratigrafiche, delle unità geologiche e delle unità geotecniche;
- successione stratigrafica ricostruita con le sezioni tomografiche a rifrazione per le onde P e onde S.

La stratigrafia è stata ricostruita sulla base delle sezioni sismostratigrafiche utilizzando come taratura le informazioni derivanti dalla bibliografia geologica disponibile.

Analizzando la sezione tomografica delle onde P (Figura 7.2), si evidenzia quanto segue:

- lo strato più superficiale (sismostrato 1, con velocità comprese entro i 600 m/s) è in tutto il versante di interesse con spessori variabili da 3 e 4 m ed interessa i depositi glaciali e periglaciali (facies a – limoso-sabbiosa);
- il secondo sismostrato (2) è riferibile alla fascia b dei depositi glaciali e periglaciali costituita da materiale più grossolano con matrice limoso-sabbiosa; la base di tale sismostrato si approfondisce da 5 a 10 metri circa dal piano di campagna e le velocità variano da 600 a 1200 m/s;
- il terzo e il quarto sismostrato, separati dalla isocrona 1800 m/s, sono ascrivibili alle litologie più compatte delle Arenarie di Monte Gottero che, nelle parti più profonde, raggiungono valori elevati (> 2000 m/s).

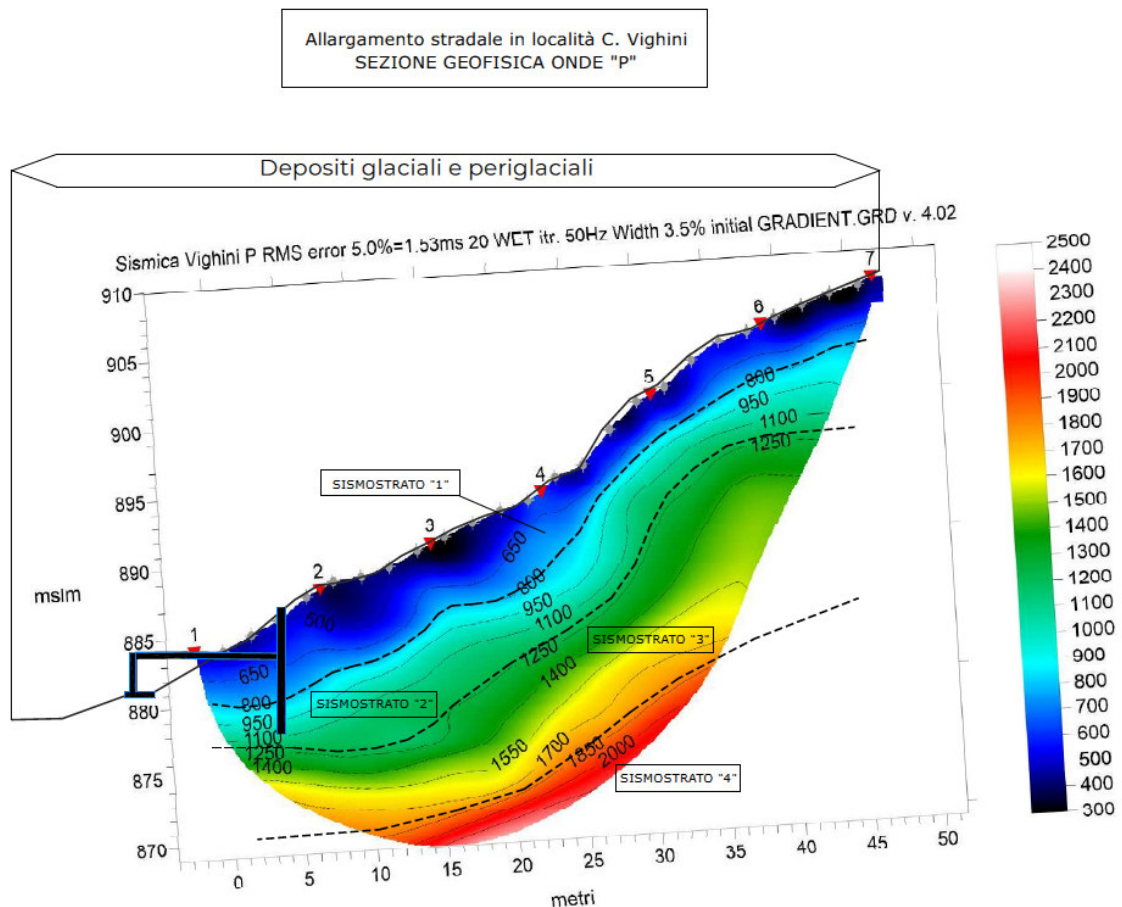




Figura 7.2 – sezione sismica onde P

L'analisi della sezione tomografica delle onde S (Figura 7.3) evidenzia 3 sismostrati:

