



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Presidenza del Consiglio dei Ministri
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ALLA RICOSTRUZIONE
NEI TERRITORI DELLE REGIONI EMILIA-ROMAGNA, TOSCANA E MARCHE



PROVINCIA
DI REGGIO EMILIA

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA
SERVIZIO INFRASTRUTTURE, MOBILITA' SOSTENIBILE E PATRIMONIO

LAVORI PER LA REALIZZAZIONE DI OPERA DI SOSTEGNO ALLA BASE DELLA SCARPATA E CONSOLIDAMENTO DEL VERSANTE DELLA SP 57 AL KM 2+450 IN COMUNE DI VETTO

PROGETTO ESECUTIVO

6.1a RELAZIONE GEOLOGICA

Dirigente del Servizio Infrastrutture,
Mobilità sostenibile e Patrimonio:

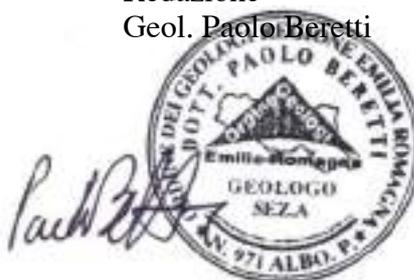
Ing. Valerio Bussei

Redazione

Geol. Paolo Beretti

Responsabile Unico del Progetto:

Ing. Maurizio La macchia



REVISIONE			Redatto		Verificato o Validato	
Revis.	Data Revis.	Descrizione Modifiche	Data	Nome	Data	Nome

All. n° B1	Data Progetto Marzo 2025	N° P.E.G.	Nome File All B1_6.1a Relazione geologica
----------------------	-----------------------------	-----------	--



**Dott. Geol.
PAOLO BERETTI**

Geologia Applicata e Geotecnica
Consulenze e Controlli Ambientali

Via De Gasperi 2/1, 42020 Quattro Castella (RE)
Tel. 0522 1695098 ; Fax 0522 1691413 ; Cell. 348 6902667 ; e-mail : studio.beretti@gmail.com; paolo.beretti@pec.epap.it

Committente: Ing. Giuseppe Herman

**Provincia di Reggio Emilia
Comune di Vetto**



**Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del
Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)**

**RELAZIONE GEOLOGICA, MODELLAZIONE GEOTECNICA E ANALISI
DELL'AZIONE SISMICA**



Revisione	Descrizione	Data	Redazione
0	GGS	Febbraio 2025	Dott. Geol. Paolo Beretti

INDICE

INDICE.....	1
PARTE INTRODUTTIVA.....	2
Premessa.....	2
Inquadramento territoriale.....	2
Principali strumenti cartografici territoriali.....	2
PSC del Comune di Vetto.....	3
Carta inventario delle frane dell'Emilia Romagna (2018).....	3
Vincolo idrogeologico.....	4
Piano e metodologia d'indagine.....	6
RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	7
Inquadramento geologico e strutturale.....	7
Inquadramento geomorfologico.....	9
Caratteristiche geometriche dei dissesti gravitativi in atto.....	10
Inquadramento idrologico e idrogeologico del sito.....	10
Battente idrico sotterraneo rilevato.....	10
Modello geologico.....	11
Pericolosità idraulica dell'area (d.g.r. 1300/2016).....	11
RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA – RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	13
Inquadramento topografico.....	13
Storia sismica del sito.....	13
Identificazione categoria suolo di fondazione.....	15
Classe dell'opera: Azione sismica e pericolosità sismica di base.....	16
Azione sismica di progetto.....	16
Fattore di amplificazione stratigrafico (D.M. 17/01/2018).....	17
Fattore di amplificazione topografico (D.M. 17/01/2018).....	17
Principali coefficienti di accelerazione sismica.....	17
Frequenza primaria terreni di fondazione.....	17
Analisi Suscettibilità alla Liquefazione.....	19
RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	20
Volume significativo e piano di indagine.....	20
Incertezze interpretative e metodologiche relative alla ricostruzione del modello geologico - geotecnico - sismico.....	20
Successione geotecnica - Analisi geomeccanica dei terreni.....	21
Verifiche di stabilità locali.....	23
Metodologia di calcolo.....	23
Verifiche eseguite.....	25
Opera di contenimento alla base del versante.....	27
Interventi consigliati sul versante a corollario dell'opera principale.....	28
ALLEGATI.....	30

PARTE INTRODUTTIVA

PREMESSA

Nell'ambito delle analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE), su commissione dell'Ing. **Giuseppe Herman**, si è effettuata l'indagine geologica, geotecnica e sismica oggetto della presente relazione.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona in esame si ubica nel comparto centro occidentale del territorio comunale di Vetto, in prossimità del toponimo Monte Stabio.

Dal punto di vista morfologico, il sito si colloca a monte dei terrazzi fluviali depositati dal T. Lonza, il quale, attualmente, lambisce ed incide le porzioni basali di due versanti mediamente acclivi. Le quote topografiche oscillano mediamente tra e 360,0 e 360,6 m s.l.m. (*quota del piano stradale*).

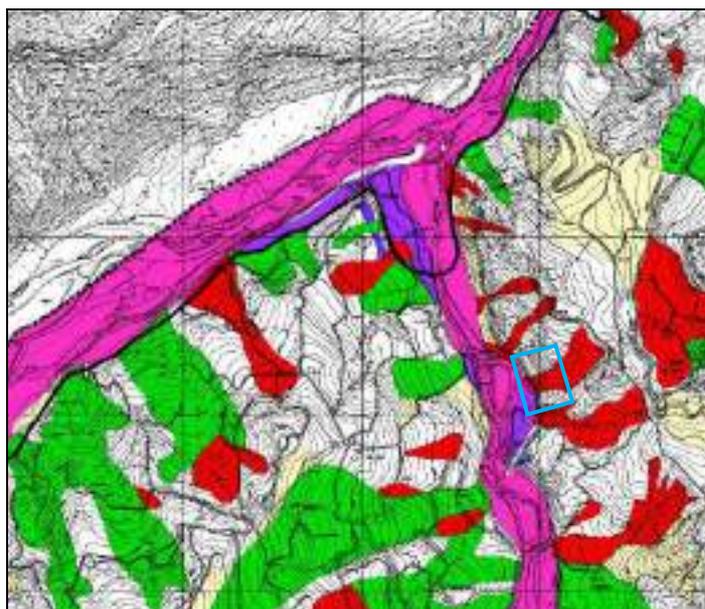
Cartografia di riferimento:

Foglio 1:50000	217	Neviano degli Arduini
Tavola 1:25000	217SE	Ramiseto
Sezione 1:10000	217120	Ranzano
Elemento 1:5000	217122	Gottano

PRINCIPALI STRUMENTI CARTOGRAFICI TERRITORIALI

Carta inventario del dissesto – PTCP Provincia di Reggio Emilia

Le perimetrazioni della “*Carta Inventario del dissesto (PAI-PTCP) e degli abitati da consolidare e trasferire (L445/1908), allegato P6 – sez. 217120*”, collocano il sito in analisi in corrispondenza della porzione medio – basale di un versante mediamente acclive, lungo sul quale insistono alcuni movimenti franosi, attualmente classificati in stato di attività (a1).

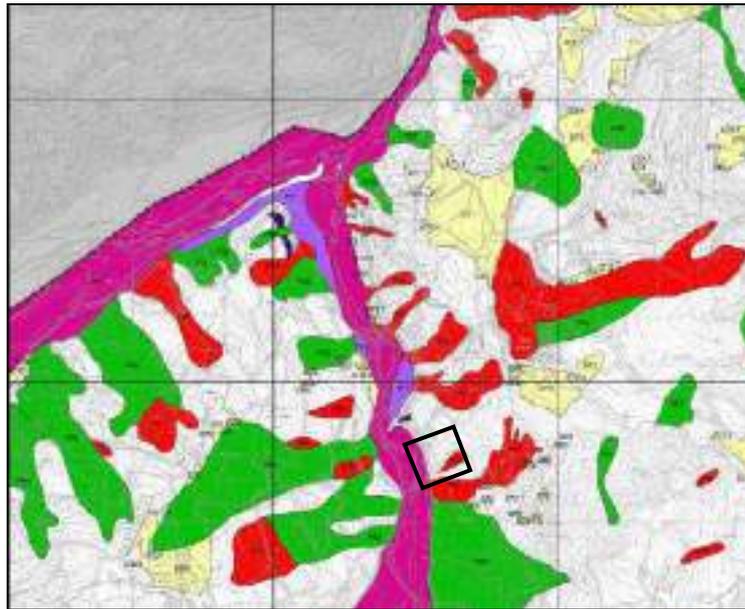


Carta Inventario del Dissesto		PAI
	Frane attive (a1)	Fa
	Frane di crollo (a5)	
	Frane quiescenti (a2)	Fc
	Frane quiescenti parzialmente erose (a2a)	
	Scivolamenti in blocco (sb)	
	Frane stabilizzate	Fs
	Depositi alluvionali in evoluzione (b1)	Ee
	Depositi alluvionali in evoluzione parzialmente fissati da vegetazione (b1a)	
	Depositi alluvionali terrazzati (b2)	Eb
	Depositi alluvionali terrazzati (ordine b3 o maggiore di b3)	Em
	Conoidi in evoluzione	Ca
	Conoidi inattive	Cn
	Depositi di Versante s.l. (a3)	
	Depositi morenici (c1)	
	Depositi morenici rissanti (c3)	
	Depositi morenici wurmiani (c4)	
	Aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato	

Carta del dissesto - PTCP - allegato P6 - sezione 217120.

PSC DEL COMUNE DI VETTO

L'elaborato progettuale del PSC del Comune di Vetto conferma quanto esposto dagli strumenti cartografici del PTCP.

