



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



STUDIO GEOLOGICO
AREA DI CANTIERE

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 chiroterri, 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

**G-R.6 STUDIO GEOLOGICO DI DETTAGLIO
AREA DI CANTIERE**

Revisione 00 d.d. marzo 2023



INDICE

1. PREMESSA	3
2. UBICAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO.....	4
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	7
4. DEFINIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	9
4.1 Geologia	9
4.2 Geomorfologia	14
5. RILIEVO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELLO STATO DEI LUOGHI	18
5.1 Rilevamento di campagna.....	18
5.2 Classificazione del cinematismo.....	19
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.....	24
7.1 Unità litotecniche e sezione geologico-tecnica.....	24
8. CONCLUSIONI	27



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
- *Area Logistica di Cantiere in località Il Poggio: a supporto di quanto enunciato in Relazione Geologica (elaborato G.R.1.), in merito alla non interferenza tra l'accumulo della frana attiva e l'areale di intervento, si chiede venga allegata agli elaborati di progetto una tavola dedicata ed in scala 1: 2.000 che metta in relazione il perimetro della frana attiva, desunto dalle risultanze del rilievo di campagna, con l'area di intervento.*
- **AMBITO:** Disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia di cui al D.P.R.380/2001, parte II capo IV - Norme per la riduzione del rischio sismico di cui alla L.R. 19/2008 e atti di indirizzo - ESITO ISTRUTTORIA
- *Area logistica di cantiere. Particolare attenzione si chiede alle verifiche geotecniche inerenti all'area di cantiere: in caso si confermi il posizionamento presentato (in cui appaiono interferenze con area di frana attiva) non risultano indagini di caratterizzazione dei terreni, verifiche geotecniche e dimensionali. Si chiede pertanto in questa sede di presentare il dimensionamento delle opere di sostegno dell'area di cantiere, definendo compiutamente i carichi di progetto e lo stato tensionale risultante nel terreno. Si chiede in particolare di valutare gli effetti sulla porzione classificata come area di frana attiva, anche eseguendo le indagini in situ eventualmente necessarie.*

Il presente elaborato è stato altresì redatto tenendo in considerazione le modifiche progettuali introdotte rispetto alla proposta progettuale iniziale sottoposta ad iter procedurale di PAUR e che sono meglio descritte nell'elaborato RI-R.0 nelle premesse.

In particolare, il presente studio geologico illustra le verifiche eseguite in merito all'interferenza fra l'area di cantiere prevista nel progetto di **costruzione del Parco Eolico “Monte Croce di Ferro”**, proposta dalla società **Borgotaro Wind** e la frana attiva segnalata nella cartografia del PTCP della Provincia di Parma:

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 corretta perimetrazione dell'area di dissesto, alla definizione della sua tipologia e alle interferenze con l'area di cantiere prevista nel progetto definitivo e all'illustrazione delle principali caratteristiche litologico-tecniche.

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 e Figura 2.3.

In Figura 2.4 e Figura 2.5 si dettaglia invece l'area interessata dall'area di cantiere che viene trattata nella presente relazione.