- Il primo sismostrato presenta velocità comprese fra 300 e 600 m/s e denota uno spessore molto maggiore nella zona alla sommità del versante (6-8 m) e in quella basale (depositi glaciali e periglaciali), dove gli spessori sembrano addirittura aumentare; nella zona prossima a quella basale appena citata, si osserva un'interruzione del primo sismostrato per la risalita al piano di campagna del 2° sismostrato;
- Il secondo sismostrato, con velocità compresa fra 600 e 800, presenta spessori più elevati nella zona di monte (Argilliti di San Siro) e si rastrema nella zona centrale e basale con spessori variabili da 2,5 a 3,5 m; in questa zona, come citato, affiora fino al piano di campagna;
- Il terzo sismostrato, con velocità superiori agli 800 m/s, è presente a profondità variabili da 14m (lato di monte) a 3,5 m (lato di valle); nell parte basale si approfondisce con andamento pseudo verticale, lasciando il posto ai primi due sismostrati.

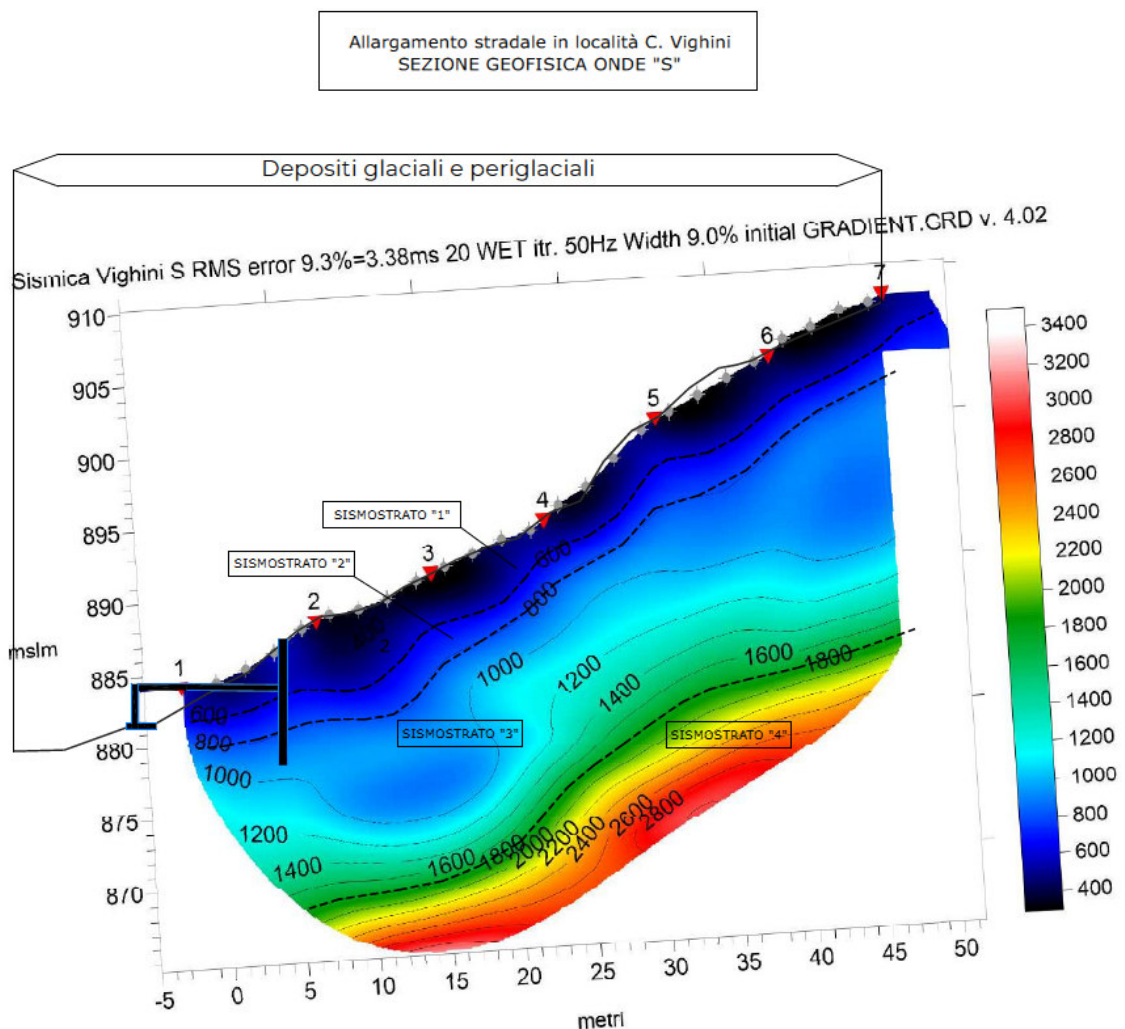


Figura 7.3 – sezione sismica onde S



8. VERIFICA DI STABILITA'

8.1 Descrizione metodo di calcolo

La verifica alla stabilità del pendio deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a gR .

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare.

In particolare il programma esamina un numero di superfici che dipende dalle impostazioni fornite e che sono riportate nella corrispondente sezione. Il processo iterativo permette di determinare il coefficiente di sicurezza di tutte le superfici analizzate.

Nella descrizione dei metodi di calcolo si adotterà la seguente simbologia:

l	lunghezza della base della striscia
a	angolo della base della striscia rispetto all'orizzontale
b	larghezza della striscia $b=l \times \cos(a)$
f	angolo di attrito lungo la base della striscia
c	coesione lungo la base della striscia
g	peso di volume del terreno
u	pressione neutra
W	peso della striscia
N	sforzo normale alla base della striscia
T	sforzo di taglio alla base della striscia