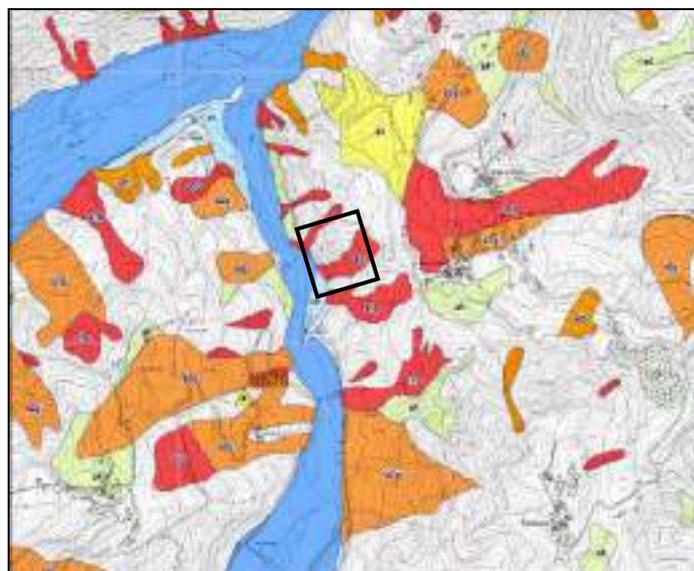


DISSESTO			
AR1	deposito arenario (s1)	AR2	deposito arenario sabbia (s2)
AR4	deposito arenario sabbioso (s3)	GR1	corridoio in evoluzione
CAC	concolite instabile	DE1-4 DT	dispositi di versante (s3)
DT4	frana di crollo (s4)	FR1	frana attiva (s1)
FR2	frana latente	FR2a	frana quasi attiva parzialmente arresta (s2a)
FR3	scioglimento in blocco (s5)	FR3	frana stabilizzata
FR4	deposito alluvionale in evoluzione (s1)	FR4a	deposito alluvionale consolidato fessato stata vegetazione (s1a)
FR5	deposito alluvionale terrazzato (s2)	FR5a	deposito alluvionale terrazzato (ordine 10 o maggiore di 10)
TR	terrazzi	TR	accanata di origine antropica

Tav.6 – Carta inventario del dissesto – PSC Vetto.

CARTA INVENTARIO DELLE FRANE DELL'EMILIA ROMAGNA (2018)

Quanto esposto in precedenza trova ulteriore conferma anche all'interno di questo strumento cartografico.

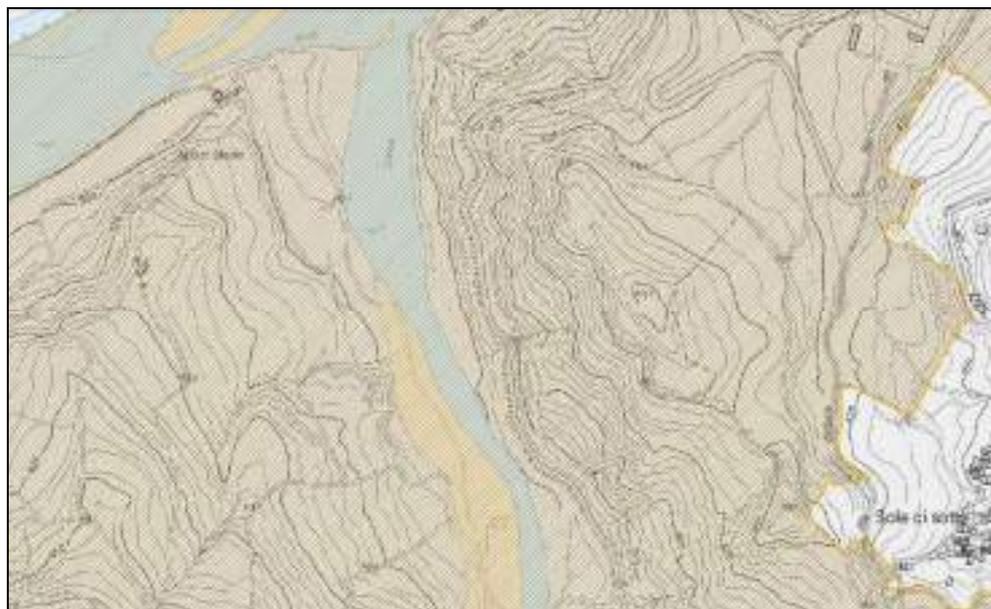
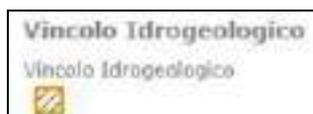




Tav. 1 Vetto.

VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il comparto in esame è sottoposto alla disciplina del *Regio Decreto n°3267 del 30 dicembre 1923: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani."*, relativo al vincolo idrogeologico, ai successivi decreti attuativi e alle indicazioni della *Delibera GR n°1117 del 11/07/2000. "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"*.



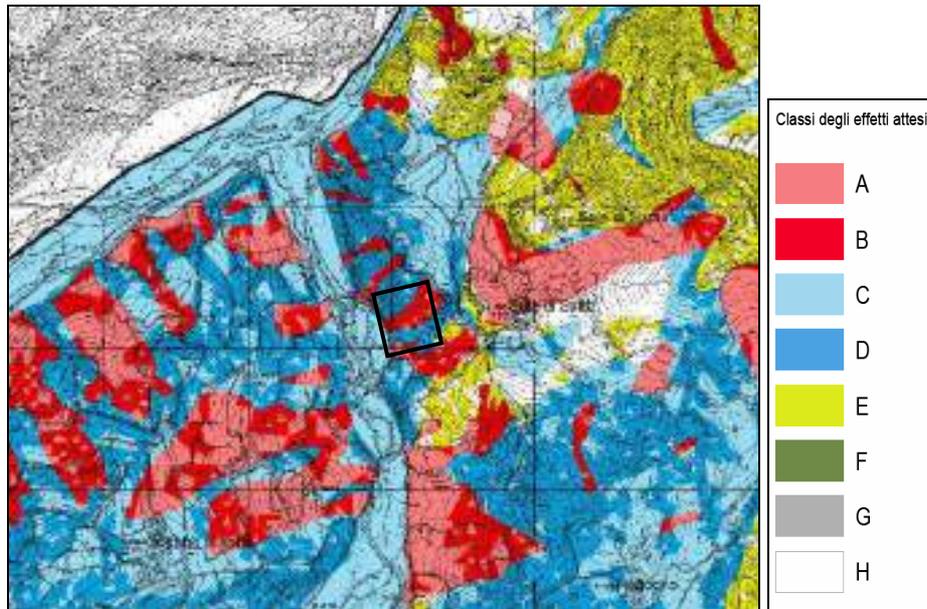
Vincolo Idrogeologico – Servizio Moka della Regione Emilia – Romagna.

Effetti sismici attesi e livelli di approfondimento – PTCP Provincia di Reggio Emilia

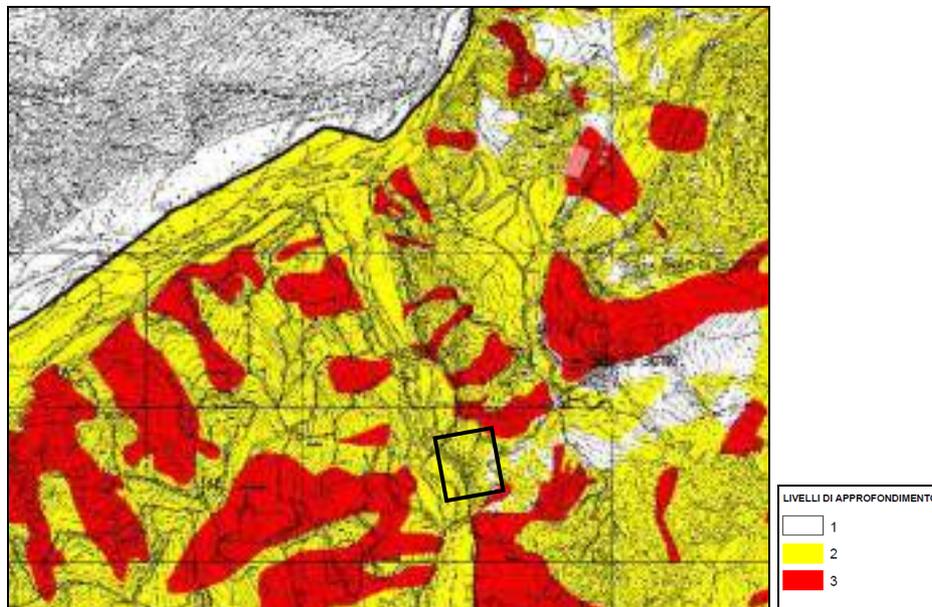
Dall'estratto della "Carta delle aree suscettibili di effetti attesi" del PTCP vigente della Provincia di Reggio Emilia, si rileva che il terreno oggetto di indagine ricade nell'ambito delle aree soggette ad amplificazione stratigrafica, topografica e ad instabilità di versante in caso di sollecitazione sismica (rif. Classi B-D).

Per questi ambiti viene richiesto generalmente un approfondimento di indagine di II livello.

		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
CLASSI	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					



Rischio sismico: Carta degli effetti attesi- PTCP - allegato P9a - sezione 217SE



Rischio sismico: Carta dei livelli di approfondimento - PTCP - allegato P9b - sezione 217SE

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------------------	--	--

PIANO E METODOLOGIA D'INDAGINE

Indagine geognostica

Per la caratterizzazione fisico meccanica del primo sottosuolo, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- **1 sondaggio meccanico a carotaggio continuo**, effettuato dalla ditta Montanari Perforazioni s.n.c., protratto sino alla profondità di - 15,0 m dal piano campagna, eseguito con strumentazione ATLAS Copco, con esecuzione di prove SPT in foro di sondaggio e prove di taglio *Tor Vane* e di penetrazione *Pocket Penetrometer* sulle carote recuperate a prevalente componente coesiva.
- **6 prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH**: utilizzando un penetrometro statico-dinamico, mod. Pagani Tg63-200, avente massa battente da 63,5 kgf, altezza di caduta costante: $h = 75$ cm, prima asta dotata di punta conica a sezione trasversale max di 20 cmq ed angolo di apertura alla punta $\beta = 90^\circ$.

Indagine geofisica

Al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione, valutare lo schema sismo-stratigrafico e ricavare i parametri di microzonazione sismica dell'area in oggetto, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- **Stendimento sismico integrato Remi – MASW**, effettuato utilizzando un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica MAE, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 2,0 m per una lunghezza totale di indagine pari a 46,0 m. L'acquisizione dei microtremori ambientali è stata eseguita effettuando una decina di registrazioni della durata di 44 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz; la prospezione MASW è stata effettuata mediante 7 battute all'esterno dello stendimento.
- **Microtremori ambientali con metodo HVSR**, acquisiti con sismometro GEOBOX SARA ad elevata dinamica (24bits) attrezzato con geofono tradizionale da 4,5 Hz di frequenza propria, effettuando il campionamento di segnali a 128 Hz, per una durata di circa 20 min.