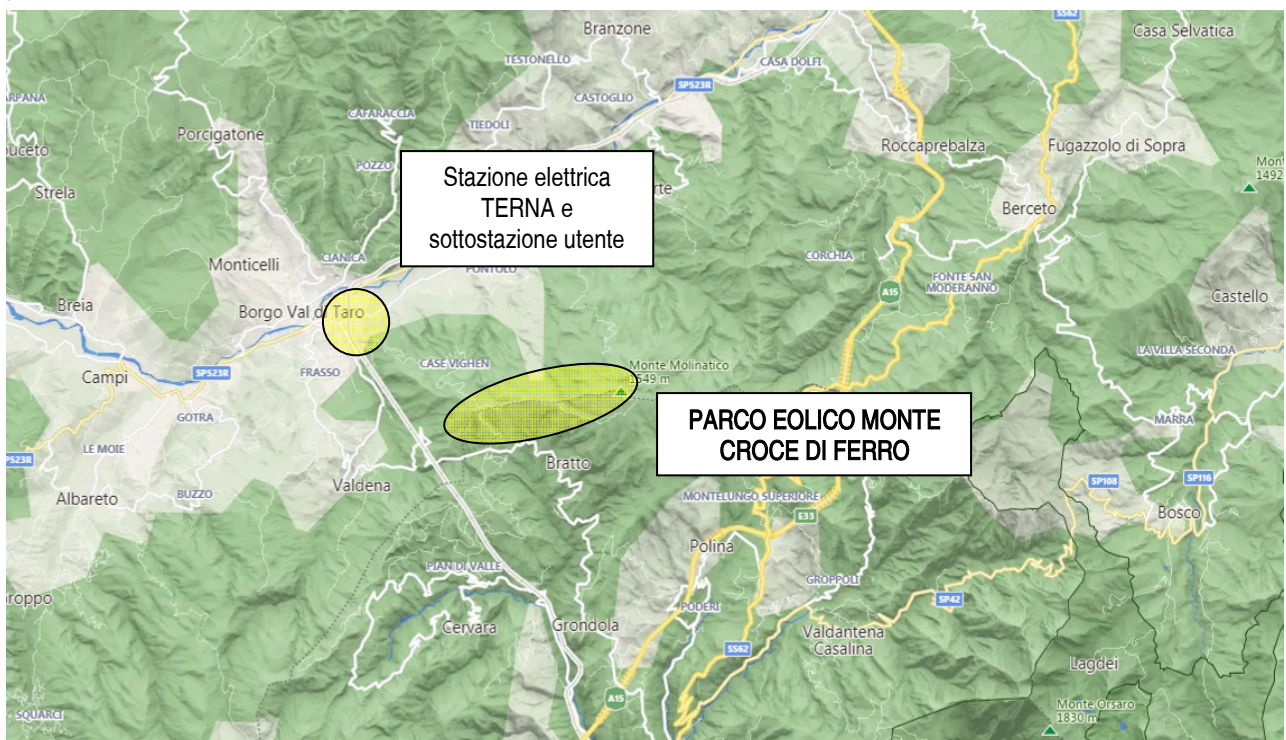


Figura 2.1 - Inquadramento territoriale

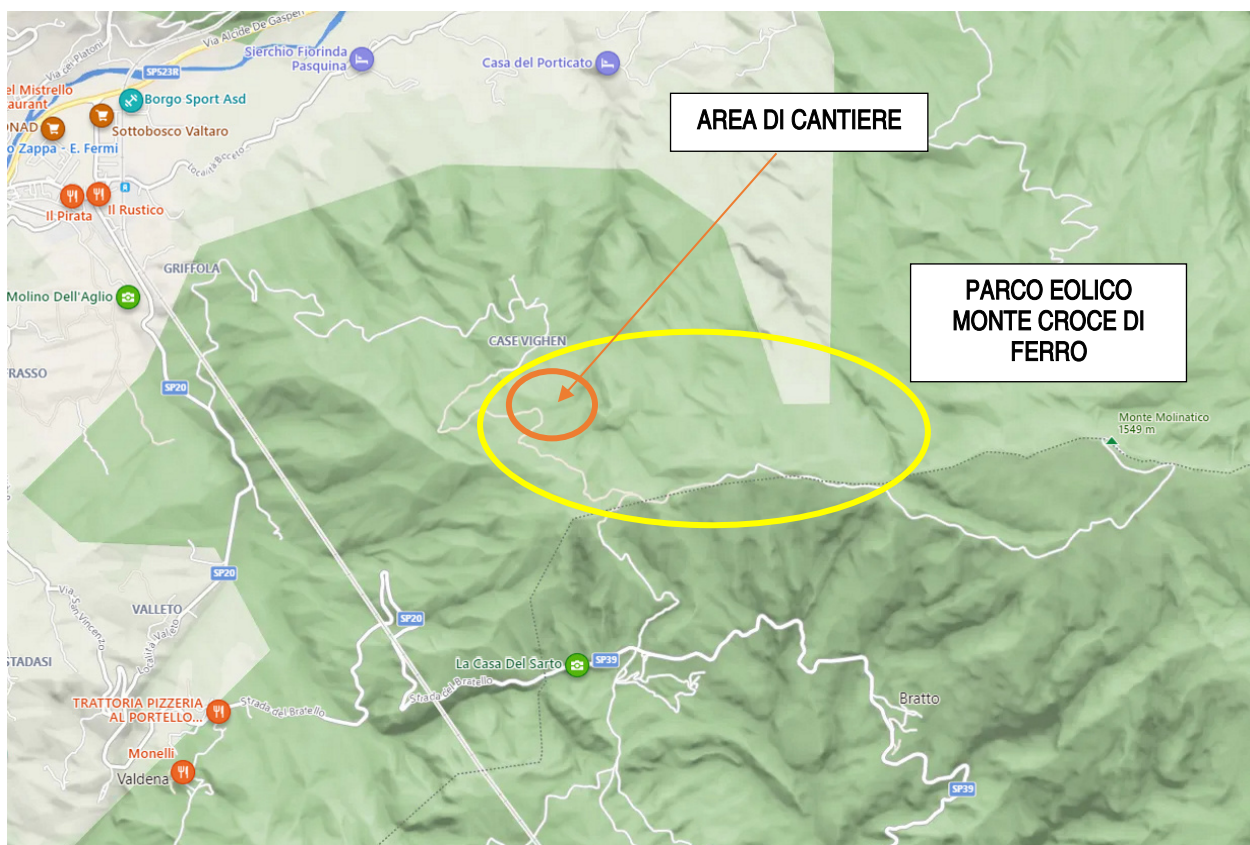


Figura 2.2 – Area del parco eolico

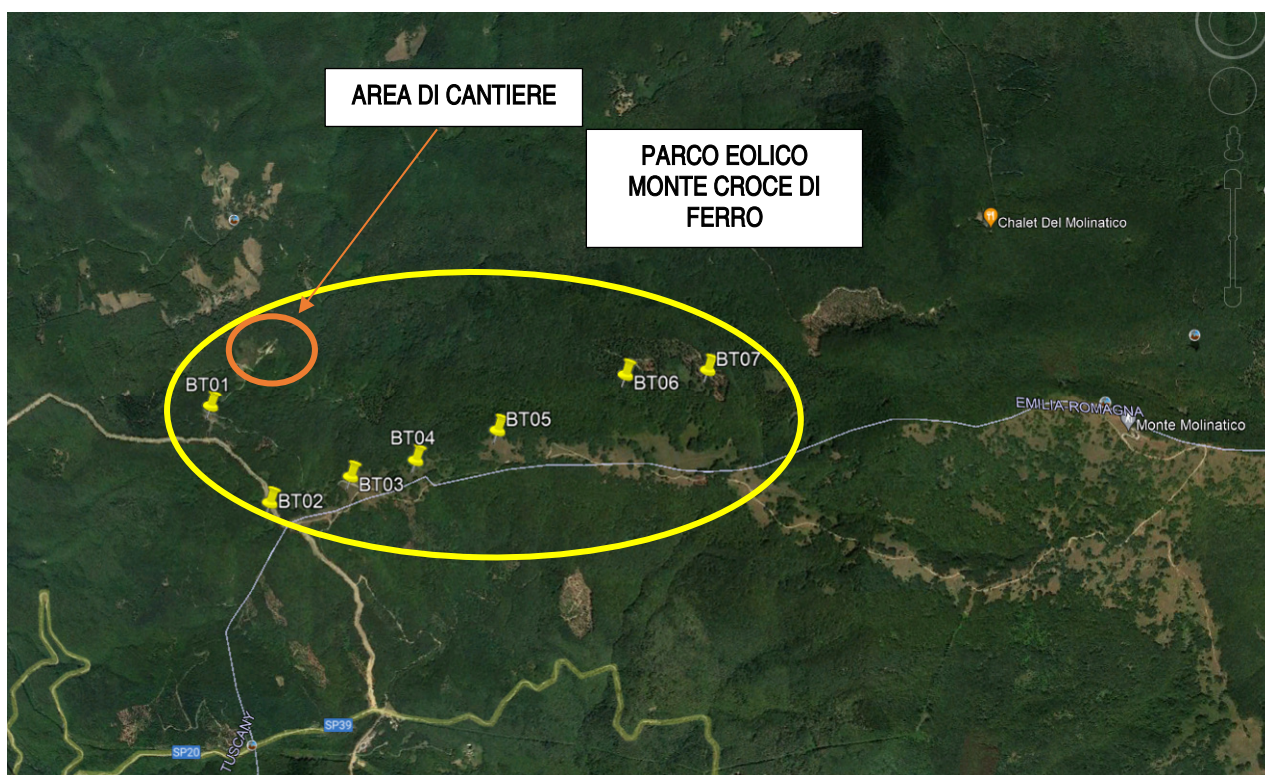


Figura 2.3 – Inquadramento da foto aerea del sito del parco eolico

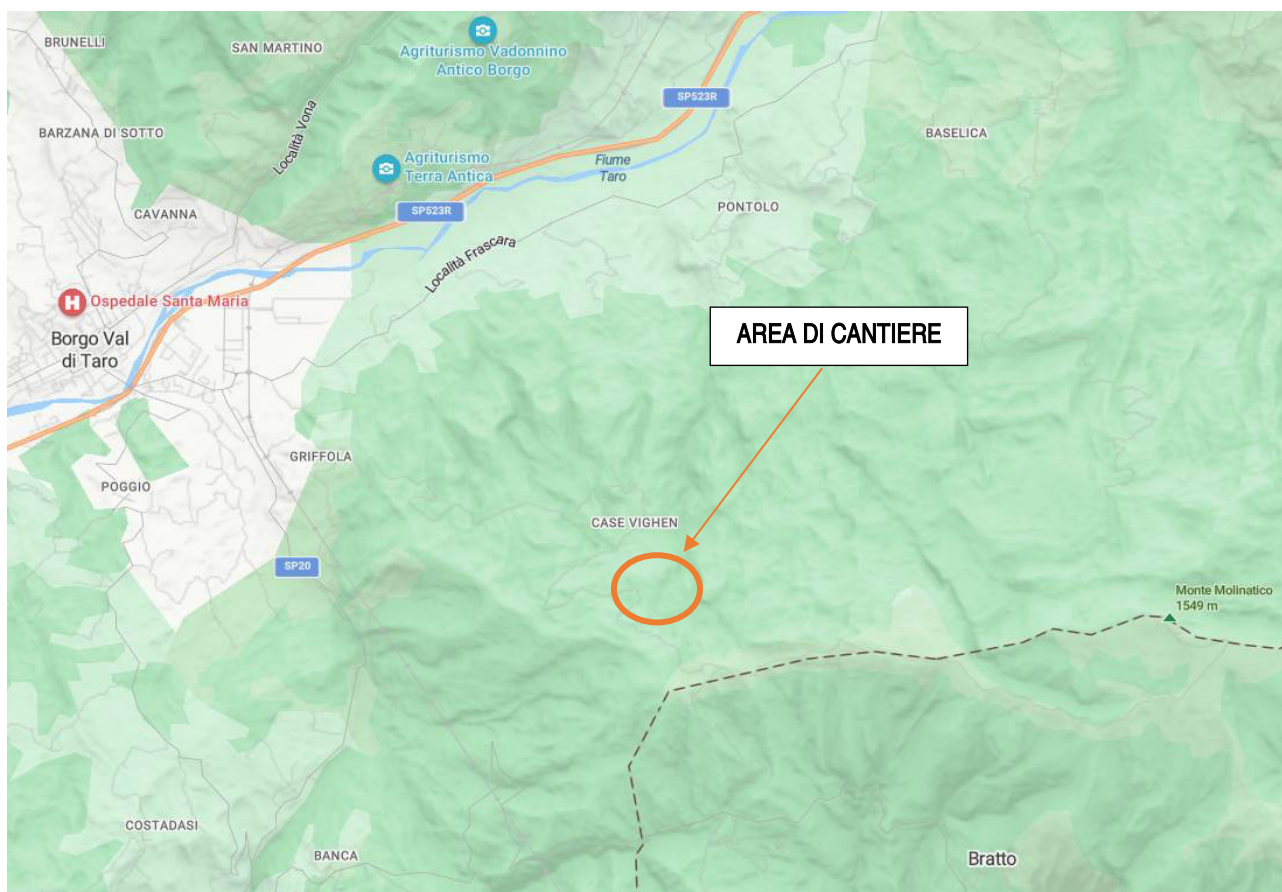


Figura 2.4 – Ubicazione dell'area di cantiere

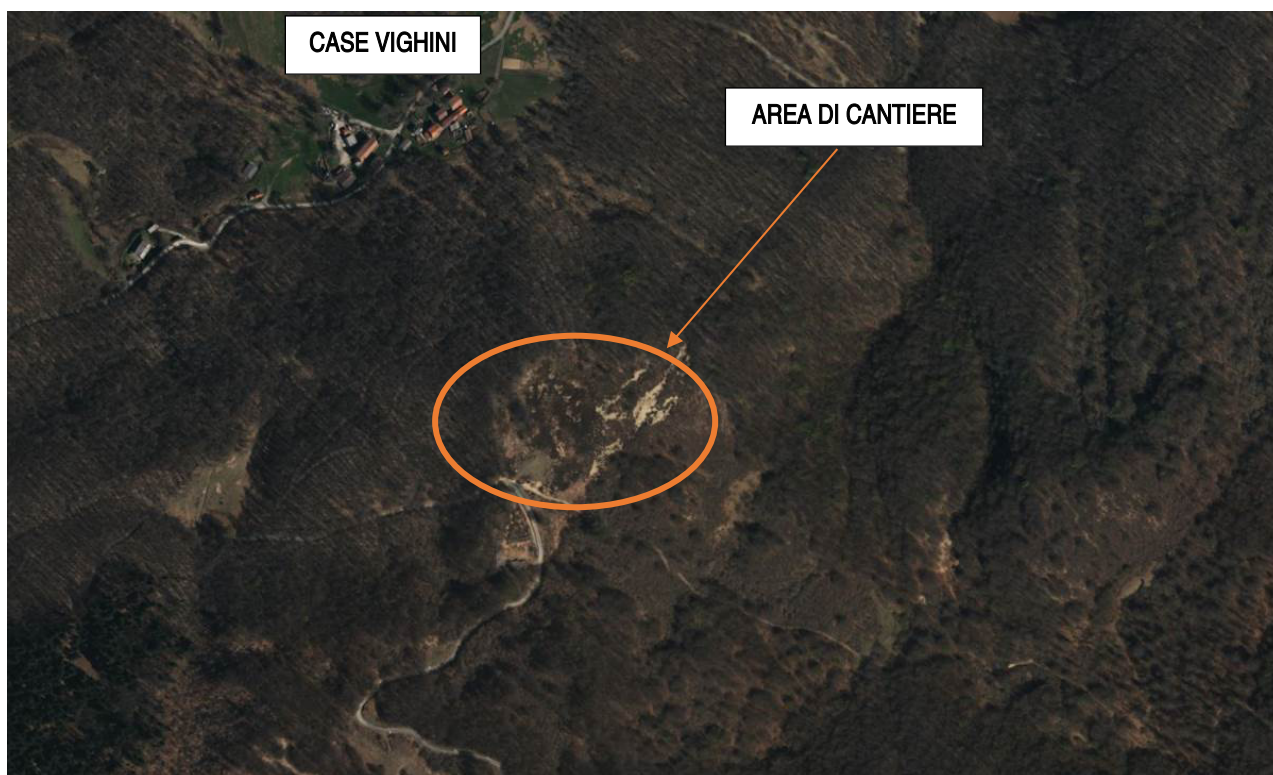


Figura 2.5 – Inquadramento da foto aerea del sito

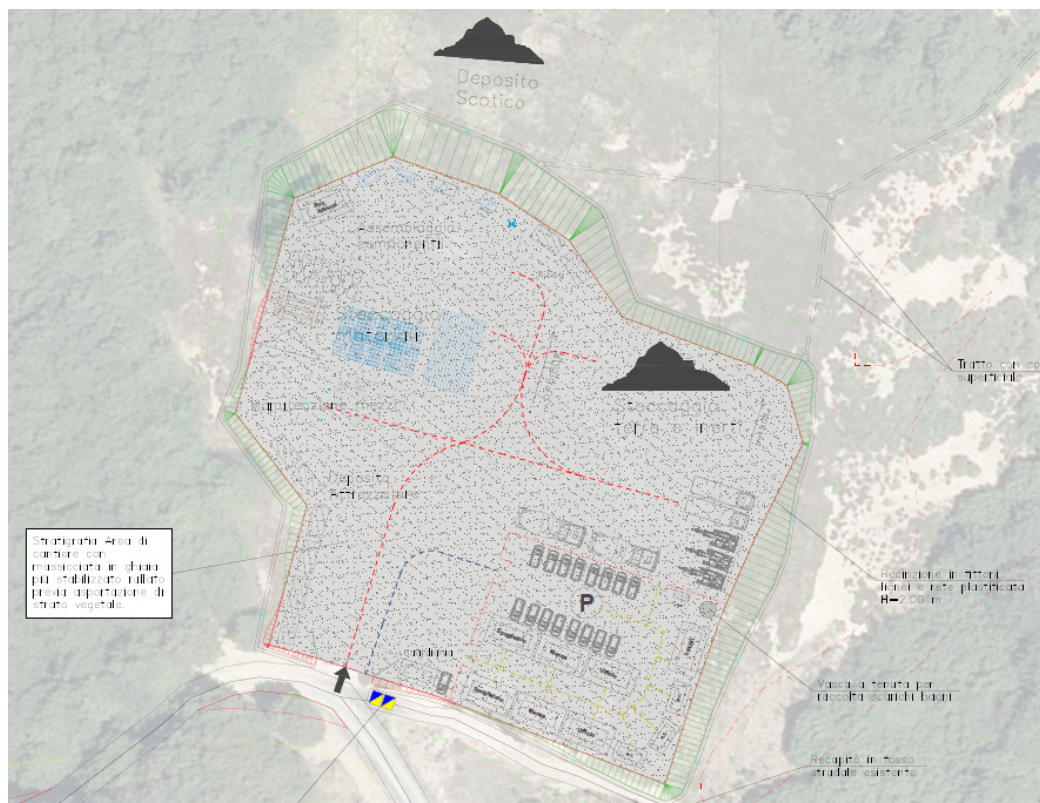


Figura 3.2 – progetto revisionato dell'area di cantiere



4. DEFINIZIONE DEL CONTESTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

4.1 Geologia

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

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.

Le **Arenarie di Monte Gottero GOT** 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 tosc-emiliano fino al Passo della Cisa.

Ottime esposizioni si osservano anche lungo la strada del Passo del Bratello tra Valdenna 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-scure 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.

La Litozona argillitica caotica GOT_a è 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.