E_s, E_d	forze normali di interstriscia a sinistra e a destra
X_s, X_d	forze tangenziali di interstriscia a sinistra e a destra
E_a, E_b	forze normali di interstriscia alla base ed alla sommità del pendio
DX	variazione delle forze tangenziali sulla striscia $DX = X_d - X_s$
DE	variazione delle forze normali sulla striscia $DE = E_d - E_s$

Metodo di Sarma

Il **metodo di Sarma** permette di determinare un determinato valore per un'accelerazione orizzontale uniforme che sarà la causa del cedimento del pendio (accelerazione critica k).

Per determinare un coefficiente di sicurezza ordinario, si opera riducendo i parametri di resistenza del terreno fino a quando si richiede un fattore di accelerazione orizzontale pari a zero.

Le equazioni da prendere in considerazione sono: l'equazione di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale nonché l'equazione di equilibrio dei momenti. Di seguito vengono riportate le equazioni.

Condizioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale:

$$\begin{aligned} N_i \cos a_i + T_i \sin a_i &= W_i - DX_i \\ T_i \cos a_i - N_i \sin a_i &= k W_i + DE_i \end{aligned}$$

Dalla prima di questa relazione insieme al criterio di Mohr-Coulomb, che mette in relazione le forze N e T :

$$T_i = (N_i - U_i) \tan f_i + c_i b_i / \cos a_i$$

si ottiene l'espressione per la sostituzione di entrambe le forze N e T nella seconda equazione cioè:

$$N_i = \frac{(W_i - DX_i - c_i b_i \tan a_i + U_i \tan f_i \sin a_i) \cos f_i}{\cos a_i \cos f_i + \sin f_i \sin a_i}$$



La seconda equazione diventa:

$$T_i = \frac{(W_i - DX_i - U_i \cos a_i) \sin f_i - c_i b_i \cos a_i}{\cos a_i \cos f_i + \sin f_i \sin a_i}$$

la quale fornisce un'espressione per la massima forza sismica orizzontale che può essere sopportata KW_i che è la seguente:

$$kW_i = D_i - DE_i - DX_i \tan (f_i - a_i)$$

nella quale D_i ha l'espressione:

$$D_i = W_i \tan (f_i - a_i) + \frac{c_i b_i \cos f_i / \cos a_i + U_i \sin f_i}{\cos f_i \cos a_i + \sin f_i \sin a_i}$$