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------------------	--	--

RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

L'area di studio si colloca all'interno del Medio Appennino Reggiano, la cui strutturazione risulta quella tipica di uno stile di ricoprimento, con unità tettoniche, appartenenti a domini paleogeografici differenti, sovrapposte tra loro. Nello specifico, a seguito della chiusura dell'Oceano Ligure Piemontese e della conseguente collisione tra il blocco africano e quello europeo, sono riscontrabili tre ambienti geografici principali.

Il Dominio Ligure racchiude al suo interno le tracce dell'antica area oceanica testé descritta, il Dominio Subligure, la crosta africana assottigliata, mentre la Falda Toscana l'ambiente di pertinenza africana. Infine, la Successione Epiligure racchiude tutti i sedimenti depositi, a partire dall'Eocene Medio, all'interno dei bacini satelliti presenti nelle unità Liguri, già interessate da una intensa storia deformativa e plicativa.

Il Dominio Ligure è tradizionalmente diviso in Dominio ligure esterno e Dominio ligure interno, i cui caratteri rispecchiano la differente posizione all'interno del paleoceanico Ligure: le Liguridi Interne hanno caratteristiche oceaniche, rappresentando frammenti del fondo marino mesozoico, in cui le masse ofiolitiche sono ancora in posizione primaria alla base della successione sedimentaria; nelle Liguridi Esterne, le ofioliti compaiono invece come olistoliti, anche di dimensioni chilometriche, scollate dalla loro copertura in corrispondenza di formazioni argillose cretatiche ("Complessi di base" Aucutt.) e scivolte nel bacino di sedimentazione oceanico durante il Cretacico superiore.

Il Dominio Subligure, rappresentato sostanzialmente dall'Unità di Canetolo, è una successione sedimentaria profondamente tettonizzata, che si ritiene deposta in una zona di transizione tra la crosta oceanica ligure e il margine passivo africano ed è rappresentata da formazioni argilloso- calcaree di età cretacea che evolvono nel Terziario a torbiditi calcareo marnose e arenaceo-pelitiche.

Il Dominio tosco-umbro rappresenta la copertura sedimentaria del margine africano, originato dall'apertura dell'Oceano Ligure, di cui registra l'evoluzione. Si passa da una situazione di *rift* continentale (Trias trasgressivo e spesso evaporitico) a quella di margine, prima passivo (serie di piattaforma e successivo annegamento con passaggio ad ambienti bacinali nel Giurassico), poi attivo con l'inizio dell'orogenesi (sedimentazione clastica torbiditica del Terziario).

In estrema sintesi, l'assetto della catena è determinato dall'accavallamento del Dominio Ligure su quello Subligure e di entrambi sul Dominio tosco-umbro-marchigiano, a sua volta costituito da più elementi strutturali sovrapposti. Questo assetto è il prodotto di una complessa tettonica polifasica, sviluppatasi a partire dal Cretacico superiore e tutt'ora in atto.

La strutturazione dell'edificio tettonico si sviluppa in due principali fasi:

1) *fasi liguri* (mesoalpine): coinvolgono il Dominio ligure, sia interno che esterno e determinano l'assetto strutturale interno delle Liguridi, che verrà solo marginalmente modificato dalle fasi successive. La fase iniziale porta alla formazione di pieghe isoclinali a vergenza europea, ripiegate durante la fase terminale. Il ciclo si considera chiuso con l'inizio della deposizione della Successione Epiligure, nell'Eocene Medio.

2) *fasi toscane* (nealpina): rappresentano lo stadio ensialico dell'orogenesi, determinato dalla collisione delle zolle e caratterizzato dall'attivazione di una tettonica a thrust che porta al sovrascorrimento verso est delle unità tettoniche liguri e subliguri, già impilate nella fase precedente, sulle Unità toscane e, in seguito, su quelle umbro-marchigiane. Questi accavallamenti interessano aree progressivamente più esterne della catena e, a partire dal Messiniano, coinvolgono l'avampaese padano, fortemente subsidente a causa dello sprofondamento flessurale indotto dal carico delle falde

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

avanzanti. Questa dinamica prosegue, interessando depositi sempre più esterni e recenti fino al Pleistocene, periodo in cui i movimenti tettonici rallentano (ma non terminano) e nella fascia pedeappenninica e di alta pianura prevale una subsidenza generalizzata.

Il comparto territoriale del comune di Vetto appartiene all'ala meridionale e sudorientale della sinclinale Vetto - Carpineti. Quest'ultima si raccorda alle altre unità tettoniche tramite anticlinali, strizzate e profondamente erose, al cui nucleo affiorano estesamente le formazioni argillose del substrato ligure.

Dal punto di vista strutturale nella fascia dell'Appennino reggiano in oggetto, le principali linee tettoniche sono orientate in direzione appenninica (NW-SE), e sono ubicate in prevalenza immediatamente a sud ed a nord del bacino epiligure di Vetto - Carpineti. Detta conformazione rappresenta la parte attualmente affiorante del sistema di *thrust* che durante il Miocene ed il Pliocene ha permesso l'embricazione dell'Appennino.

Un altro importante sistema di linee tettoniche è quello trasversale a direttrice generalmente nord est – sud ovest. A questo ultimo sistema dislocativo appartiene il principale elemento tettonico lineare che interessa il territorio all'intorno del sito di intervento:

- *linea della Val d'Enza*, la quale contraddistingue la porzione mediana dell'omonima valle ed assume orientamento NNE-SSW.

Nel dettaglio, il substrato geologico dell'area di studio è ascrivibile al Membro di Varano del Melegari (**RAN3**) costituito, secondo definizione, da livelli lapidei e livelli pelitici.

Lungo i versanti che confluiscono nel gretto del T. Lonza, affiorano differenti Formazioni geologiche intensamente tettonizzate, a conferma di quanto precedente esposto in merito alla complessa ed articolata storia plicativa e deformativa dell'Appennino reggiano.

Nel primo intorno del sito in esame affiora, infatti, la porzione medio basale della Successione Epiligure, nello specifico il Membro di Varano de Melegari (RAN3) e la litofacies caotica (RAN3a); procedendo verso sud è presente un lembo di Argille Varicolori (AVV), appartenente al Dominio Ligure.

Le due falde si trovano, quindi, in contatto tettonico, mediante una faglia ad alto angolo, a tratti sub-verticale, con un andamento nord nordest – sud sudovest.

La successione delle rocce sedimentarie affioranti (*Tav. 2 – Carta geologica*) nella zona in analisi è rappresentata dagli orizzonti di seguito descritti, dall'alto in basso in senso stratigrafico.

Serie Litostratigrafica

DOMINIO EPILIGURE

FORMAZIONE DI RANZANO (RAN) (Priaboniano sup. – Rupeliano sup.)

Data da più corpi sedimentari con geometria da lenticolare a tabulare e con facies deposizionali molto variabili da arenaceo - conglomeratiche a pelitico arenacee, con prevalenza delle facies grossolane nella parte inferiore e delle facies fini nella parte superiore e nel settore sud orientale. Limite inferiore netto, talora erosivo, con MMP, marcato dalla comparsa di livelli arenacei; localmente poggia direttamente sul substrato ligure. Limite superiore netto, talora discordante, con ANT, marcato dalla scomparsa dei livelli arenacei. Potenza variabile da qualche metro ad oltre 1500 m. è interamente distinta in sottounità. Origine prevalentemente torbidity; ambiente di scarpata e di bacino, con intercalazione di frane sottomarine.

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

MEMBRO DI VARANO DE' MELEGARI (RAN3) (Rupeliano medio – sup.)

Unità prevalentemente pelitico arenacea: litoareniti ben cementate di colore grigio piombo, particolarmente ricche di frammenti di rocce carbonatiche, in strati da molto sottili a spessi, talora molto spessi, con geometria sia tabulare che lenticolare. Presentano frequenti intervalli caotici. Sono presenti anche livelli ricchi di frammenti di serpentinoscisti ed altre metamorfiti di alta pressione e strati sottili di vulcano areniti feldspatiche. Potenza complessiva da pochi metri a circa 600 m. Limite netto, talora discordante su RAN2; limite superiore talora discordante con ANT.

LITOFACIES CAOTICA (RAN3a)

Deposito caotico, con base erosiva, costituito da matrice prevalentemente pelitica inglobante clasti e lembi di Liguridi, MMP, RAN1, e RAN2. Nella parte inferiore di RAN3, talora ne costituisce la base.

DOMINIO LIGURE

ARGILLE VARICOLORI DI CASSIO (AVV) (Cenomaniano – Campaniano sup.)

Argilliti rosse e verdi sottilmente stratificate, caotiche per intensa tettonizzazione. Recano “boudins” di areniti tipo SCB e siltiti manganesifere. Presenti lenti raramente cartografa bili appartenenti all'unità dei conglomerati dei Salti del Diavolo (AVV1), costituite da conglomerati a clasti litici sedimentari, metamorfici e granitici, e strati medi e spessi arenacei silicoclastici; presenti sporadici strati medio - sottili di arenarie a composizione ofiolitica. Potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri. Contatti tettonizzati con SCB. Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbidità s.l. e flussi concentrati di locale alimentazione insubrica.

Localmente associate grandi masse ofioliti che prevalentemente rappresentate da:

- Basalti in pillow (βp)
- Serpentiniti (sr)
- Brecce basaltiche (βb)
- Brecce poligeniche con ofioliti (bo)

INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il sito in oggetto è stato interessato, in epoche passate, da azioni modellatrici che hanno inciso e profondamente modificato le originarie morfologie. Gli agenti modellanti di maggior influenza sono stati le acque di scorrimento e la gravità e non da ultimo l'uomo che, sia in periodi storici che attualmente, ha profondamente variato le forme naturali proprie del territorio in analisi.

Quest'ultimo, durante il Wurm era sito a quote inferiori rispetto al limite delle nevi persistenti, nella fascia a valle del margine dei ghiacciai che scendevano dal crinale appenninico (M.te Cusna e Alpe di Succiso). L'aspetto tipico del paesaggio era quindi in parte di prateria alpina ed in parte a vegetazione praticamente assente, caratteristico di ambiente morfoclimatico periglaciale.