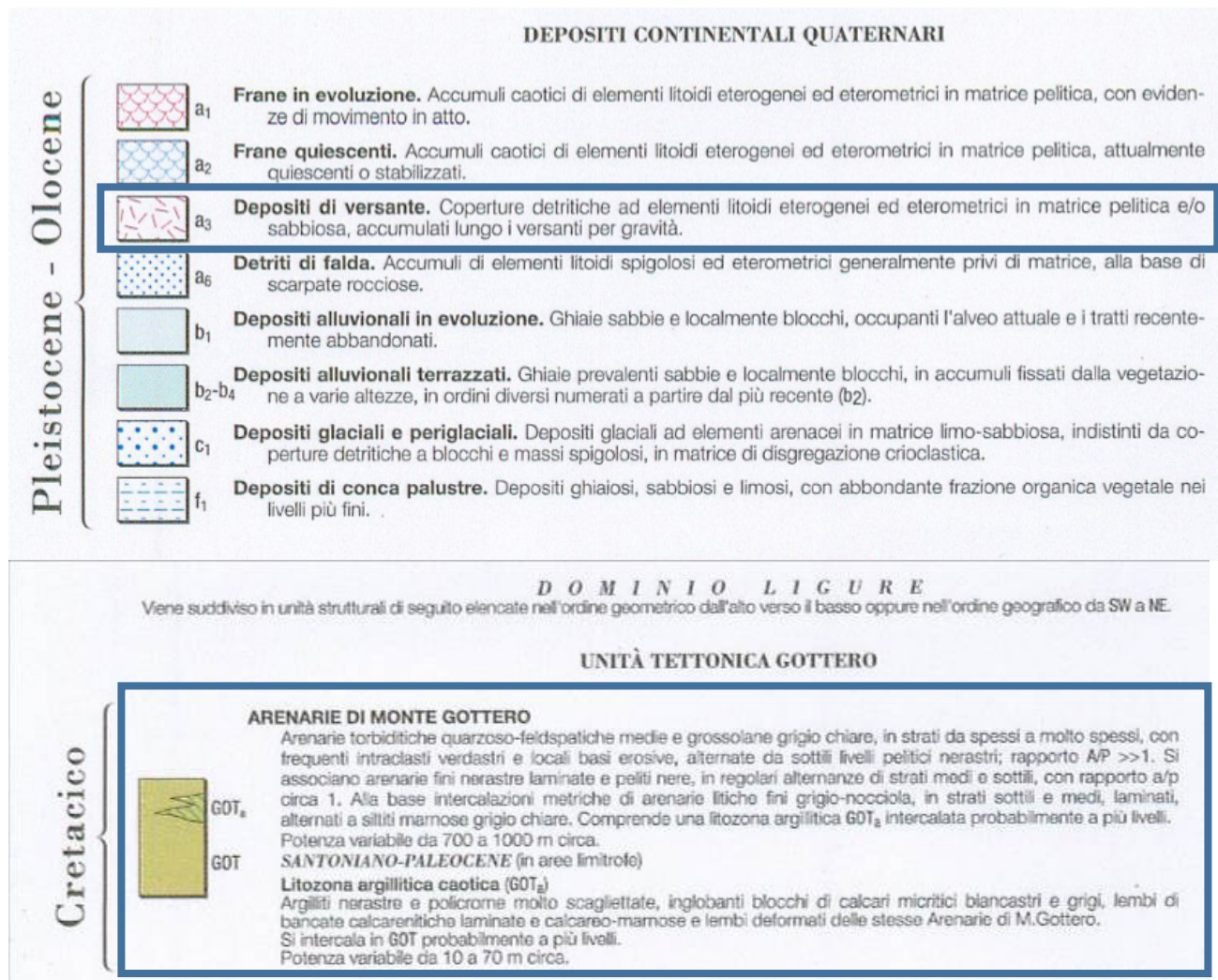
Nelle argilliti sono inglobati dei blocchi decimetrici e lembi metrici di calcari micritici grigio chiari e biancastri, calcareniti fini, calcari marnosi grigio-scuri e arenarie nerastre fini; tali inclusioni sono quasi sempre rivestiti da patine di ossidi nerastri e i lembi arenacei spesso presentano 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.

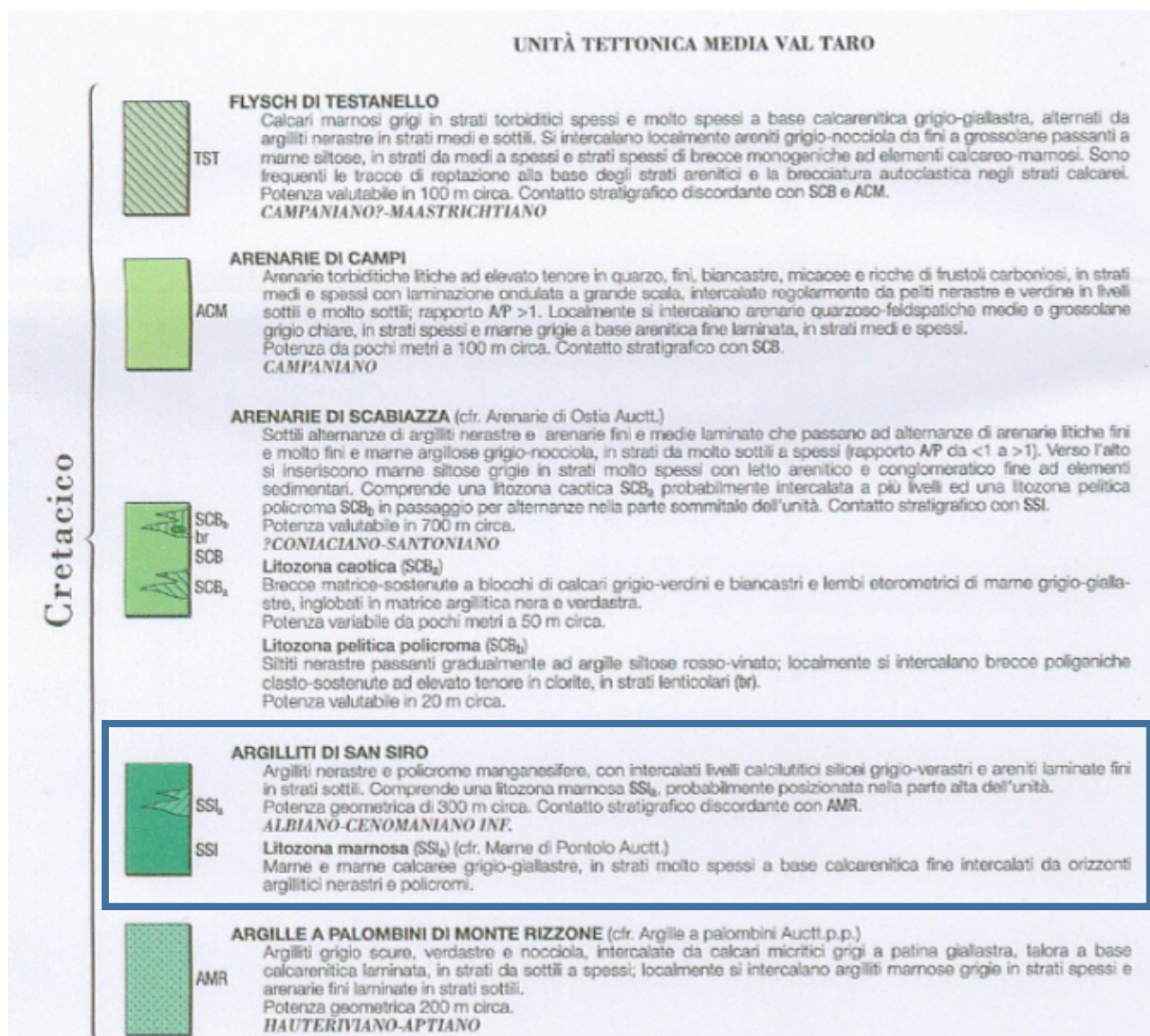
Le intercalazioni raggiungono uno spessore massimo di 70 m e si posizionano a differenti livelli nella parte medio-alta della successione.

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.



Nel sito in cui è prevista la realizzazione dell'area di cantiere, la cartografia ISPRA segnala la presenza di **Depositi di versante a3**, costituiti da coperture detritiche ad elementi litoidi eterogenei ed eterometrici in matrice pelitica e/o sabbiosa, accumulati lungo i versanti per gravità.





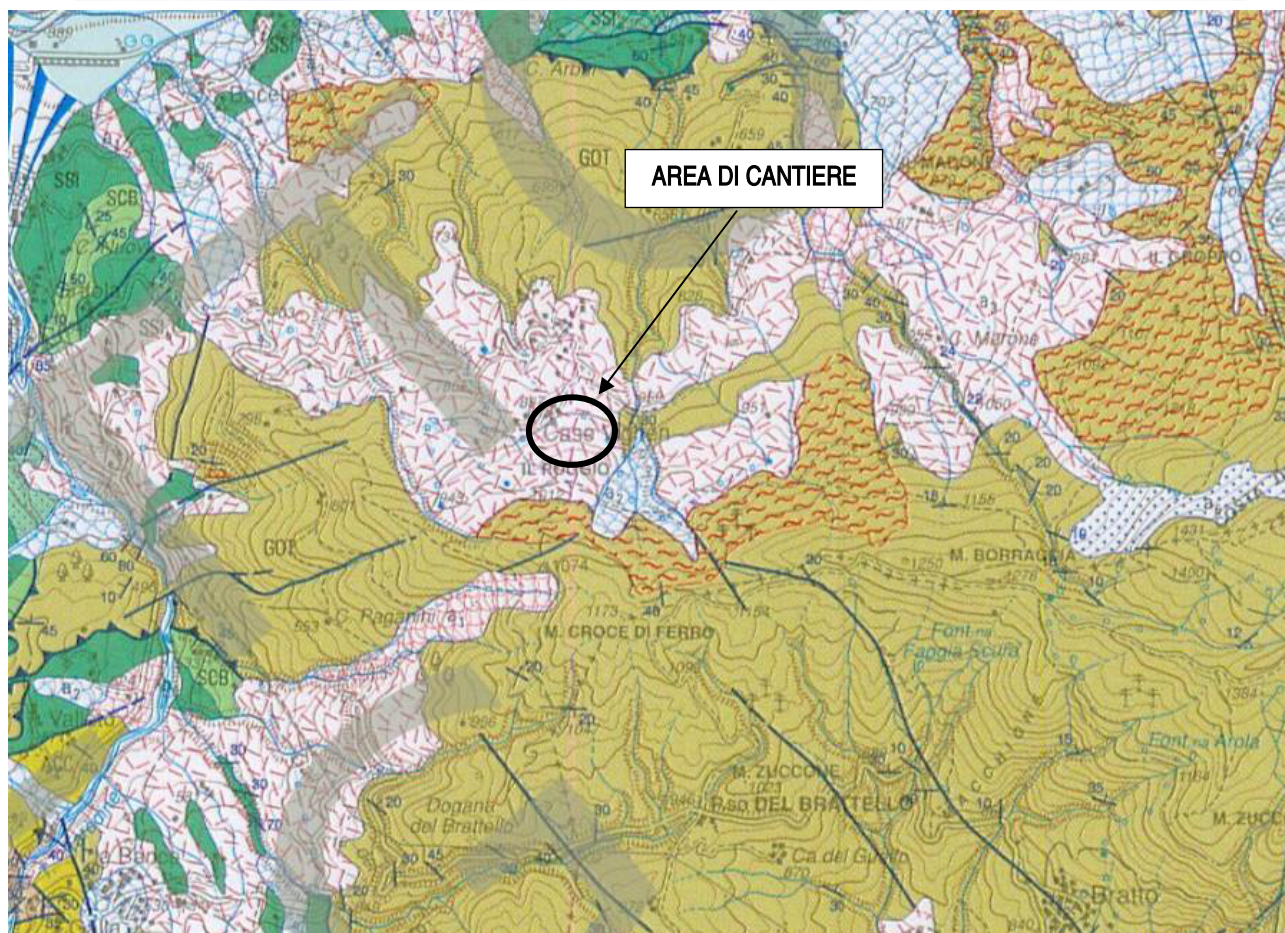
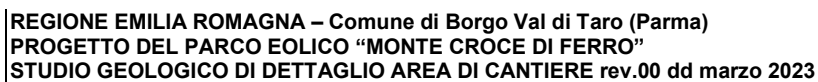