Tutte le grandezze contrassegnate con il pedice i sono da intendersi riferite alla striscia **i-esima**. A questo punto i valori ottenuti per tutte le strisce possono essere sommati per ottenere la forza sismica orizzontale totale kSW_i . Fatto ciò si trova che la somma **SDE** deve essere nulla. Anche **SDX** deve esserlo, ma quando i termini individuali vengono moltiplicati per un diverso coefficiente si ottiene un risultato diverso da zero. Quindi:

$$SDX_i \tan (f_i - a_i) + kSW_i = SD_i \quad (A)$$

L'espressione dell'equilibrio del momento rispetto al centro di gravità della massa che scivola è data da:

$$S(T_i \cos a_i - N_i \sin a_i)(y_i - y_g) + S(N_i \cos a_i + T_i \sin a_i)(x_i - x_g) = 0$$

Nell'espressione x_i ed y_i sono le coordinate del punto medio della base della striscia.

Con la scelta del punto al quale è riferita l'espressione dei momenti, si annullano le somme di **W** e **KW**. Inoltre le forze di interstriscia non danno momento.

La condizione del momento, tenendo conto dell'espressione **(A)** e della relazione di Mohr-Coulomb, può essere riscritta come:

$$SDX_i[(y_i - y_g) \tan (f_i - a_i) + (x_i - x_g)] = SW_i (x_i - x_g) + SD_i (y_i - y_g)$$

Sarma definisce ogni **DX** nella forma:

$$DX = ly_i$$

in cui y_i è noto e $Sy_i = 0$.

A questo punto le due equazioni che permettono la soluzione del problema sono:

$$\begin{aligned} ISy_i \tan (f_i - a_i) + k SW_i &= SD_i \\ ISy_i [(y_i - y_g) \tan (f_i - a_i) + (x_i - x_g)] &= SW_i (x_i - x_g) + SD_i (y_i - y_g) \end{aligned}$$

Da queste due equazioni si ricavano:



$$I = \frac{SW_i (x_i - x_g) + SD_{bi} (y_i - y_g)}{Sy_i [(y_i - y_g) \tan (f_i - a_g) + (x_i - x_g)]}$$

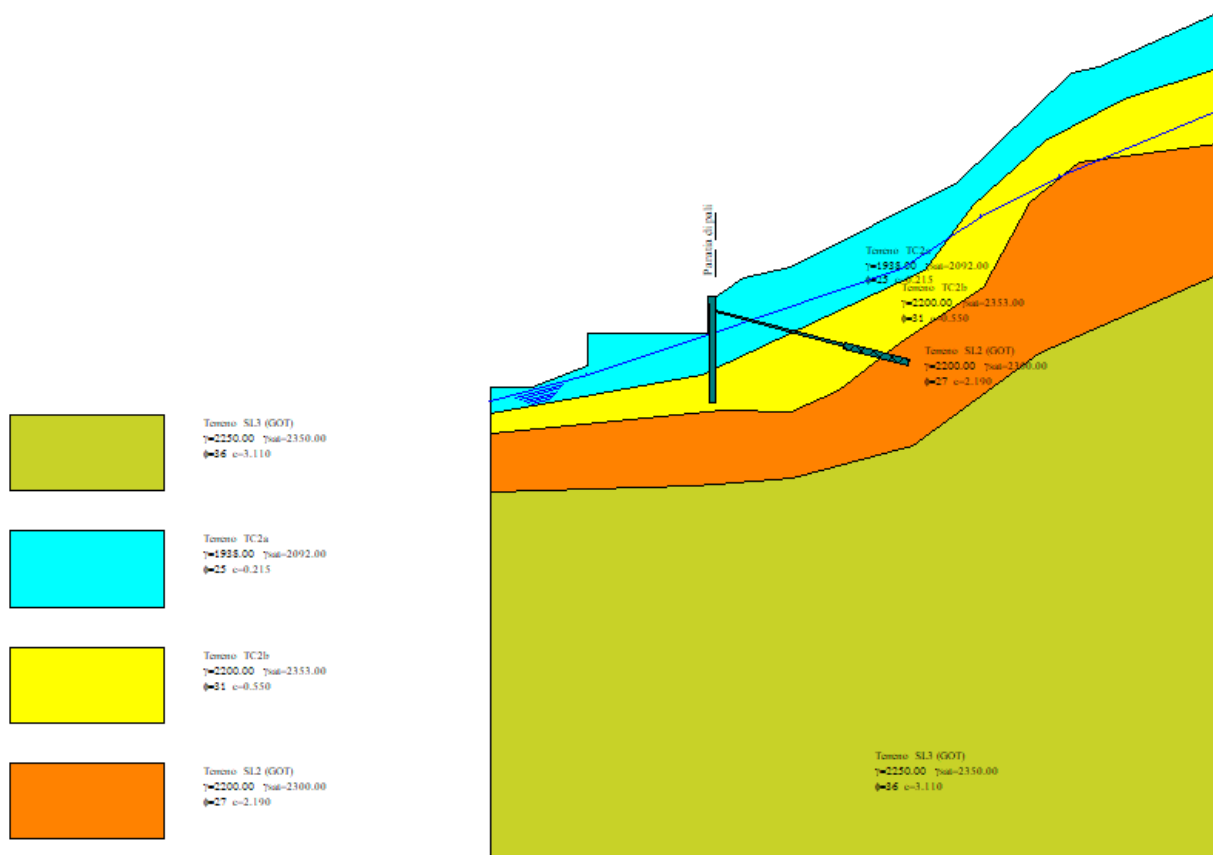
$$k = \frac{(SD_i - I Sy_{bi} \tan (f_i - a_i))}{SW_i}$$