I depositi caratteristici di detto ambito sono attualmente rappresentati dai relitti di una estesa superficie topografica di glacis, che si estendeva radialmente a partire dalla Pietra di Bismantova. Successivamente al Wurm e durante l'Olocene antico, le condizioni climatiche sono progressivamente mutate verso condizioni dapprima Boreali e poi Atlantiche, con conseguente scioglimento dei ghiacci e formazione di corsi d'acqua sempre più imponenti. Questi ultimi hanno progressivamente inciso i depositi wurmiani, separando in lembi il glacis precedentemente formatosi che risultava sempre più terrazzato.

Nell'Olocene antico, in condizioni climatiche diverse dalle attuali, si sono sviluppati imponenti fenomeni gravitativi, generati da fenomeni di rammollimento e plasticizzazione di litotipi essenzialmente argillosi - argilloso limosi.

In relazione ai litotipi attraversanti, l'attuale conformazione della valle del T. Lonza risulta stretta ed incisa, al cui interno l'alveo fluviale presenta elevata energia dinamica, contraddistinta da un pattern rettilineo, a tratti meandriforme.

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI DISSESTI GRAVITATIVI IN ATTO

Il dissesto gravitativo in oggetto ha origine a monte del km 2+450 della Strada Provinciale 57 del e si estende attualmente sino alla base del rilevato stradale.

L'innesco del materiale è ascrivibile alla presenza di materiali rimaneggiati, alla forte saturazione del terreno successiva al periodo di precipitazione di Settembre e Ottobre 2024 e alla non corretta regimentazione delle acque corrivanti sul pendio.

Il dissesto risulta essere **una attivazione locale, con cinematismo sommitale di scivolamento rotazionale, che si evolve in forma di colata.**

Il fenomeno franoso analizzato assume le seguenti principali caratteristiche geometriche e volumetriche:

DATI GENERALI DEL MOVIMENTO GRAVITATIVO	
Quota corona (Qc)	385 m circa
Quota unghia (Qu)	360 m circa
Lunghezza attivazione attuale (Lr)	45 m circa
Larghezza su rilevato stradale (Wa)	25 m circa
Larghezza denudazione coalescente a sud est	12 m circa
Pendenza media (P)	55%
Azimut movimento (α)	N 260° E
Profondità media (Dr)	4,0 ÷ 6,0 m

INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO DEL SITO

Il bacino imbrifero del Torrente Lonza assume configurazione pseudo – trapezoidale e pattern sudendritico; esso si evolve dal territorio comunale di Ventasso e trova la sua sezione di sbocco in confluenza al Torrente Enza; il tratto finale è caratterizzato da pattern meandriforme.

Dal punto di vista idrogeologico, l'area è caratterizzata dalla presenza di una sezione a V stretta, costituita da materiali grossolani contraddistinti da grandi valori di permeabilità e trasmissività: il materiale ghiaioso alluvionale di riempimento costituisce un acquifero a pelo libero, con grande velocità di trasferimento dei filetti idrici sotterranei (quindi elevata capacità erosiva non solo di superficie) e livelli di battente idrico assai differenziati, in relazione alle precipitazioni meteoriche. L'acqua rilevabile in alveo (solo stagionalmente) costituisce un quantitativo minimo rispetto a quella presente in subalveo.

BATTENTE IDRICO SOTTERRANEO RILEVATO

Al momento dell'esecuzione delle prove penetrometriche, per ciascuna verticale d'indagine è stata misurata l'eventuale presenza di battente idrico sotterraneo, rilevando, nello specifico, i seguenti dati.

DPSH1	Foro vuoto
DPSH1bis	Foro vuoto
DPSH1ter	Foro vuoto
DPSH2	Foro vuoto
DPSH3	Battente idrico sotterraneo a – 3,55 m p.c.
DPSH4	Non rilevabile
S1	Battente idrico sotterraneo a – 2,80 m p.c.

MODELLO GEOLOGICO

Le indagini geognostiche eseguite hanno permesso di ricostruire il modello geologico del primo sottosuolo.

Oltrepassato il massetto stradale, costituito da ghiaie eterometriche, ciottoli e blocchi (**MS**), di spessore compreso tra 0,40 e 0,80 m, il primo orizzonte naturale che si riscontra è costituito da argille con limi, a medio – basso grado di consistenza (**UGT1**), al cui interno sono presenti inclusi litici. La base di questo orizzonte si pone a profondità comprese tra – 2,70 e – 2,80 m p.c. La presenza di trovanti grossolani all'interno di questa unità ha determinato il rifiuto all'avanzamento della verticale d'indagine DPSH4.

Segue un livello limoso, limoso con argilla e limoso argilloso, a basso grado di consistenza (**UGT2**), che si protrae sino a – 3,8 ÷ – 4,0 m p.c.

Oltre tali profondità, si riscontra la presenza di un orizzonte pelitico, a medio elevato grado di fratturazione (**UGT3**).

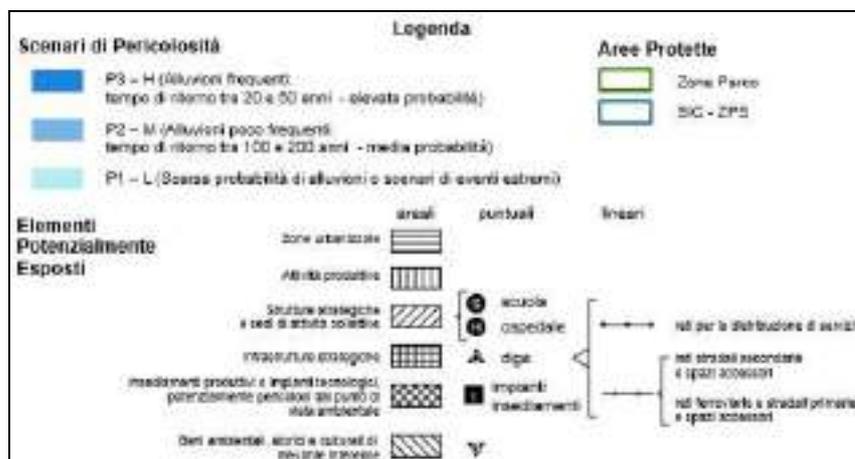
Le verticali DPSH1 e DPSH2 presentano direttamente l'orizzonte UGT3 (non affiorano né UGT1, né UGT2), il quale determina il rifiuto all'avanzamento dell'indagine penetrometrica.

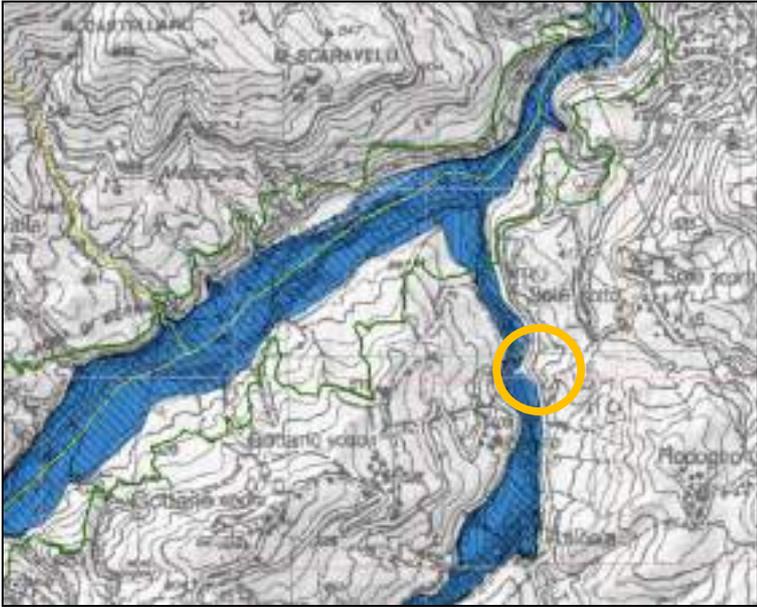
Nel solo sondaggio meccanico, la stratigrafia si conclude con alternanze pelitiche e calcarenitiche, a grado di fratturazione decrescente con la profondità (**UGT4**); esse si protraggono sino a quota di fine sondaggio (– 15,0 m da piano stradale).

PERICOLOSITÀ IDRAULICA DELL'AREA (D.G.R. 1300/2016)

Si riportano gli estratti degli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe di Pericolosità e del Rischio di alluvione predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010. L'area di studio si colloca all'interno del medio Appennino reggiano e dal punto di vista idrografico è ascrivibile al **Reticolo Secondario Collinare Montano (RSCM)** il quale, per definizione, è costituito da corsi d'acqua secondari nei bacini collinari e montani e dai tratti montani dei fiumi principali.

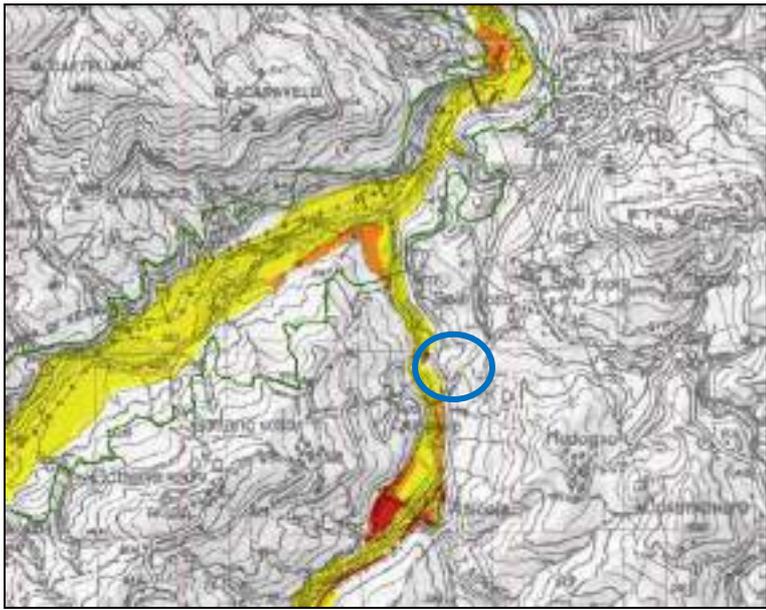
La disamina dell'elaborato grafico “*Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni – Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti*” evidenzia come generalmente l'intorno dell'area in analisi sia contraddistinto da alluvioni poco frequenti (P2 – M tempo di ritorno tra 100 e 200 anni, media probabilità).