Figura 4.1 - Stralcio da Carta Geologica d'Italia 1: 50.000 – progetto CARG – sito ISPRA – PANORAMICA

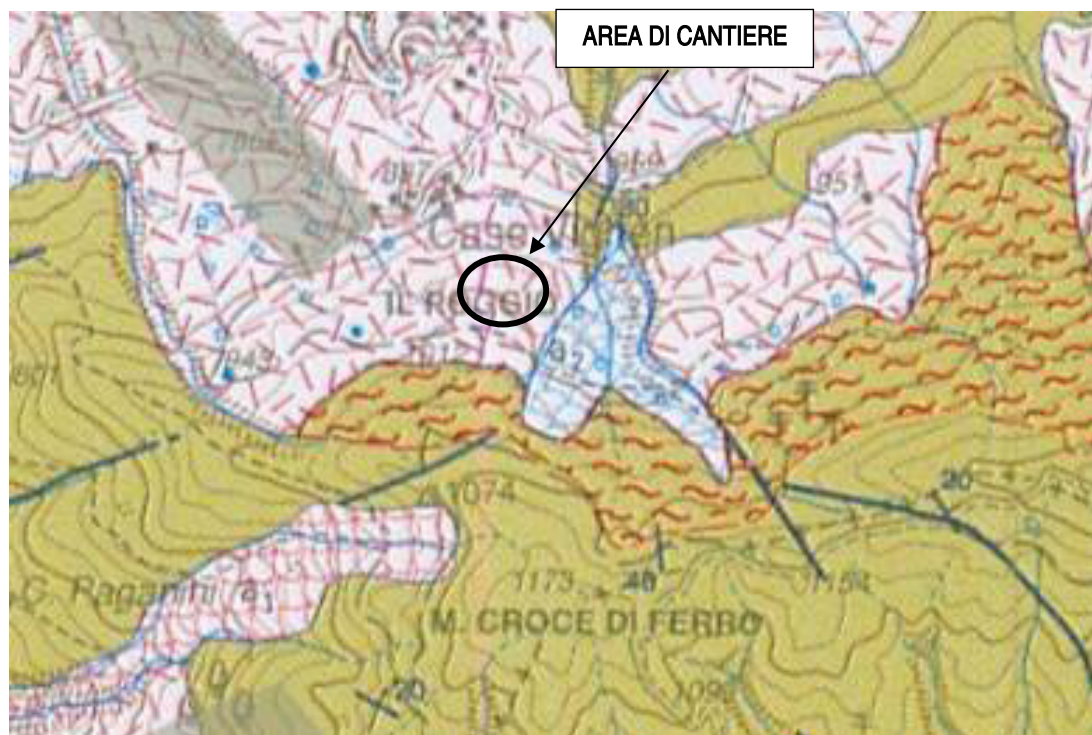


Figura 4.2 - Stralcio da Carta Geologica d'Italia 1: 50.000 – progetto CARG – sito ISPRA – DETTAGLIO

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) indicano che tutta l'area oggetto di studio è contraddistinta da **Coperture Quaternarie** che ricoprono il substrato roccioso della formazione delle “Arenarie di Monte Gottero (GOT)” (Figura 4.3, Figura 4.4).

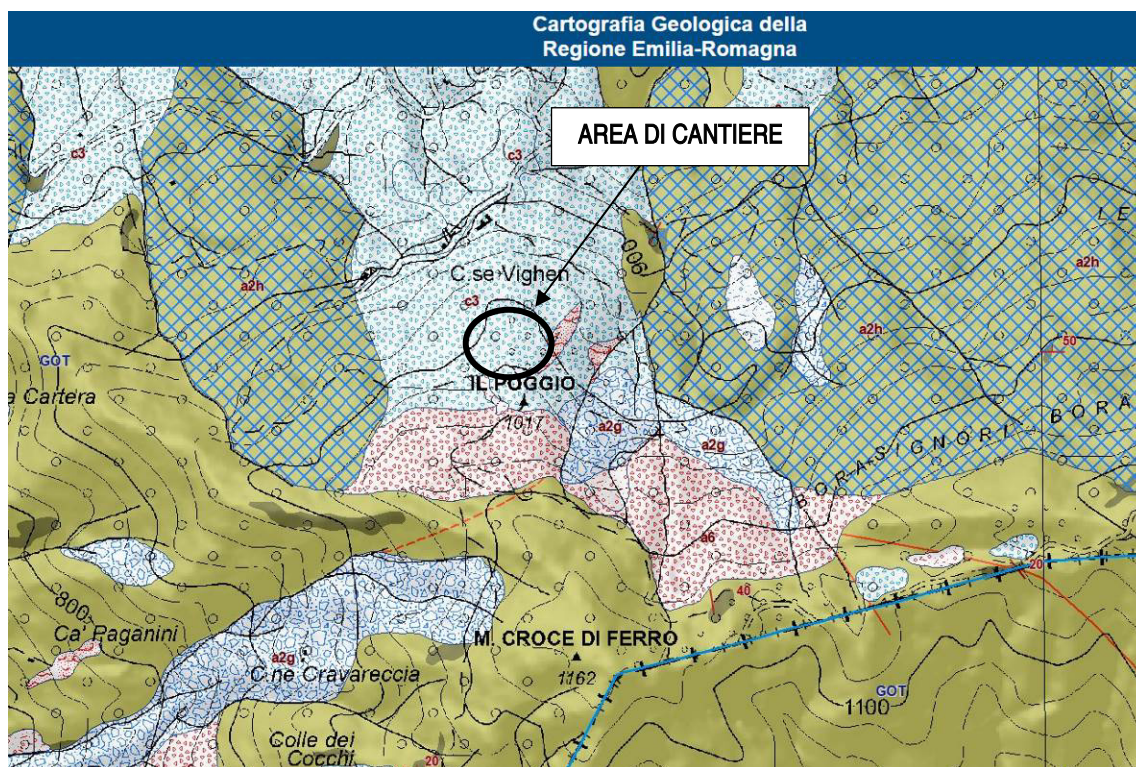


Figura 4.3 - Stralcio da DB Cartografia geologica della Regione Emilia Romagna PANORAMICA

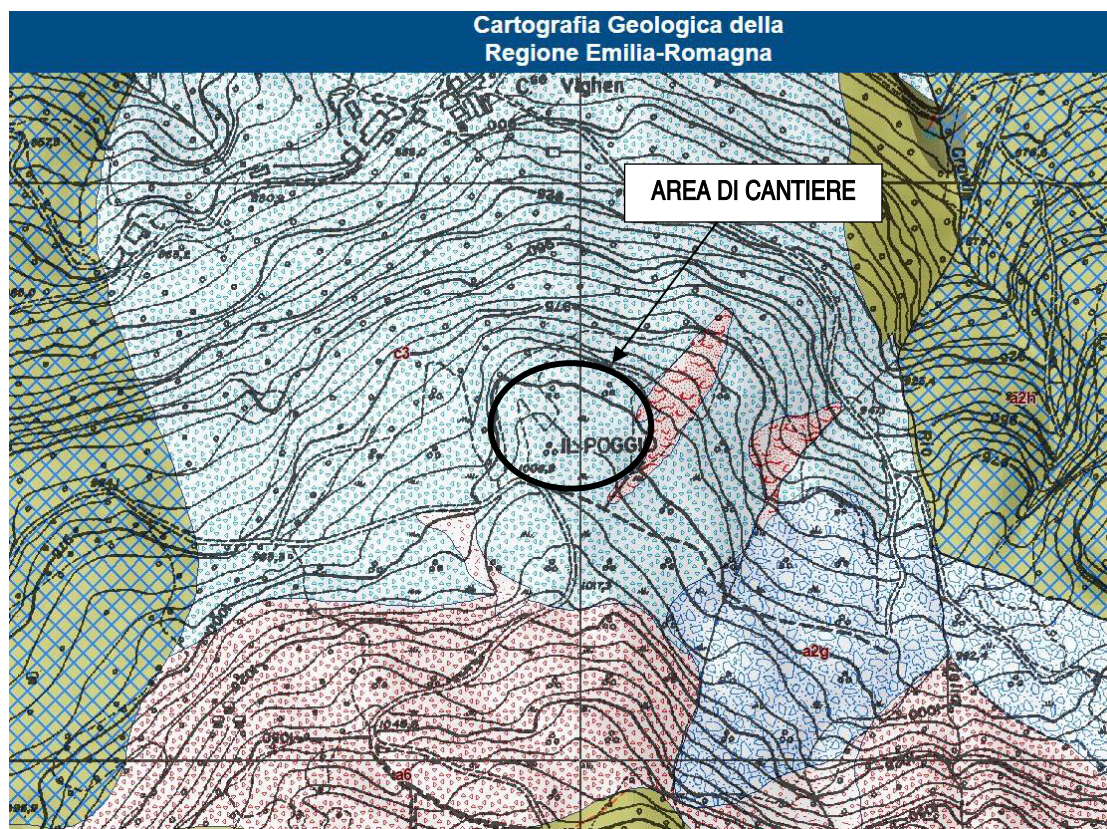


Figura 4.4 - Stralcio da DB Cartografia geologica della Regione Emilia Romagna DETTAGLIO

Nello specifico, l'area di cantiere è stata prevista in corrispondenza del pianoro denominato **Il Poggio**, posto sul versante Nord del Monte Croce di Ferro, ad una quota intermedia fra la linea di crinale e la loc. Case Vighini.

L'impronta di progetto dell'area di cantiere è stata impostata in corrispondenza di un'area caratterizzata dalla presenza di **“Depositi glaciali e periglaciali – C3”**, costituiti da *accumuli detritici depositi prevalentemente a seguito dell'azione glaciale; si tratta di detriti sciolti a struttura caotica con clasti eterometrici inglobati in una matrice limoso-sabbiosa o limo-argillosa e con stratificazione mal visibile.*

Il settore posto a Nord-Est dell'area di cantiere è contraddistinto dalla presenza di un **“Deposito di frana attiva per colamento di fango – a1d”**, di forma stretta ed allungata, che viene censita bibliograficamente come *deposito messo in posto da un movimento spazialmente continuo all'interno di una massa spostata costituita da materiale fangoso saturo d'acqua che si comporta come fluido viscoso; le superfici di taglio all'interno della massa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate se non al termine del movimento quando la massa tende a rallentare e a solidificarsi. Vengono incluse in questa categoria anche frane che, pur non presentando sicure evidenze di movimento nell'ultimo ciclo stagionale, denotano comunque una recente attività segnalata da evidenti indizi quali lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno smosso.*

4.2 Geomorfologia

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

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 4.5 e Figura 4.6 si segnala la presenza su tutta



l'area di intervento di coperture quaternarie costituite estesamente da **Depositi glaciali e periglaciali (c3)** e da un **Deposito di frana attiva per colamento di fango (a1d)**.