La funzione y viene definita da Sarma in funzione delle caratteristiche del terreno e dello stato tensionale locale lungo le interfacce delle strisce.

8.2 Risultati delle verifiche

Prima di esporre il risultato della verifica eseguita si evidenzia che la modellazione del versante interessato dall'allargamento stradale è stata eseguita mediante rilievo topografico in massima pendenza, inserendo la successione litostratigrafica e geotecnica del modello descritto in precedenza, con l'inserimento delle opere di sostegno di progetto SOLO COME GEOMETRIA E NON COME INTERVENTO DI RINFORZO E STABILIZZAZIONE; è stata implementata una linea di falda confinata all'interno dei depositi glaciali e periglaciali secondo una pendenza simile a quella del pendio, che non evidenziava alcuna emergenza idrica.

La verifica è stata eseguita utilizzando i seguenti dati ed informazioni:





PROFILO VERSANTE: è stato ricostruito dai rilievi topografici eseguiti per la progettazione definitiva, sul quale è stata impostata la livelletta di progetto;

PARAMETRI GEOTECNICI: sono stati utilizzati i parametri geotecnici riportati al paragrafo 7.1 e precisamente i parametri dell'unità **TC2a** e **TC2b** (depositi glaciali e periglaciali) e dell'unità **SL2** (coltre di alterazione e degradazione delle Arenarie di Monte Gottero) e **SL3** (Arenarie di Monte Gottero);

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
<i>g</i>	Peso di volume del terreno espresso in kg/mc
<i>g_w</i>	Peso di volume saturo del terreno espresso in kg/mc
<i>f</i>	Angolo d'attrito interno 'efficace' del terreno espresso in gradi
<i>c</i>	Coesione 'efficace' del terreno espressa in kg/cm ²
<i>f_u</i>	Angolo d'attrito interno 'totale' del terreno espresso gradi
<i>c_u</i>	Coesione 'totale' del terreno espressa in kg/cm ²

n	Descrizione	g [kg/mc]	g _{sat} [kg/mc]	f []	c' [kg/cm ²]
1	Terreno TC2a	1938	2092	25.44	0.215
2	Terreno TC2b	2200	2353	31.35	0.550
3	Terreno SL2 (GOT)	2200	2300	26.50	2.190
4	Terreno SL3 (GOT)	2250	2350	35.50	3.110

FALDA: pochissime sono le informazioni relative alla falda; per cautela le verifiche sono state eseguite ipotizzando la falda al piano di campagna all'interno dei depositi glaciali e periglaciali e con andamento parallelo al pendio;

INTERVENTI INSERITI:

✓ Paratia di pali con 1 file di tiranti - Paratia di pali

Grado di sicurezza desiderato a monte	1.30	
Ascissa sul profilo (quota testa paratia)	17.00	m
Altezza totale paratia	8.00	m
Altezza inefficace paratia (a partire dal piede)	0.00	m
Diametro pali	0.50	m
Interasse pali	0.75	m
Altezza cordolo	0.60	m
Larghezza cordolo	0.60	m
Percentuale di armatura	1.00	%
Resistenza caratteristica a compressione del cls (R _{bk})	250	kg/cm ²
Altezza di scavo	0.00	m