Mappa della pericolosità e degli elementi esposti

Le perimetrazioni della mappa del rischio potenziale esposte all'interno del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA), ai sensi della direttiva europea 2007/60/CE, evidenziano uno scenario di **rischio nullo (R1)**.



Mappa del rischio

RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA – RISPOSTA SISMICA LOCALE

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

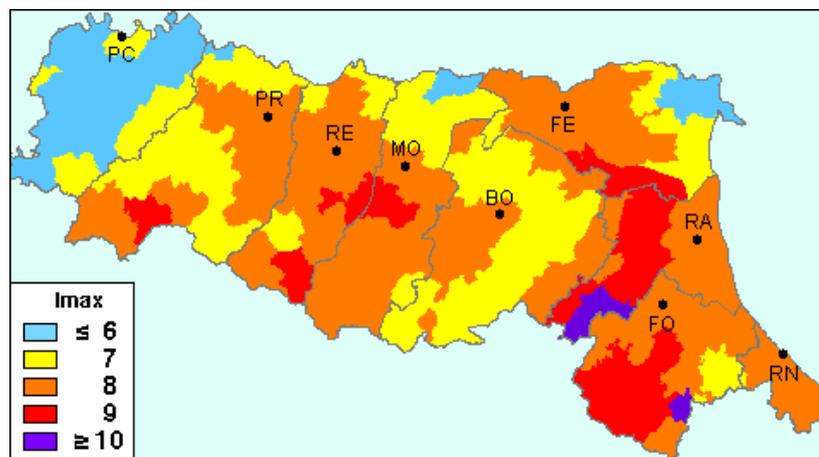
Le coordinate geografiche (**ellissoide ED50**) relative circa al centro dell'area di intervento corrispondono a:

10,32683 ÷ 44,47235

(utilizzate per il calcolo dell'azione sismica – DM 17/01/18)

STORIA SISMICA DEL SITO

Nell'ambito territoriale a cui appartiene Vetto, *Parametrico dei terremoti di area italiana NT4.1 (Camassi e Stucchi, 2004)* documenta eventi sismici giungenti al 7° - 8° grado della *Scala Mercalli - Cancani – Sieberg*, con intensità compresa tra $M = 4,7 \div 5,4$.



Zonazione sismica della RER sulla base della scala MCS.

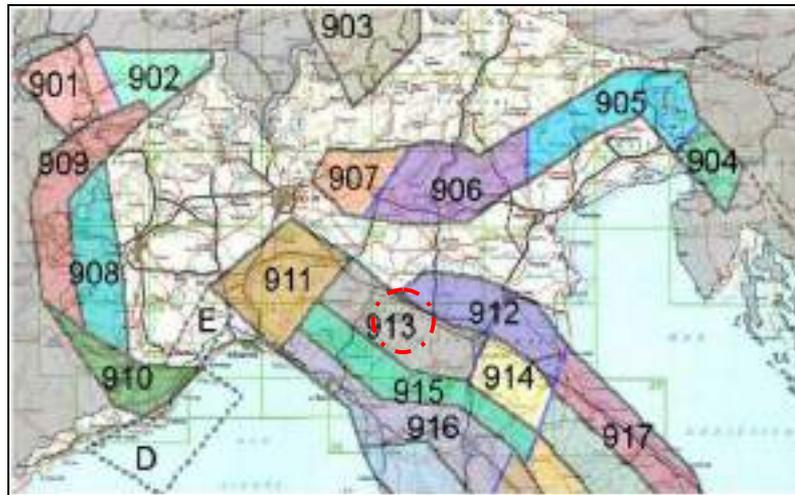
Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Vetto, il Database Macrosismico DBMI04, utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004 – INGV, Bologna) sono documentati gli eventi sismici di seguito riportati:

Storia sismica di Vetto (RE)
[44.484, 10.338]
Osservazioni disponibili: 10

Effetti	In occasione del terremoto del:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
4-5	1887	02	23	05	21	Liguria occidentale	1315	10	4.29
5	1898	03	04			CALESTANO	260	7	5.07
6	1904	02	25	18	47	Seggiano	62	7	5.18
NE	1904	11	17	05	02	PISTOIESE	204	7	5.18
F	1913	11	25	20	55	VAL DI TARO	79	8	4.88
4	1983	08	24	22	02	FIUMALBO	43	6	5.22
5	1983	11	09	16	29	Parnense	335	7	5.10
NE	1986	12	06	17	07	BONDENO	604	6	4.56
4-5	1995	10	13	06	34	LUNIGIANA	341	7	5.04
5	1996	10	15	09	55	CORREGGIO	135	7	5.44

Storia sismica del comune di Vetto.

attribuisce l'ambito territoriale in oggetto alla zona sismogenetica 913. La componente cinematica principale che regola la distribuzione degli sforzi all'interno di suddetta fascia è di tipo compressivo (prevalentemente *thrust*) legata all'accavallamento delle propaggini del fronte appenninico.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

IDENTIFICAZIONE CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

La definizione del valore $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nel primo sottosuolo) si è determinata mediante la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove:

H = spessore totale (in m) dei terreni di copertura, o profondità del tetto del bedrock sismico.

h_i = spessore (in m) dello strato i -esimo.

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo.

Nel caso di substrato sismico riscontrabile a profondità inferiori di - 30,0 m dal piano di posa fondale, risulta:

$$V_{s,eq} \neq V_{s_{30}}$$

Per le quote di riferimento del bedrock sismico si è fatto riferimento alla seguente immagine.

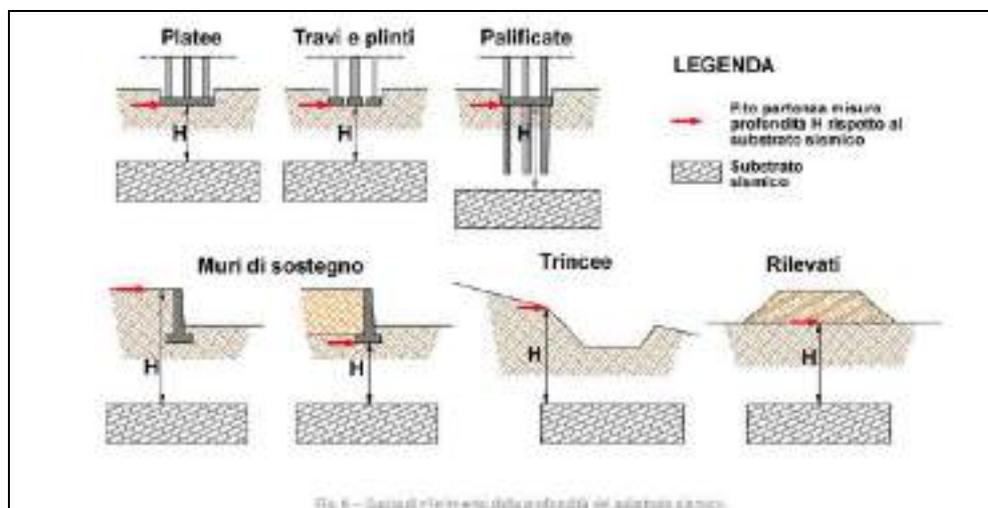


Fig. 6 - Quote di riferimento della profondità del substrato sismico.

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

I dati acquisiti denotano come i primi orizzonti del sottosuolo siano contraddistinti da velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, profondità e spessori come riportato nella seguente tabella.

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. [m]	Spessore medio [m]	Vs [m/sec]
1	0,5 ÷ 2,2	1,7	373
2	2,2 ÷ 6,0	3,8	489

Per i metodi di acquisizione sopra descritti, si è ottenuto il seguente valore di velocità Vs_{eq}:

$$V_{s_{eq}} = 446 \text{ m/sec}$$

Dai parametri sopra esposti e delle caratteristiche geotecniche desunte delle verticali delle prove penetrometriche DPSH congiuntamente all'esecuzione del sondaggio meccanico a carotaggio continuo, risulta che i litotipi che formano il primo sottosuolo, soggiacenti la quota di incastro delle fondazioni, sono attribuibili a:

Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente compenetranti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

CLASSE DELL'OPERA: AZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

L'intervento in progetto è caratterizzato dalla seguente classe d'opera e dai relativi parametri di definizione dell'input sismico.

	Classe	III
Vita nominale	Vn	50 anni
Coefficiente d'uso	Cu	1,5
Vita di riferimento	Vr	75 anni

AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Sulla base delle indicazioni contenute nelle NTC di cui al D.M. 17/01/18, per l'area in esame, considerando strutture di classe III (vita nominale Vn = 50 anni, coefficiente d'uso Cu = 1,5; vita di riferimento Vr = 75 anni), risultano i seguenti valori di accelerazione di riferimento al suolo e parametri per il calcolo degli spettri di risposta di riferimento, in funzione dei diversi stati limite considerati:

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

STATO LIMITE	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_{c^*} (s)
SLO	45	0.068	2.467	0.255
SLD	75	0.084	2.474	0.265
SLV	712	0.186	2.534	0.296
SLC	1462	0.231	2.559	0.308

dove: SLO = Stato limite di operatività, Pvr = 81%; SLD = Stato limite di danno; Pvr = 63%; SLV = Stato limite di salvaguardia della vita, Pvr = 10%; SLC = Stato limite di prevenzione del collasso, Pvr = 5%; a_g = accelerazione massima di riferimento al suolo; F_0 = fattore di amplificazione; T_{c^*} = inizio del tratto orizzontale dello spettro di risposta.

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICO (D.M. 17/01/2018)

Secondo i dettami del D.M. 17/01/2018, l'area è caratterizzata da un coefficiente di amplificazione stratigrafica equivalente a **$S_s = 1,200$** .

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICO (D.M. 17/01/2018)

Per l'area in oggetto, in relazione a quanto asserito dal D.M. 17/01/2018, si dovrà considerare un coefficiente di amplificazione topografica pari a **$S_T = 1,200$** .