Frane e altri depositi di versante

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

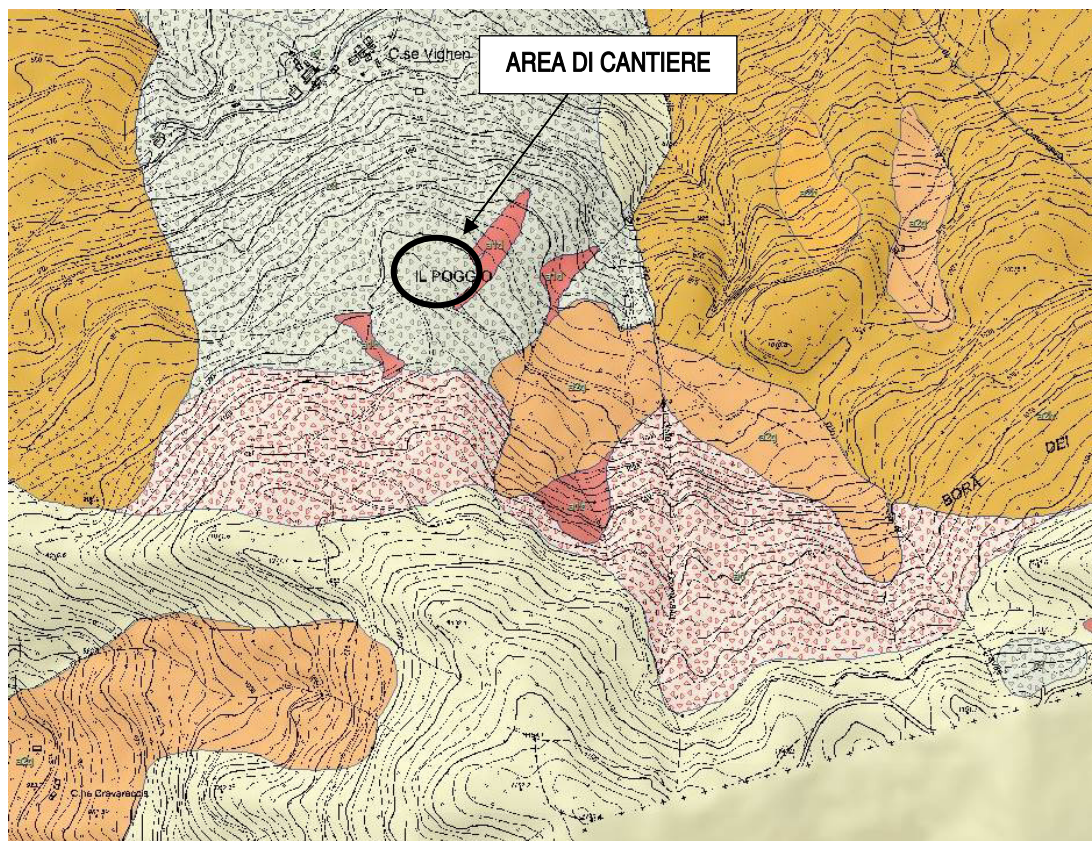


Figura 4.5 - Stralcio da DB Cartografia dissesto della Regione Emilia Romagna PANORAMICA

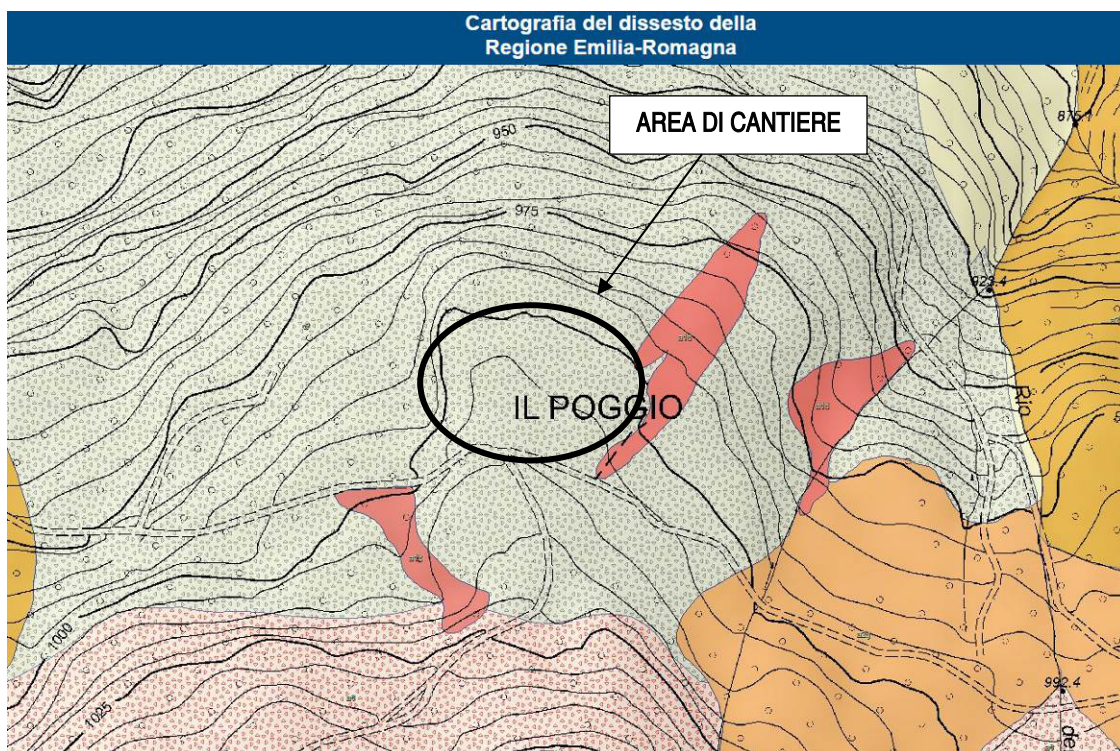


Figura 4.6 - Stralcio da DB Cartografia dissesto della Regione Emilia Romagna DETTAGLIO

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 situazioni differenti rispetto a quanto già illustrato e segnalato precedentemente.

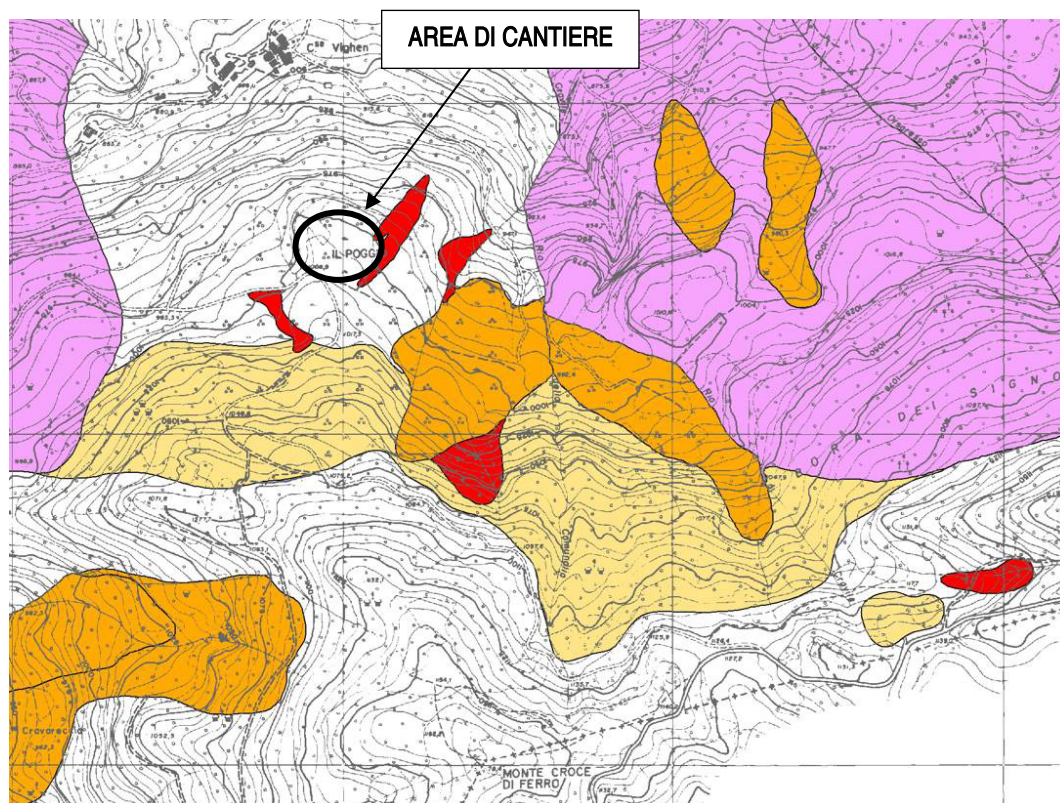


Figura 4.7 - Stralcio da Carta del dissesto PTCP Parma - PANORAMICA

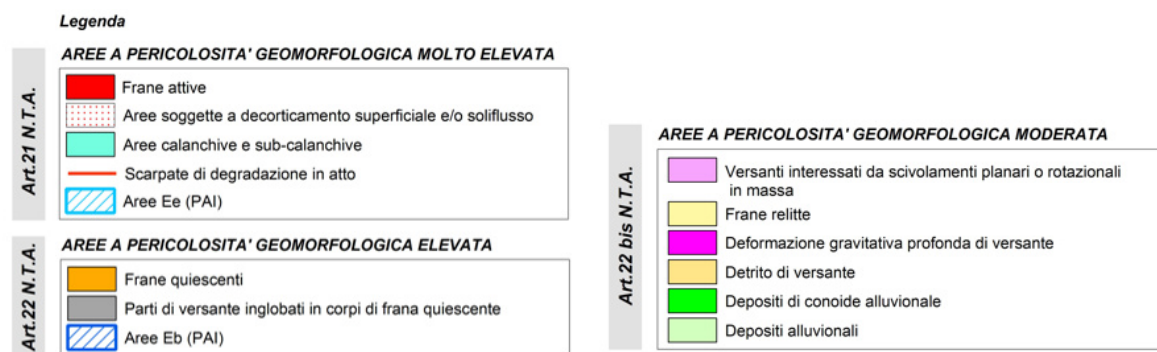
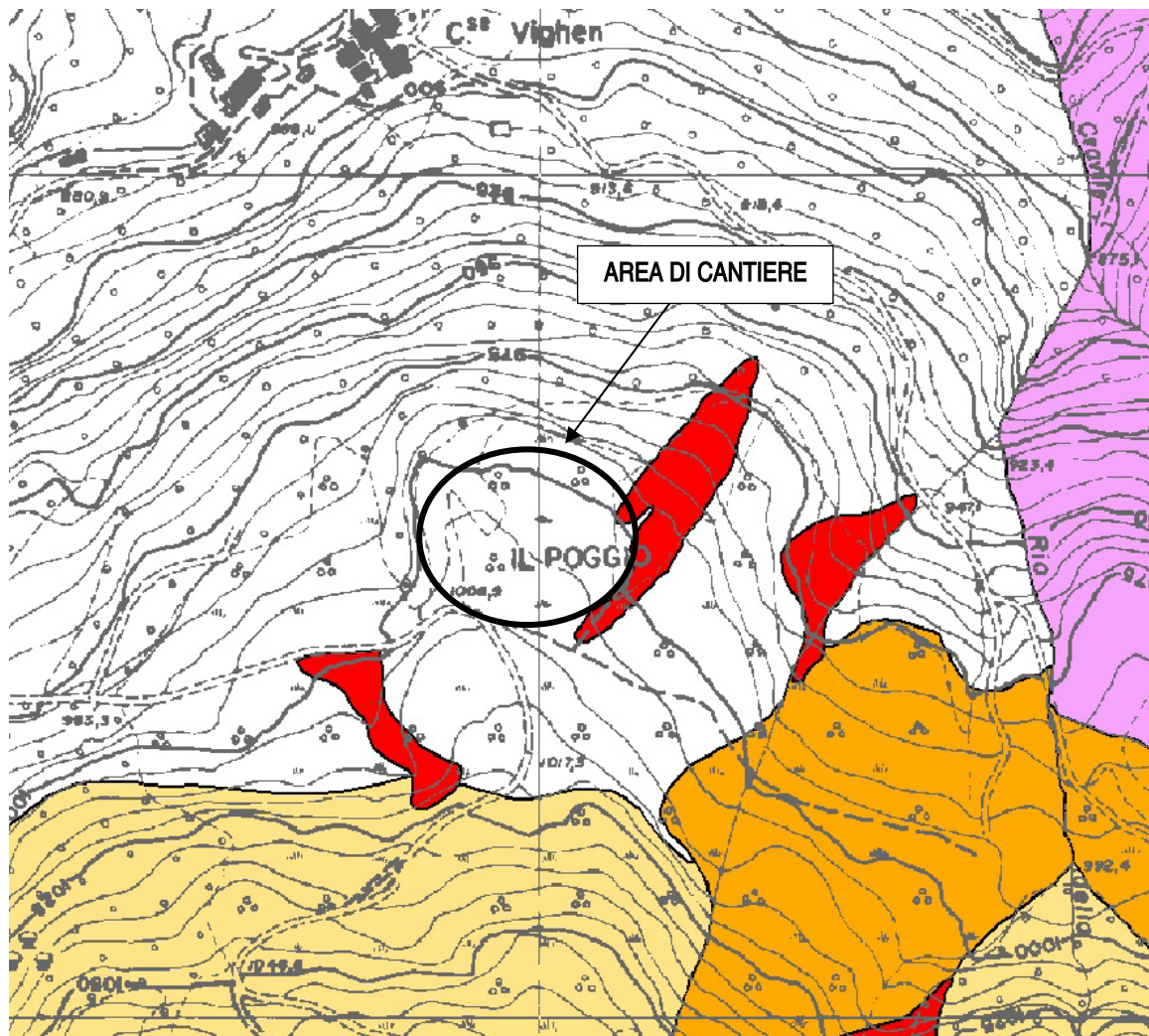


Figura 4.8 - Stralcio da Carta del dissesto PTCP Parma - DETTAGLIO

Come si evince dallo stralcio planimetrico di *Figura 4.7* e *Figura 4.8* l'area oggetto di studio è contraddistinta dalla presenza della frana attiva (evidenziata in colore rosso) avente la medesima geometria della cartografia geologica e del dissesto del DB della Regione Emilia Romagna.