✓ Tiranti della paratia

Fila di tiranti n° 1 - Tiranti attivi

Posizione rispetto alla testa (positiva verso il basso)	1.00	m
Lunghezza totale tiranti	15.00	m
Lunghezza fondazione tiranti	5.00	m
Inclinazione tiranti	15.00	
Interasse tiranti	2.00	m
Diametro tiranti	20.00	cm
Resistenza caratteristica a compressione del cls (R _{bk})	300	kg/cm ²
Tiro applicato (per tirante)	1	kg



SISMICA:

	Simbolo	U.M.		SLV	SLD
Accelerazione al suolo	a_g	[m/s ²]		3.291	0.000
Accelerazione al suolo	a_g/g	[%]		0.335	0.000
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0			2.400	0.000
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*			0.350	0.000
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		C	1.217	1.500
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000	1.000
Coefficiente riduzione pendio naturale	b_s			0.280	0.280
Coefficiente riduzione fronti di scavo	b_s			0.380	0.470
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale				0.50	0.50

NORMATIVA:

Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	g_{Gfav}	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$g_{Gs fav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	g_{Qfav}	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$g_{Qs fav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$g_{tan f}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$g_{c'}$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	g_{cu}	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	g_g	1.00	1.00

SUPERFICI DI ROTTURA:

Si considerano delle superfici di rottura circolari generate tramite la seguente maglia dei centri

Origine maglia	[m]	$X_0 = 0.00$	$Y_0 = 80.00$
Passo maglia	[m]	$dX = 2.00$	$dY = 2.00$
Numero passi		$N_x = 20$	$N_y = 20$

Si considerano le superfici passanti per il punto P(16.54, 56.22) aventi centri sulla maglia

OPZIONI DI CALCOLO:

Per l'analisi sono stati utilizzati i seguenti metodi di calcolo:

- SARMA

Le superfici sono state analizzate sia in condizioni **statiche** che **sismiche**.

- Sisma orizzontale e Sisma verticale (verso il basso e verso l'alto)

Analisi condotta in termini di **tensioni efficaci**

Presenza di falda

RISULTATI DELLE ANALISI:



Numero di superfici analizzate	336
Coefficiente di sicurezza minimo	1.519
Superficie con coefficiente di sicurezza minimo	1

Quadro sintetico coefficienti di sicurezza

Metodo	Nr. superfici	FS _{min}	S _{min}	FS _{max}	S _{max}
SARMA	336	1.519	2	6.152	336

La geometria della superficie di rottura circolare con coefficiente di sicurezza minimo è rappresentata in *Figura 8.2*.