PRINCIPALI COEFFICIENTI DI ACCELERAZIONE SISMICA

Alla luce degli studi effettuati nella presente relazione, i terreni di fondazione saranno sottoposti ad un'accelerazione sismica quantificabile secondo i seguenti principali parametri dinamici:

	D.M. 17/01/2018
Latitudine (ED50)	44.47235
Longitudine (ED50)	10.32683
Vita nominale struttura	50 anni
Classe struttura opera	III
Coefficiente d'uso	1,5
Vita di riferimento struttura	75 anni
$V_{S_{30}}$	446 m/sec
Categoria suolo di fondazione	B
Pga di riferimento (SLV)	0,186
Coefficiente di amplificazione stratigrafico	1,200
Coefficienti di amplificazione topografico	1,200
F_{0SLV}	2,534
T_{cSLV}	0,296
a_{max}/g	0,268
Coefficiente di riduzione sismico $\beta = 0,24$ (pendio naturale)	
coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0,064$
coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0,032$
Coefficiente di riduzione sismico $\beta = 0,38$ (verifica di opere sul pendio)	
coefficiente sismico orizzontale	$k_h = 0,102$
coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0,051$

FREQUENZA PRIMARIA TERRENI DI FONDAZIONE

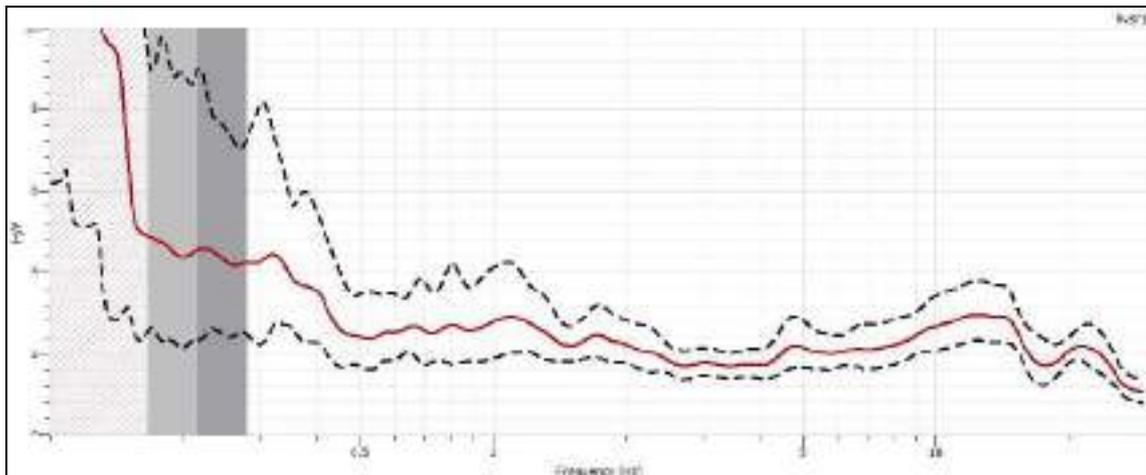
Nell'area di intervento sono state eseguite quattro acquisizioni di microtremori ambientali mediante un sismometro GEOBOX SARA ad elevata dinamica; esse sono state effettuate campionando il segnale a 128 Hz per una durata di 20 minuti. Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio* o *metodo di Nakamura*).

L'ipotesi alla base della metodologia è che essendo i microtremori causati prevalentemente dalle onde di Rayleigh, la componente verticale del moto non subisce fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, mentre detto fenomeno avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza

fondamentale di risonanza (F_0) dei terreni indagati. Eseguendo, quindi, il rapporto tra gli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

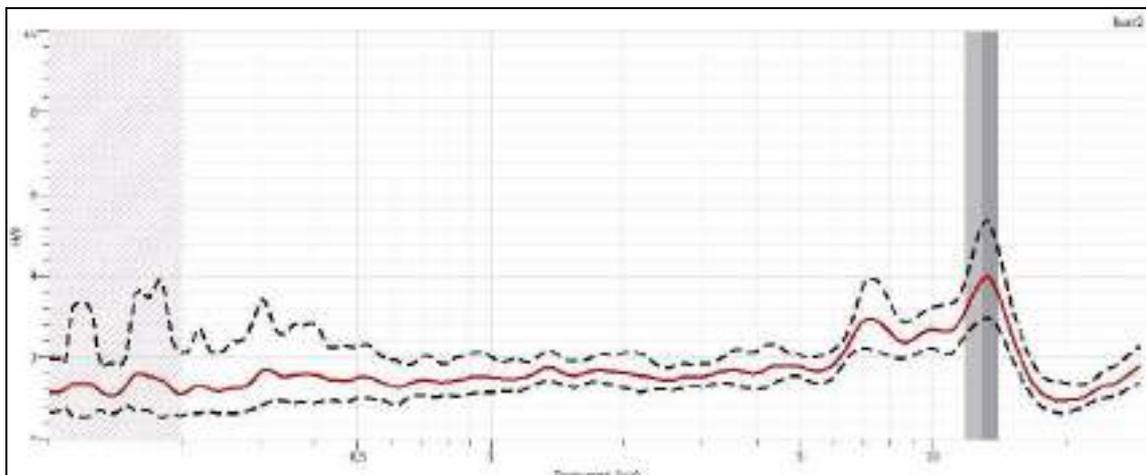
Le elaborazioni HVSR dei dati acquisiti hanno evidenziato i risultati riportati nelle figure di seguito, in cui la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee tratteggiate rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.

HVSR1



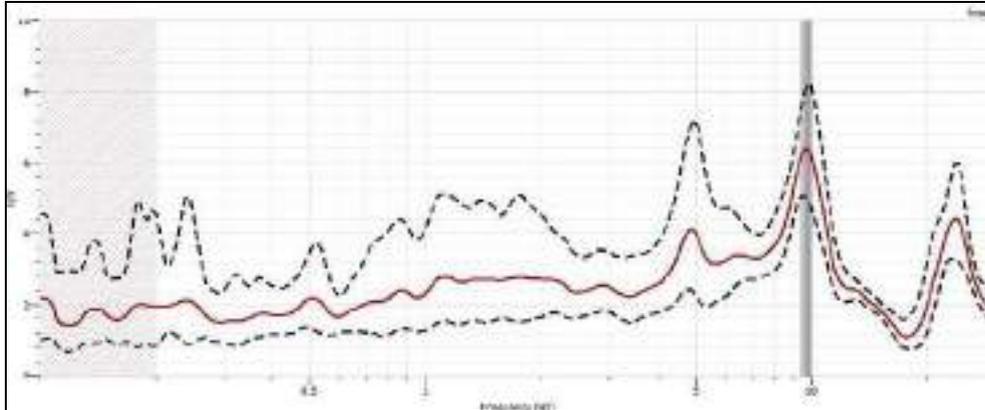
I dati ricavati evidenziano un picco principale individuabile a $f_0 = 0,22$ Hz, pari ad un periodo di $T_0 = 4,54$ s e un picco secondario $f_1 = 1,10$ Hz (periodo di $T_0 = 0,91$ s), entrambi correlabili a contatti stratigrafico – tettonici profondi; si riscontra un ulteriore picco ad una frequenza pari a $f_2 = 4,73$ Hz, (periodo di $T_1 = 0,21$ s), attribuibile, con tutta probabilità al tetto del substrato roccioso; un ulteriore picco si rileva ad una frequenza pari a $f_3 = 12,87$ Hz, equivalente ad un periodo di $T_3 = 0,078$ s, dovuto al contrasto d'impedenza generato dal contatto tra UGT2 e UGT3. Infine, si rileva un contrasto d'impedenza generalmente ad una frequenza di $f_4 = 21,49$ Hz, ($T_4 = 0,047$ s), legato al passaggio tra l'unità geotecnica UGT1 e la successiva UGT2.

HVSR2



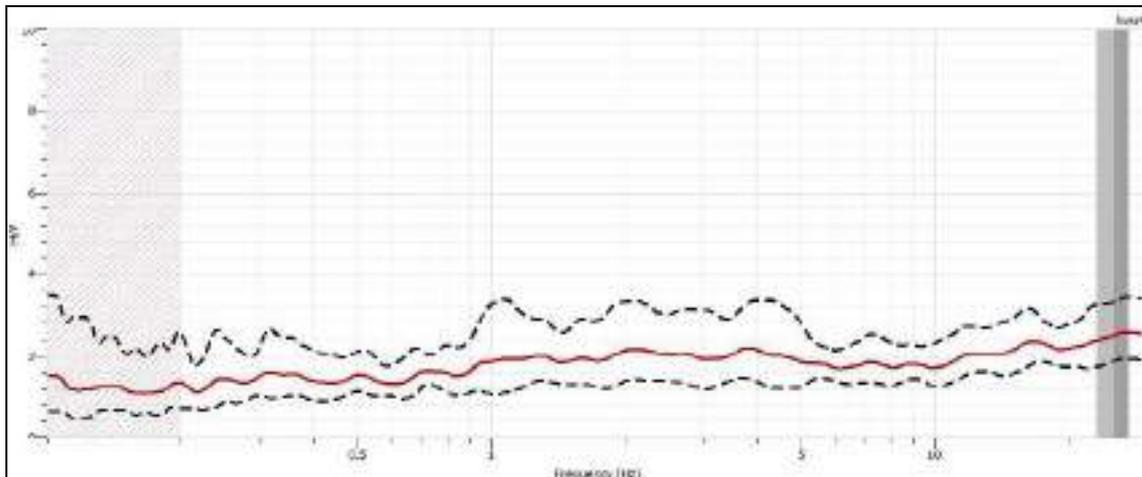
I dati ricavati evidenziano un picco principale individuabile a $f_0 = 13,14$ Hz, pari ad un periodo di $T_0 = 0,076$ s, correlabile al contatto tra UGT1 e UGT2 ed un picco secondario a una frequenza pari a $f_1 = 7,14$ Hz, (periodo di $T_1 = 0,14$ s), attribuibile, con tutta probabilità, al tetto del substrato roccioso.

HVSR3



I dati ricavati evidenziano un picco principale individuabile a $f_0 = 9,66$ Hz, pari ad un periodo di $T_0 = 0,10$ s, attribuibile alla base della copertura quaternaria, un picco secondario ad una frequenza pari a $f_1 = 4,82$ Hz, (periodo di $T_1 = 0,21$ s), attribuibile, al tetto del substrato roccioso alterato.