La legenda della tavola classifica le frane attive tra le **aree a pericolosità geomorfologica molto elevata** regolate dall' *articolo 21 delle Norme Tecniche di Attuazione del PTCP*.

Anche la “**Carta inventario delle frane dell’Emilia Romagna edizione Giugno 2018 – Borgo Val di Taro Tavola 5**”, la più recente reperita anche se qui non riportata, evidenzia e conferma le indicazioni sopra riportate.



5. RILIEVO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELLO STATO DEI LUOGHI

5.1 Rilevamento di campagna

In data 07 aprile 2023 si è proceduto ad un sopralluogo alla futura area di cantiere allo scopo di eseguire operazioni tecniche di rilevamento topo-cartografico e geomorfologico per l'acquisizione del reale ingombro dell'area in dissesto e verificarne la potenziale interferenza con quella in progetto.

Il rilevamento è stato eseguito combinando due tecniche topo-cartografiche:

- Rilevamento topografico con strumentazione G.N.S.S. (Global Navigation Satellite System);
- Rilevamento cartografico e mappatura con S.A.P.R. (Sistemi Aerei a Pilotaggio Remoto = drone)

Con l'utilizzo della tecnologia GNSS si è proceduto alla mappatura dell'estensione dell'area del dissesto sul fronte ovest limitrofo all'area in progetto; in particolare è stato acquisito tutto l'andamento dell'orlo di scarpata in erosione, alcuni piccoli fenomeni di distacco della coltre superficiale, quote plano-altimetriche dell'area di cantiere e dell'area di dissesto, in particolare cercando di delimitare l'estensione della superficie interessata dai fenomeni di erosione superficiale. Per una miglior lettura della morfologia, sono state inserite le isoipse ricavate dalla Cartografia tecnica Regionale.

Con l'utilizzo della tecnologia S.A.P.R. è stato possibile elaborare un'ortofoto georeferenziata dell'area, da unire ai rilievi di cui al punto precedente per la formazione di una cartografia che permetta di analizzare nel dettaglio la situazione dell'area; inoltre, è stata acquisita ampia documentazione fotografica da differenti punti di vista posti al contorno dell'area per consentire una miglior visualizzazione generale del sito.

I dati del rilievo di campagna, elaborati ed analizzati con tecniche di restituzione grafico-numerica, sono stati sintetizzati negli elaborati cartografici denominati G-R.6 Tav. 1 Planimetria geomorfologica area di cantiere (in scala 1:500) e G-R.6 Tav. 2 Dissesto area di cantiere documentazione fotografica, di cui si riportano nel seguito le schermate di acquisizione.

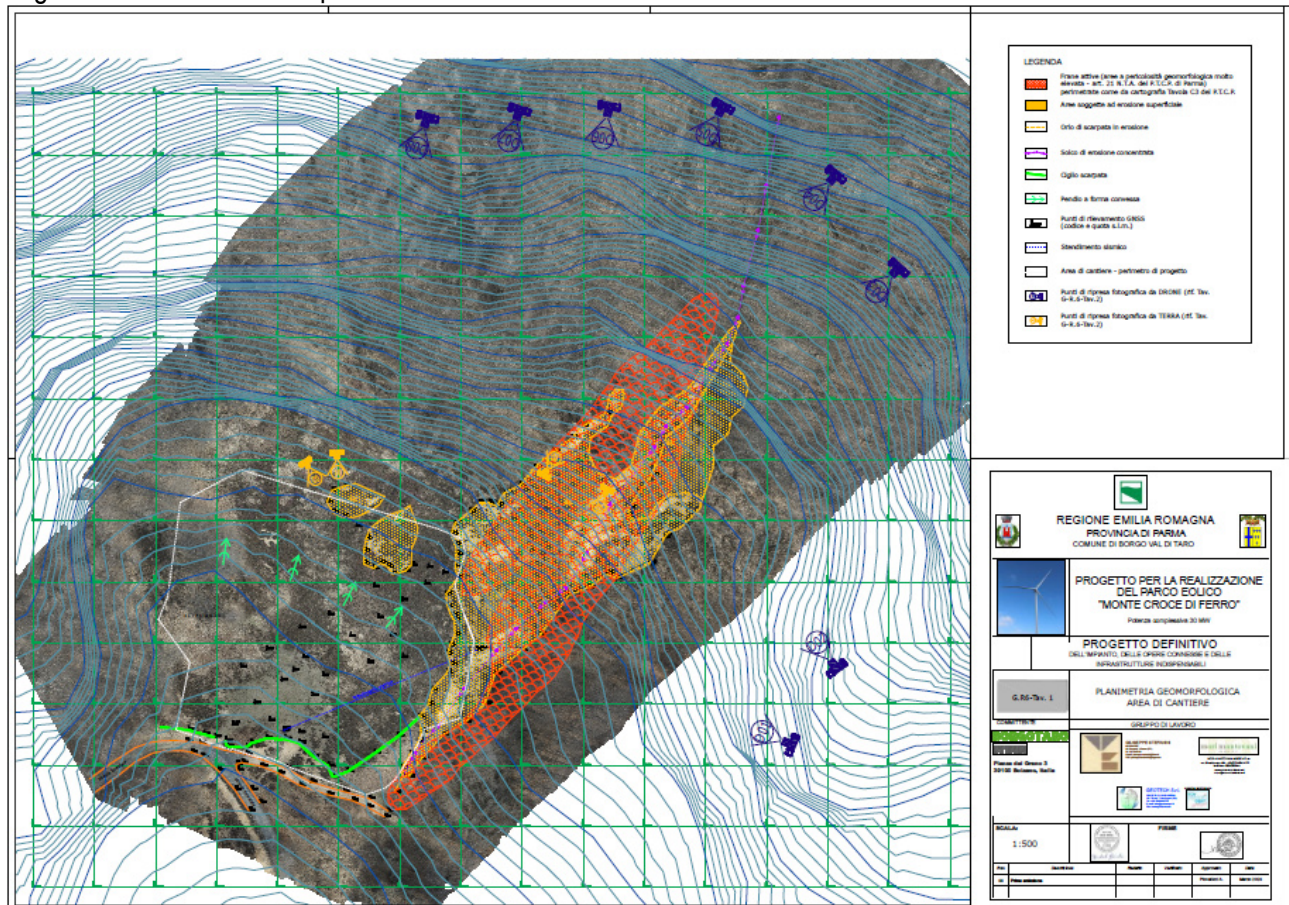


Figura 5.1 - Stralcio da G-R.6 Tav. 1 Planimetria geomorfologica area di cantiere

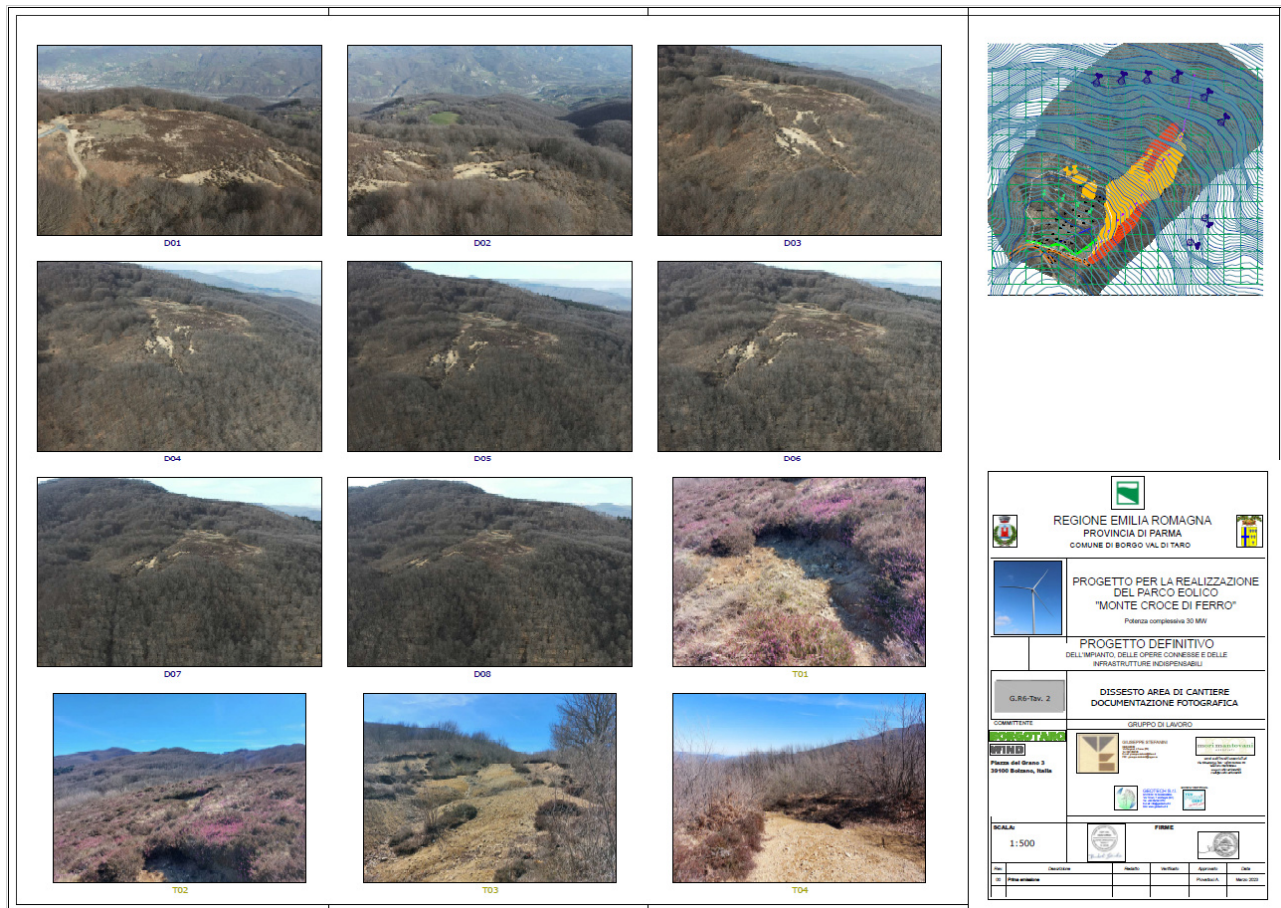


Figura 5.2 - Stralcio da G-R.6 Tav. 2 Dissesto area di cantiere documentazione fotografica

5.2 Classificazione del cinematisimo

Sulla base delle osservazioni eseguite durante le operazioni di campagna, unitamente a quelle fornite dall'analisi della documentazione fotografica di ortopiano e a vista d'uccello si può affermare quanto segue:

- Si conferma parzialmente la tipologia di cinematisimo segnalata nella bibliografia regionale e provinciale; la geometria planimetrica dell'area in dissesto, caratterizzata da forme irregolari strette ed allungate, è presumibilmente riconducibile a fenomeni di colamento che determinano il distacco di coltri molto superficiali in corrispondenza della saturazione del terreno che può verificarsi in occasione di importanti eventi meteorici; in realtà le frane per colamento sono tipiche delle argille imbevute d'acqua, con fenomeni lenti e durevoli nel tempo mentre i terreni ivi presenti presentano caratteristiche litologiche differenti e sembrano riferibili a veri e propri dissesti superficiali causati da dilavamento (vedi nel seguito);
- L'evoluzione del fenomeno di dissesto è facilitata, una volta che si è verificato il distacco della coltre superficiale, dalla mancanza di protezione del terreno che è caratterizzato da litologie sabbioso-limose pressochè prive di coesione e pertanto facilmente mobilitabili in occasione di eventi meteorici per saturazione del terreno che determina l'annullamento della resistenza al taglio;
- Proprio per questo motivo, si osserva nell'elaborato *G-R.6 Tav. 1 Planimetria geomorfologica area di cantiere* una maggior estensione dell'area soggetta ad erosione superficiale rispetto a quella riportata nella cartografia ufficiale che è datata di qualche anno; ciò comporta una piccola interferenza con l'ingombro di progetto previsto per l'area di cantiere.