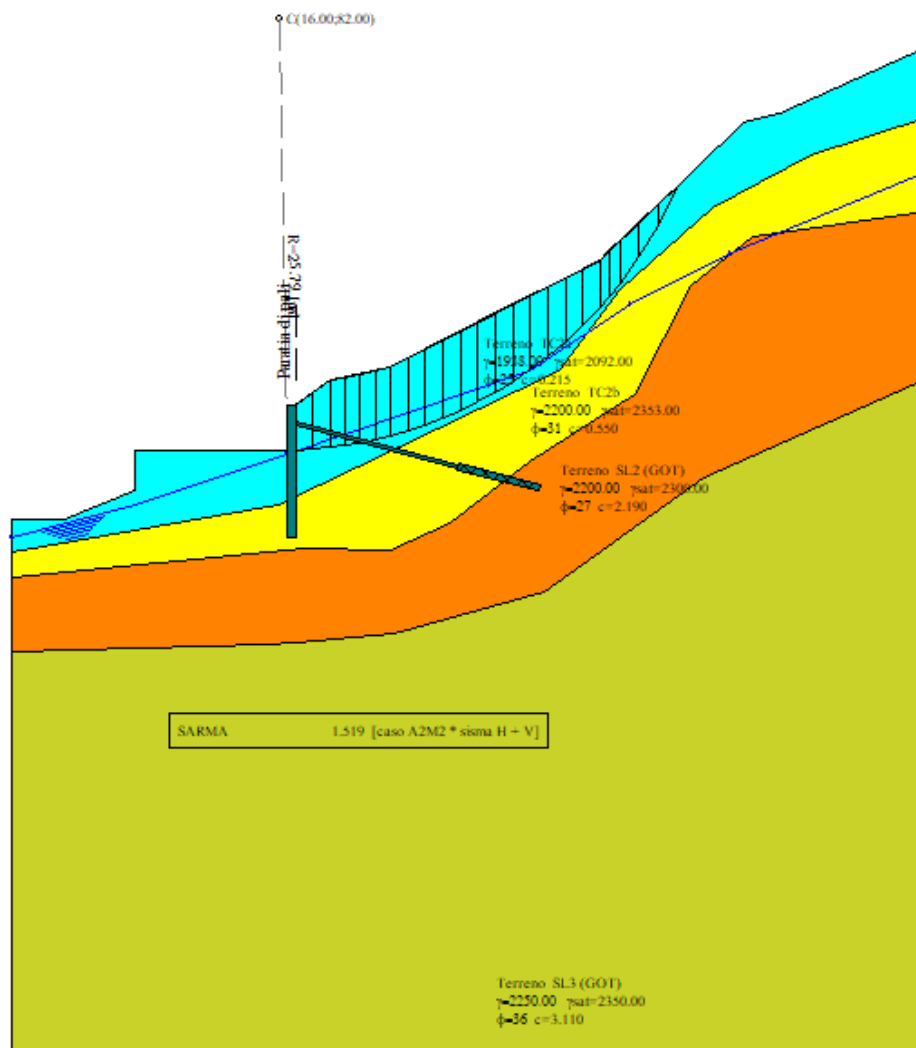


Figura 8.2 – superficie critica



9. CONCLUSIONI

Il presente elaborato illustra lo studio geologico di dettaglio eseguito per l'intervento di allargamento della sede stradale in località Case Vighini, previsto nel progetto di costruzione del Parco Eolico “**Monte Croce di Ferro**”, proposta dalla società Borgotaro Wind, così come richiesto nella nota prot. 8492/4.2 trasmessa in data 5/12/2022 da parte dell'Unione dei Comuni Valli Taro e Ceno.

Gli studi eseguiti hanno permesso di raggiungere un buon livello di caratterizzazione per l'attuale fase di progettazione; si è ritenuto corretto analizzare il contesto geologico con un approfondimento medio-elevato poichè si è ritenuto che la conoscenza dello stesso fosse elemento imprescindibile, già in questa fase, per meglio comprendere le problematiche connesse all'intervento e di conseguenza la sua fattibilità.

Sono state reperite numerose informazioni bibliografiche delle formazioni ivi presenti, integrate con esecuzione di indagini geofisiche (stendimenti sismici con restituzione tomografica dell'andamento delle onde P e S).

Lo studio eseguito ha permesso di evidenziare quanto segue:

- l'allargamento della sede stradale interessa un versante con pendenze medio-elevate che si sviluppa completamente nei **Depositi glaciali e periglaciali** (c3) costituiti da detrito sciolto a struttura caotica con clasti eterometrici inglobati in matrice limoso-sabbiosa o limo-argillosa e con stratificazione mal visibile. Tali depositi ricoprono estesamente la formazione delle “**Arenarie di Monte Gottero**” (GOT), ivi presenti con la facies superficiale alterata e degradata (SL2) e con il substrato vero e proprio (SL3);
- l'analisi della **Carta del dissesto del P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) della Provincia di Parma (Tavola C2 sezione n 216100, variante specifica di aggiornamento 2013-2014)** evidenzia come l'allargamento della sede stradale si sviluppi completamente in area bianca (nessuna evidenza di pericolosità geomorfologica, senza che emergano norme o prescrizioni ostative all'esecuzione dell'intervento;
- lo stendimento sismico a rifrazione con rilievo delle onde P e onde S ha permesso di restituire le tomografie lungo lo sviluppo longitudinale del tracciato di variante che, unito alle informazioni litologiche e geotecniche, ha consentito di modellare la stratigrafia del sito;
- è stata eseguita una verifica di stabilità del versante utilizzando il profilo longitudinale di progetto; la verifica, eseguita con assunzioni cautelative (falda prossima al piano di campagna attestata nei depositi glaciali e periglaciali, inserimento delle opere di sostegno – paratia tirantata senza il contributo di stabilizzazione ad essa relativo) ha fornito esito positivo; sono state analizzate 336 superfici di rottura e quella a minor coefficiente di sicurezza è risultata pari a 1,52.

A conclusione dello studio si ritiene che le condizioni geologico-geotecniche presenti nell'area di progetto non incidano negativamente sulla fattibilità dell'intervento, fatta salva la realizzazione degli interventi di raccolta e regimazione delle acque superficiali così come già previsto nel progetto.