HVSR4



I dati ricavati evidenziano un picco principale individuabile a $f_0 = 25,33$ Hz, pari ad un periodo di $T_0 = 0,039$ s, dovuto al passaggio tra le unità UGT2 ad UGT3.

Le frequenze rilevate, tarate sul piano stradale ai dati ricavati dalle indagini geognostiche, hanno permesso di ricostruire la modellazione geologica in ambiti irraggiungibili dai mezzi meccanici.

ANALISI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

L'analisi della sequenza litomeccanica evidenzia che i terreni, riscontrati nel primo sottosuolo, sono costituiti essenzialmente da detriti eterogenei, a media elevata consistenza in massa argilloso limosa, a cui fanno seguito termini litoidi pelitici ed arenitici, costituenti il substrato roccioso.

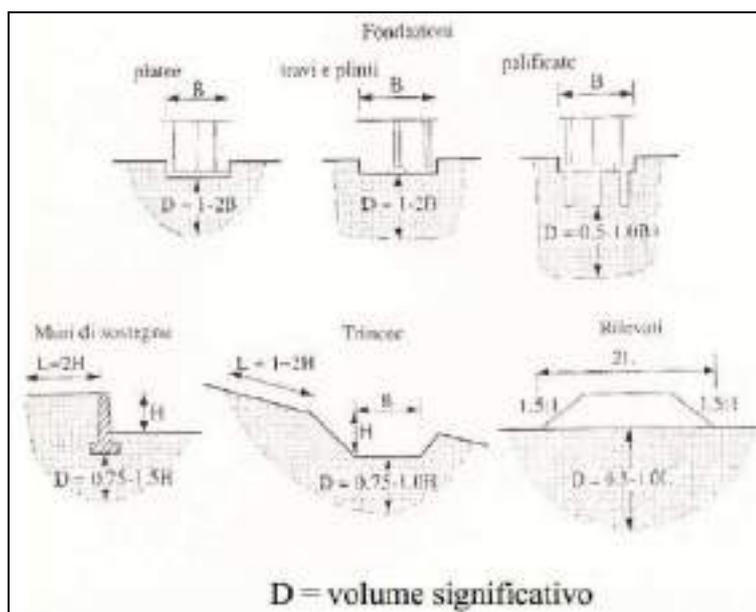
Dette caratteristiche evidenziano come i terreni che formano il primo sottosuolo non siano suscettibili a rischio di liquefazione in occasione di sollecitazione sismica.

RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

VOLUME SIGNIFICATIVO E PIANO DI INDAGINE

Le attuali norme vigenti in materia di costruzioni prevedono che sia indagata la porzione di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa. Tale orizzonte è definito volume significativo e al suo interno si sviluppano e si dissipano le pressioni esercitate dalla struttura.

In relazione alla scelta della tipologia fondale e del piano di posa, la forma e le dimensioni del volume significativo possono subire delle variazioni, a tratti anche significative, come evidenziato nella figura seguente.



Identificazione del volume significativo.

In relazione alle caratteristiche progettuali dell'opera, sono state realizzate sei prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH, protratte sino al rifiuto all'avanzamento e il sondaggio meccanico a carotaggio continuo, sino alla profondità di - 15,0 m p.c.; il piano di lavoro descritto, unitamente allo studio geofisico realizzato e all'analisi geologico - geomorfologica eseguita, risponde alle richieste normative.

INCERTEZZE INTERPRETATIVE E METODOLOGICHE RELATIVE ALLA RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO - GEOTECNICO - SISMICO.

È opportuno soffermarsi sul grado di interpretazione dei dati analizzati e sulle incertezze intrinseche dei metodi utilizzati e delle ricostruzioni effettuate, che assumono carattere soggettivo.

Meritano di essere sottolineati i seguenti aspetti:

- Le indagini geognostiche hanno consentito di definire con buon grado di dettaglio i valori di coesione non drenata nei litotipi più fini a comportamento coesivo e, in corrispondenza dei termini più grossolani, la corretta stima dell'angolo d'attrito. Gli altri parametri geotecnici presentati all'interno del suddetto documento tecnico sono stati desunti mediante correlazioni empiriche, ben note in letteratura, e dall'analisi comparativa di prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati prelevati su terreni ascrivibili al medesimo contesto geologico - geomorfologico.
- L'esecuzione di prospezioni geofisiche di superficie (Re.Mi. - M.A.S.W.) presenta fisiologicamente un margine di errore noto in letteratura, oltre ad un alone di soggettività dipendente dalle scelte del soggetto elaboratore; tuttavia,

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

quanto emerso da suddette analisi, conferma quanto individuato dalle indagini geognostiche. La realizzazione di tale indagine integrata consente di definire con buon grado di dettaglio i primi metri di sottosuolo mediante le prospezioni di tipo attivo (M.A.S.W.) le quali tendono a diventare meno precise con l'aumentare della profondità, ove invece le prospezioni geofisiche passive (Re.Mi.) aumentano di risoluzione.

- Le determinazioni HVSR hanno contribuito ad evidenziare le profondità del substrato roccioso in ambiti irraggiungibili di mezzi meccanici; tali valutazioni, di natura prettamente geofisica, risultano giocoforza di natura indicativa e derivanti dall'analisi integrata delle varie verticali geosismiche. Nonostante il margine di imprecisione insito nel metodo, dette analisi hanno permesso di ricostruire il modello geologico e geotecnico dell'area in oggetto.

SUCCESSIONE GEOTECNICA - ANALISI GEOMECCANICA DEI TERRENI

Per l'individuazione delle caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni che formano i primi 15,0 m del sottosuolo dell'area di intervento, è stato **eseguito un sondaggio meccanico a carotaggio** continuo; si è, inoltre, predisposta l'esecuzione di prove in foro SPT.

Il carotaggio si è effettuato con avanzamento per pressione a secco e l'infissione del rivestimento a circolazione di acqua in assenza di additivazione con bentonite o fanghi tixotropici.

Le classificazioni litologiche sono descritte nell'allegata scheda "*Sondaggio meccanico a carotaggio continuo*" che riporta anche i parametri geomeccanici ricavati durante l'analisi stratigrafica.

L'analisi geomeccanica dei parametri ottenuti dalle **prove penetrometriche dinamiche** è stata eseguita sia trasformando il numero colpi N in valori di resistenza alla punta dinamica, qd, che in valori di resistenza alla punta statica, utilizzando il N colpi statisticamente significativo per orizzonti a caratteri meccanici simili.

Il calcolo della resistenza alla punta dinamica, qd, si è effettuato mediante la relazione energetica degli olandesi:

$$qd = \frac{q^2 \cdot h \cdot g}{a[(q + P) \cdot g]e}$$

dove:

- *qd* = resistenza alla punta, kgf/cmq;
- *q* = peso della massa battente, kgf;
- *a* = area della punta di infissione, cmq;
- *P* = peso massa aste e piano di battuta, kgf;
- *e* = avanzamento unitario, cmq;
- *g* = accelerazione di gravità (m/sec²) · 10⁻².

I parametri geomeccanici sono stati ricavati trasformando i valori di N₂₀ in N_{spt} equivalenti e quindi considerando le principali relazioni presenti in letteratura.

Per i termini prevalentemente coesivi sono state utilizzate le relazioni di Terzaghi o Sanglerat per la determinazione della coesione non drenata, di Stround & Butter per la determinazione del modulo edometrico, il metodo di Righi con il qc equivalente per la definizione dell'angolo di attrito; per i termini incoerenti la definizione dell'angolo di attrito risulta dall'utilizzo comparato delle relazioni di De Mello, Sowers e Meyerohf e la determinazione del modulo edometrico dalle formule di Farrent o Menzelbach & Malcev.

L'analisi è stata effettuata in termini statistici secondo il D.M. 17/01/2018 (si veda allegato "*Analisi statistica dati penetrometrici*"), ricavando i valori caratteristici del numero di colpi N₂₀ per ognuna delle unità individuate e quindi estrapolando i parametri geotecnici di seguito evidenziati.

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

Lo spessore e l'andamento spaziale delle unità individuate è riscontrabile nei grafici di elaborazione delle indagini geognostiche, oltre che nelle allegate " Tav.4a – Sezione di ricostruzione geologico - geotecnica A-A' " e " Tav.4b – Sezione di ricostruzione geologico - geotecnica B-B' ".

Modellazione geotecnica

Unità geotecnica	Parametri geognostici caratteristici	Parametri geotecnici caratteristici allo stato critico
MS: da p.c. a – 0,4 ÷ – 0,8 m p.c. Massetto stradale, costituito da ghiaie eterometriche, ciottoli e blocchi.	$N_{20k} = 0,45$ $N_{SPT k} = 0,63$	Orizzonte a difficile caratterizzazione geotecnica per eterogeneità e rimaneggiamento
UGT1: Nelle sole verticali DPSH3 e S1: da – 0,4 ÷ – 0,8 m p.c. a – 2,7 ÷ – 2,8 m p.c. Argille con limo, a medio – basso grado di consistenza, al cui interno sono presenti inclusi litici.	$N_{20k} = 1,54$ $N_{SPT k} = 2,15$ $SPT_1 = 5/6/6$	$\phi'_k = 21^\circ$ $c'_k = 7 \text{ kPa}$ $c_{uk} = 35 \text{ kPa}$ $\gamma_{nk} = 18,5 \text{ kN/m}^3$ $E_{dk} = 4100 \text{ kPa}$ $k_k = 9200 \text{ kN/m}^3$
UGT2: Nelle sole verticali DPSH3 e S1: da – 2,7 ÷ – 2,8 m p.c. a – 3,8 ÷ – 4,0 m p.c. Limi, limi con argilla e limi argillosi, a basso grado di consistenza.	$N_{20k} = 2,10$ $N_{SPT k} = 2,94$	$\phi'_k = 23^\circ$ $c'_k = 15 \text{ kPa}$ $c_{uk} = 44 \text{ kPa}$ $\gamma_{nk} = 18,9 \text{ kN/m}^3$ $E_{dk} = 5000 \text{ kPa}$ $k_k = 9750 \text{ kN/m}^3$
UGT3: Nelle prove DPSH1 e DPSH2: oltre i – 0,4 ÷ – 0,6 m p.c. Nella verticale DPSH3: Oltre i – 3,8 m p.c. Nel sondaggio S1: da – 4,0 m p.c. a – 6,5 m p.c. Orizzonte pelitico fratturato.	$N_{20k} = 20,93$ $N_{SPT k} = 29,30$ $SPT_2 = 50 (7 \text{ cm})$	$\phi'_k = 28^\circ$ $c'_k = 50 \text{ kPa}$ $c_{uk} = 250 \text{ kPa}$ $\gamma_{nk} = 20,0 \text{ kN/m}^3$ $E_{dk} = 2400 \text{ kPa}$ $k_k = 57500 \text{ kN/m}^3$
UGT4: Nel solo sondaggio S1: Oltre i – 6,5 m p.c. Alternanze pelitiche e calcarenitiche, ad elevato grado di consistenza.	$SPT_3 = 50 (11 \text{ cm})$ $SPT_4 = 50 (11,5 \text{ cm})$	$\phi'_k = 32^\circ$ $c'_{ammasso k} = 100 \text{ kPa}$ $c_{u,ammasso k} = 390 \text{ kPa}$ $\gamma_{nk} = 24,0 \text{ kN/m}^3$ $E_{dk} = 45000 \text{ kPa}$ $k_k = 75600 \text{ kN/m}^3$