La ricerca bibliografica sulla più probabile tipologia di dissesto con cui classificare il fenomeno locale sembra portare, come già anticipato, ai “dissesti dovuti al dilavamento” (Castiglioni, 1992, Dramis et alii, 2005,



Giordano, 2002, Gisotti e Bendini, 2000, Panizza, 1988, Vallario, 1992- APAT Manuale e Linee Guida 39/2006 - Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti classificazione e simbologia).

Il manuale APAT descrive i principali caratteri di riconoscimento dei dissesti da dilavamento; in particolare segnala che le acque piovane costituiscono uno dei più importanti agenti morfogenetici, che producono rilevanti effetti geomorfologici legati sia all'azione diretta d'impatto della pioggia sul terreno (raindrop erosion), sia all'azione dello scorrimento dell'acqua in superficie, ossia al ruscellamento (runoff) (PANIZZA, 1988). I processi che ne derivano sono detti di dilavamento o di erosione pluviale.

Le acque di dilavamento danno luogo all'erosione areale o superficiale; le acque piovane esercitano due distinte azioni erosive:

- una di distacco delle particelle dovuta agli urti delle gocce di pioggia che colpiscono il suolo e ai successivi processi chimici e fisici di disaggregazione;
- l'altra di trasporto delle particelle distaccate, per effetto delle acque dilavanti. Connessa al trasporto delle particelle distaccate è l'abrasione del suolo e delle rocce ad opera delle stesse particelle trasportate dall'acqua.

Il dilavamento è un fenomeno discontinuo nel tempo, la cui entità dipende in prevalenza dall'intensità, dalla durata e dal tipo di precipitazione, dall'infiltrazione, dal tipo di copertura vegetale, dalla rugosità della superficie del terreno, dalla resistenza all'erosione del terreno, dalla pendenza e lunghezza dei versanti e dai fattori antropici (CASTIGLIONI, 1986).

Le azioni di mobilitazione e trasporto prodotte dalla limitata energia cinetica posseduta dalle acque dilavanti, interessano di solito le particelle di piccole dimensioni, corrispondenti alla “terra fine”, cioè argilla, limo e sabbia, e ai minuti residui vegetali; tuttavia la frequenza con la quale si susseguono tali fenomeni contribuisce in modo sostanziale all'arretramento dei versanti, all'abbassamento delle creste e alla produzione di ingenti quantità di materiale solido da trasportare.

Nella valutazione dei danni prodotti dai fenomeni erosivi nel loro complesso, legati all'azione sia delle acque dilavanti sia di quelle incanalate, occorre considerare sia quelli prodotti sul posto dove l'erosione si è verificata, sia quelli prodotti in modo diretto e indiretto in località lontane (Figura 5.3).

EROSIONE IDRICA	
DANNI IN SITU DOVE L'EROSIONE SI È VERIFICATA	DANNI OCCORSI IN LOCALITÀ LONTANE DAL LUOGO DOVE L'EROSIONE SI È VERIFICATA
<ul style="list-style-type: none">• asportazione degli orizzonti organici dalla superficie del suolo;• rimozione di sostanze nutritive;• distruzione della struttura e compattazione della superficie del suolo;• riduzione di produttività del suolo;• riduzione dell'infiltrazione;• diminuzione nella ricarica della falda freatica;• erosione superficiale (<i>sheet erosion</i>);• asportazione di materiale fine e aumento di elementi grossolani in superficie;• formazione di incisioni (poco profonde <i>rills</i>, profonde <i>gullies</i>);• sradicamento di vegetali.	<ul style="list-style-type: none">• alluvioni;• inquinamento dell'acqua;• interrimento delle opere di sbarramento o dighe, dei bacini di raccolta dell'acqua, dei canali, dei corsi d'acqua;• modifiche dell'andamento o dell'assetto dei corsi d'acqua;• sedimentazione di materiali sabbioso-argillosi sui campi;• deterioramento dei luoghi di pesca;• eutrofizzazione dei corsi d'acqua.

Figura 5.3 - – Conseguenze derivanti dai fenomeni erosivi, differenziate tra quelle prodotte direttamente là dove l'erosione si è verificata e quelle indotte in luoghi lontani. (Tratta da GIORDANO, 2002; parzialmente modificata)

6. INDAGINI GEOFISICHE

Con la finalità di definire la sequenza lito-stratigrafica del sottosuolo e la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni interessati dall'area di cantiere in progetto è stata eseguita un'indagine geofisica (*Figura 5.1*, G-R.6-Tav.1 – Planimetria geomorfologica area di cantiere) costituita da n° 1 rilievo sismico tomografico a rifrazione con stendimento di lunghezza 120 m in corrispondenza dell'area del futuro cantiere e l'area di dissesto. Lo stendimento sismico ha la finalità di fornire una sezione sismostratigrafica ad integrazione delle informazioni bibliografiche esistenti sulla formazione geologica e sull'area di dissesto ivi presente.

6.1 Indagini sismiche a rifrazione

Le indagini sono state effettuate con SISMOGRAFO AMBROGEO mod. ECHO24/2010 (www.ambrogeo.eu). In *Figura 6.1* è mostrata la scheda tecnica del sismografo utilizzato per questa indagine.



Figura 6.1 – sismografo utilizzato per le tomografie

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 (Vp) e/o trasversali (Vs), ottenuta conoscendo la distanza sorgente-ricevitore ed il relativo tempo di arrivo dell'impulso sismico (velocità=spazio/tempo), consente di rilevare in sintesi le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni, poiché i valori di Vp e/o Vs sono proporzionali al grado di compattezza dei mezzi percorsi (*Figura 6.2*).

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
Calcare	2000 - 7000	1000 - 3300
Calcare fratturato	750 - 1500	330 - 1000
Calcarenite	1400 - 4400	800 - 2500
Calcarenite fratturata	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 6.2 – 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 RAYFRACT, 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 6.3).

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.

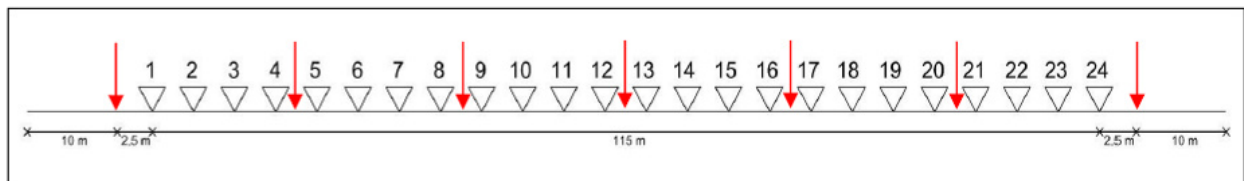


Figura 6.3 – Schema geometrico delle acquisizioni a sismica a rifrazione, i triangoli indicano la posizione dei geofoni, mentre le frecce rosse indicano i punti di energizzazione

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 RAYFRACT 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.

La sezione tomografiche è illustrata nel seguito in *Figura 6.4* e in *Figura 6.5* e nella tavola G-R.6-Tav.3 – Sezione sismica area di cantiere.

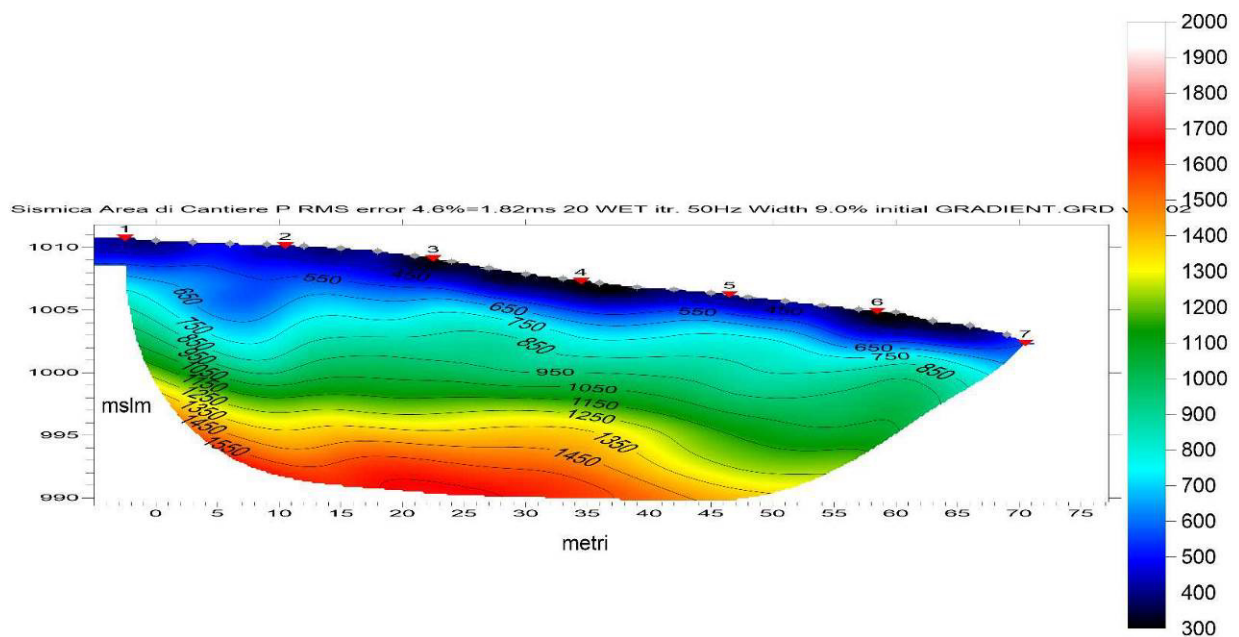


Figura 6.4 – Sezione tomografica onde P

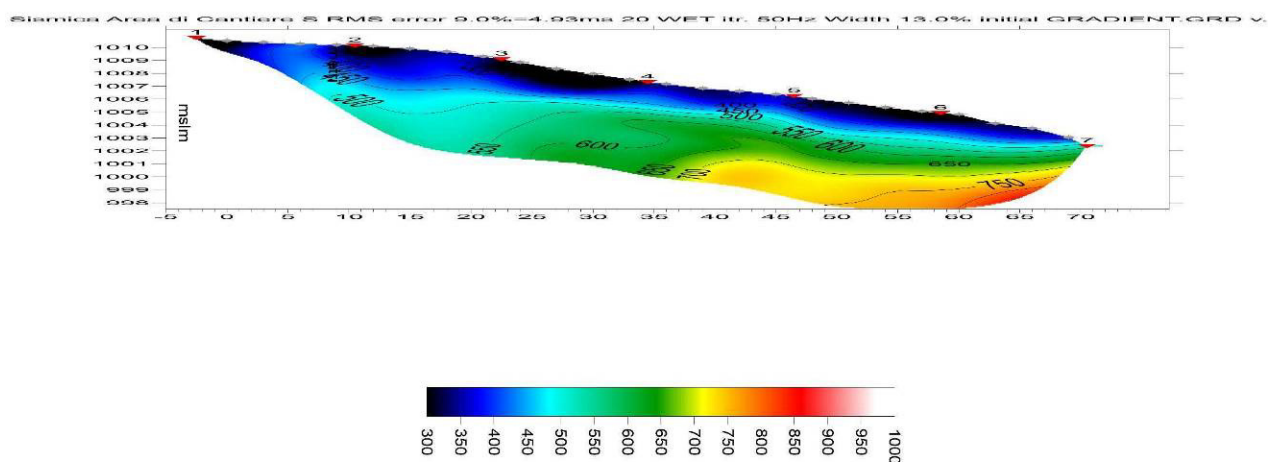


Figura 6.5 – Sezione tomografica onde S



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 e sezione geologico-tecnica

1) UNITA' DEI TERRENI DI COPERTURA

- **Suolo:** è presente in tutta l'area di cantiere ad eccezione della zona di dissesto dove l'azione rova del ruscellamento ne ha determinato l'asportazione; non ha rilevanza ai fini geotecnici in quanto presente con spessori ridottissimi;
- **TC2: Depositi glaciali e periglaciali (unità c3):** sono presenti estesamente nell'area di cantiere 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, dai dati bibliografici e alle classificazione geomeccaniche ricorrenti è 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 della sezione geologica in asse dell'area di cantiere estesa fino all'area in dissesto.

La sezione, rappresentata in scala 1:100 (*Figura 7.1* e G-R.6-Tav.3 – Sezione sismica area di cantiere), è stata ricostruita secondo la direttrice di massima pendenza del versante e riporta i seguenti dati:

- ubicazione dell'area di cantiere e dell'area in dissesto;
- legenda delle unità sismostratigrafiche, delle unità geologiche e delle unità geotecniche;
- successione stratigrafica ricostruita con le sezioni tomografiche a rifrazione.

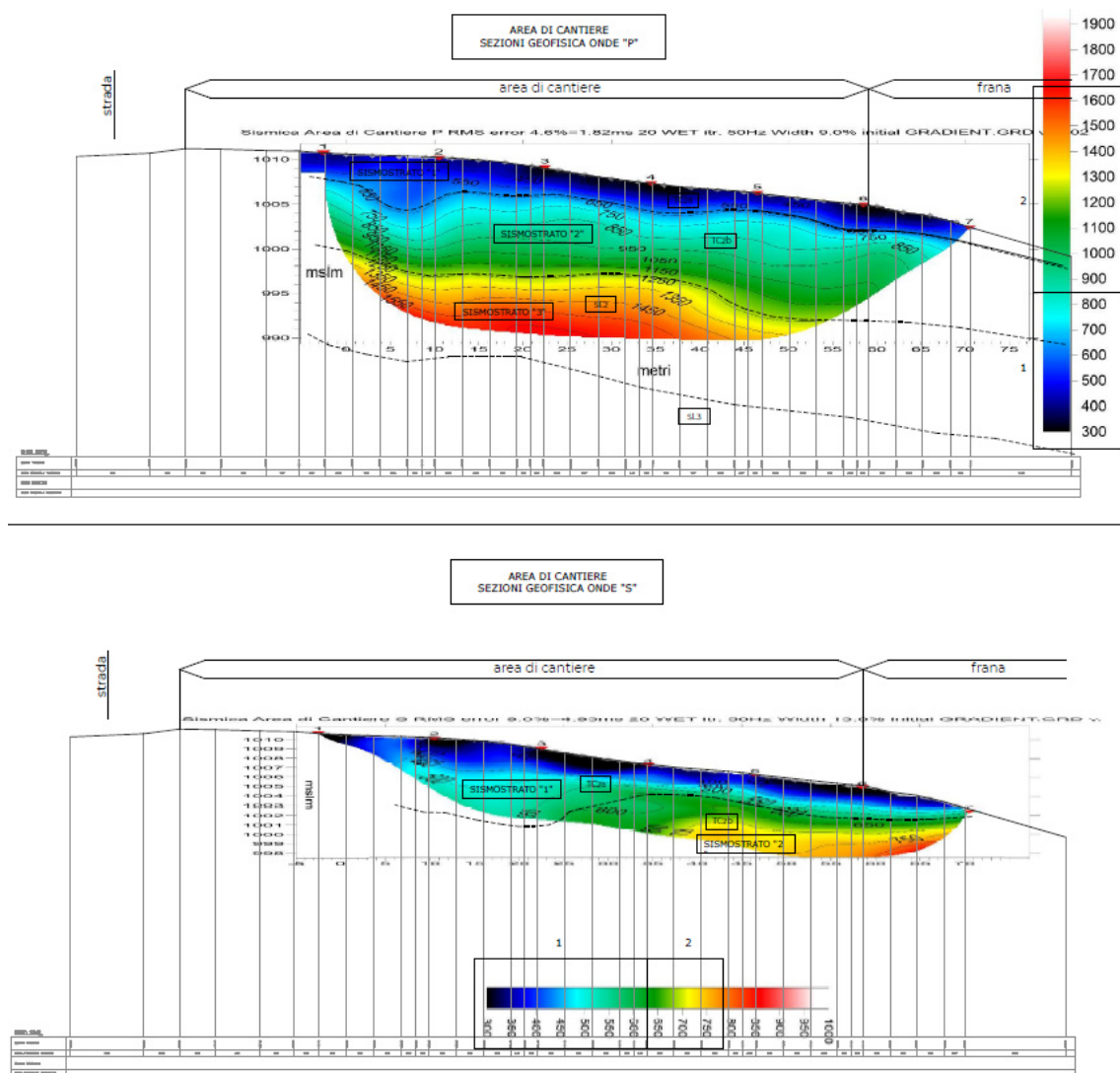


Figura 7.1 – sezione sismica onde P e onde S



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, si evidenzia quanto segue:

- lo strato più superficiale, ascrivibile alla fascia di superficie (facies a – limoso-sabbiosa) dei depositi glaciali e periglaciali, si presenta con andamento e spessore regolare, se si esclude una porzione sul lato prossimo alla strada forestale (lato Sud- Ovest) dove si riscontra un ispessimento di qualche metro; non si osservano variazioni significative nella zona di dissesto. Le velocità sono comprese entro i 600 m/s;
- il secondo sismostrato è riferibile alla fascia b dei depositi glaciali e periglaciali, costituita da materiale più grossolano con matrice limoso-sabbiosa; tale strato si approfondisce a circa 10-12- m dal piano di campagna. Le velocità variano da 600 a 1200 m/s;
- il terzo sismostrato è riferibile alla porzione superficiale della formazione delle “Arenarie di Monte Gottero”, con velocità superiori ai 1200 m/s.

L'analisi della sezione tomografica delle onde S evidenzia 2 sismostrati:

- Il primo sismostrato presenta velocità comprese fra 300 e 600 m/s e denota uno spessore molto maggiore nella zona prossima alla strada forestale (8-10 m), analogamente a quanto rilevato con le onde P; in particolare, si nota che lo spessore si rastrema nella zona prossima alla frana e al suo interno, dove lo spessore non supera i 4 metri;
- Il secondo sismostrato, con velocità comprese fra 600 e 750, è presente solo nella parte centrale della sezione e in quella dell'area in dissesto, dove si osserva una risalita delle linee di isovelocità con valori più elevati (750 m/s).



8. CONCLUSIONI

Il presente studio geologico illustra le verifiche eseguite in merito all'interferenza fra l'area di cantiere prevista nel progetto di costruzione del Parco Eolico “**Monte Croce di Ferro**”, proposta dalla società Borgotaro Wind e la frana attiva segnalata nella cartografia del PTCP della Provincia di Parma, come richiesto nella nota prot. 8492/4.2 trasmessa in data 5/12/2022 da parte dell'Unione dei Comuni Valli Taro e Ceno.

In data 07 aprile 2023 si è proceduto ai rilievi topo-cartografici e geomorfologici del sito che hanno permesso di evidenziare quanto segue:

- il dissesto presente a fianco e parzialmente a valle dell'area di cantiere, descritto in bibliografia come frana di colamento, è in realtà classificabile come “**dissesto dovuto a dilavamento**”, così come descritto da *Castiglioni, 1992, Dramis et alii, 2005, Giordano, 2002, Gisotti e Bendini, 2000, Panizza, 1988, Vallario, 1992-APAT Manuale e Linee Guida 39/2006 - Fenomeni di dissesto geologico-idraulico sui versanti classificazione e simbologia*;
- l'area interessata dal dissesto è stata rilevata e cartografata in scala 1:500 su base ortofotopiana ricavata da drone e da rilievo GNSS;
- il confronto fra la perimetrazione del dissesto rilevato e la perimetrazione della frana nella cartografia del PTCP di Parma e nel webgis della Regione Emilia Romagna evidenzia un leggero allargamento del primo, con parziale interferenza rispetto al perimetro di progetto dell'area di cantiere;
- tale espansione è determinata dall'azione erosiva del ruscellamento superficiale, che coinvolge lo strato più superficiale inerbato, causandone distacco e favorendo la progressiva erosione del terreno messo a nudo;
- è stata eseguita un'indagine geofisica con tomografia sismica e rilevamento delle onde P e delle onde S lungo una sezione intersecante l'area di cantiere e parzialmente l'area in dissesto;
- l'indagine geofisica ha confermato che non sussistono evidenze di corpi di frana che si differiscano per caratteristiche sismostratigrafiche dall'area di cantiere; al contrario, nella zona del dissesto, le linee di isovelocità delle onde S superiori a 600 m/s risalgono a profondità inferiori dal piano di campagna; tali evidenze confermano che il fenomeno di dissesto è confinato allo strato più superficiale;
- sulla base della tipologia del dissesto rilevato, non si è ritenuto opportuno procedere all'esecuzione di verifiche di stabilità del versante; il dissesto infatti non è riferibile ad un corpo di geometria e dimensioni note, ma è confinato allo strato più superficiale (generalmente la coltre vegetale di spessore 30-40 cm) e il principale intervento di stabilizzazione è costituito dalla protezione all'azione erosiva operata dal ruscellamento delle acque superficiali;
- si è proceduto inoltre, sulla base dei dati bibliografici e delle prove eseguite precedentemente, alla caratterizzazione geologica e geotecnica delle unità litotecniche ivi presenti, ascrivibili a depositi glaciali e periglaciali (c3 in facies a e facies b) e allo strato superficiale alterato delle “Arenarie di Monte Gottero”.

Sulla base di quanto sopra descritto, il progetto dell'area di cantiere è stato modificato sulla base delle seguenti prescrizioni:

- Riperimetrazione dell'area di progetto, con arretramento del limite rispetto all'area in dissesto rilevata;
- Predisposizione di sistema di regimazione e raccolta delle acque superficiali atto ad impedire il ruscellamento diffuso e/o concentrato nella zona sottostante in dissesto, dove è già stata asportata la coltre superficiale ed evitare così la ripresa del fenomeno erosivo;
- Ricollocazione delle aree di stoccaggio dello scotico esternamente alle aree che presentano evidenze di predisposizione al dissesto.