Ove: C_u = coesione non drenata, c' = coesione drenata; ϕ' = angolo di attrito efficace, γ_n = peso dell'unità di volume; E_d = modulo edometrico; k = modulo di reazione; C'_{disc} = coesione drenata sulla discontinuità; $C_{u, disc}$ = coesione non drenata sulla discontinuità; $C'_{ammasso}$ = coesione drenata ammasso; $C_{u, ammasso}$ = coesione non drenata ammasso.

Valore del coefficiente di Winkler mediato su tutta la verticale d'indagine

In relazione alla stratigrafia evidenziata e ai parametri geomeccanici ricavati mediante l'indagine geognostica precedentemente descritta, si può utilizzare un valore del coefficiente di Winkler, mediato sulla verticale peggiore da – 0,5 m sino a – 10,5 m p.c., pari a:

$$k = 17800 \text{ kN/m}^3$$

Si precisa che tale valore, come quelli relativi ai singoli orizzonti è da ritenersi indicativo e rappresenta un valore generale per la serie litomeccanica in quanto, come ben noto, detto coefficiente risulta funzione della geometria e della tipologia fondale.

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------------------	--	--

VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALI

METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche di stabilità si sono svolte mediante l'utilizzo del programma **SSAP2010 – versione 5.0**, il quale è caratterizzato dalla presenza di **7 metodi di calcolo rigorosi** che operano nell'ambito della metodologia della verifica della stabilità dei pendii mediante il metodo dell'equilibrio limite.

Gli algoritmi base di calcolo, sono stati ricodificati interamente utilizzano la notazione unificata di che deriva dall'algoritmo proposto da Zhu et al (2005), ampliato e ulteriormente sviluppato, per permettere la applicazione nei più importanti metodi rigorosi per applicazione del metodo dell'equilibrio limite:

- Janbu rigoroso(1973);
- Spencer (1973);
- Sarma I (1973);
- Morgenstern & Price (1965);
- Chen & Morgenstern (1983);
- Sarma II (1979);
- Borselli (2016).

In relazione al modello geologico, alla lunghezza e alla topografia dei profili analizzati, le verifiche sono state svolte mediante algoritmo di **Borselli**. Per le verifiche si è utilizzato il motore di ricerca **SNIFF RANDOM SEARCH**, che tende a massimizzare, durante la generazione di superfici *random*, il passaggio negli strati che hanno le caratteristiche di resistenza più scadenti.

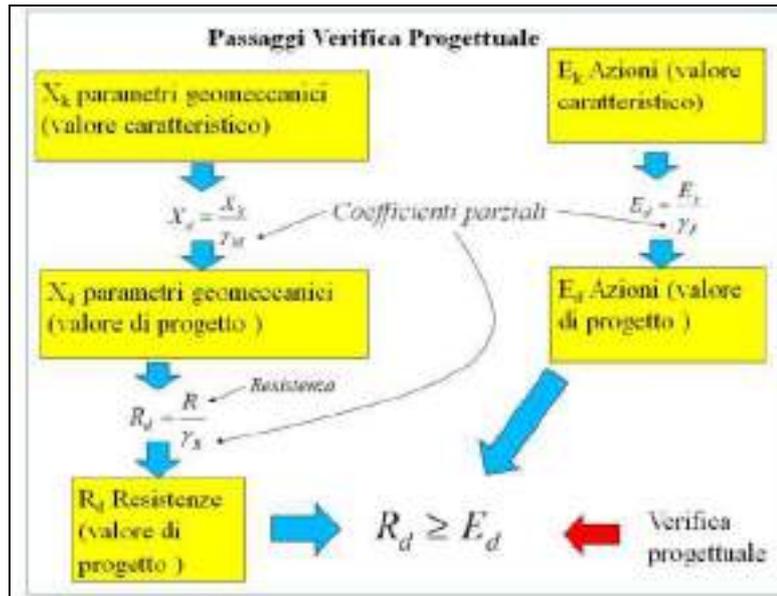
Le superfici di potenziale scivolamento sono, così, identificate alle fasce di passaggio tra i litotipi meno addensati e quelli più consistenti, ricercando le condizioni di potenziale instabilità; **dette superfici sono state analizzate e controllate in relazione alla geometria del versante, alle evidenze geomorfologiche evidenziate da rilevamento diretto e alle caratteristiche geotecniche delle unità individuate.**

Il D.M. 17/01/2018 indica che le verifiche consistono nel soddisfacimento della seguente condizione:

$$Ed \leq Rd$$

dove:

- *Ed rappresenta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;*
- *Rd rappresenta il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.*



Le verifiche in condizione statica devono essere condotte secondo l'Approccio 1:

Combinazione 2: A2 + M2 + R2

in cui:

- A2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali γ_F da applicare alle azioni o all'effetto delle azioni;
- M2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali γ_M da applicare ai parametri del terreno;
- R2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali γ_R per le verifiche di sicurezza;

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale (γ_i)	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{R1}	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{R2}	0.8	0.8
	Sfavorevole		1.5	1.9
Variabili	Favorevole	γ_{R3}	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.9

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	Coefficiente parziale (γ_i)	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi_k$	γ_{ϕ}	1.0	1.25
Coesione efficace	c_k	γ_c	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_u	γ_{cu}	1.0	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.00

Coefficiente (γ_r)	R2
γ_r	1.1

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

Per quanto riguarda i parametri geotecnici utilizzati, si è fatto riferimento ai parametri caratteristici presentati nel precedente paragrafo "Analisi geomeccanici dei terreni", ottenendo quelli di progetto attraverso riduzione mediante l'utilizzo dei coefficienti parziali M2.

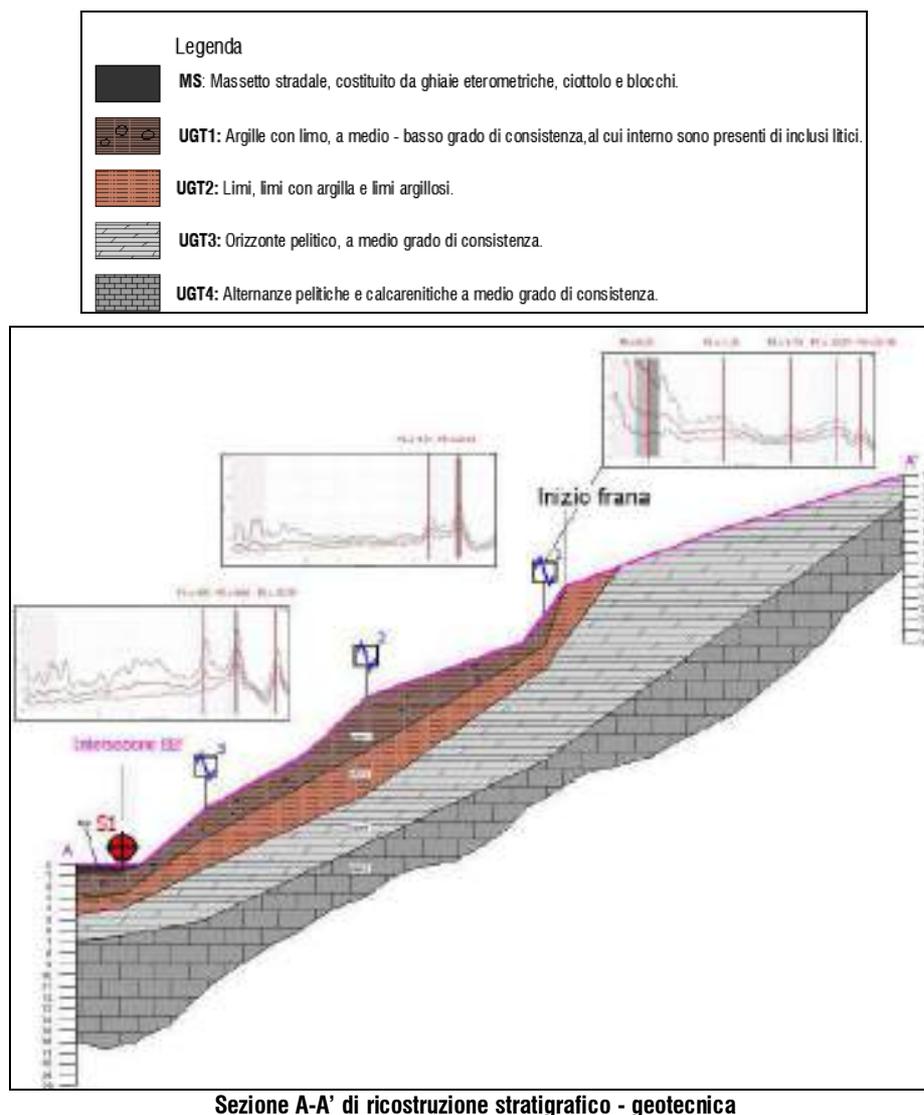
Le **verifiche in campo statico** sono state condotte ipotizzando presenza di saturazione a varie profondità, nello specifico sono state sviluppate le seguenti condizioni:

- pendio saturo sino a - 2,0 m p.c.
- pendio saturo sino a - 3,0 m p.c.
- pendio saturo sino a - 4,0 m p.c.
- pendio saturo sino a - 5,0 m p.c.

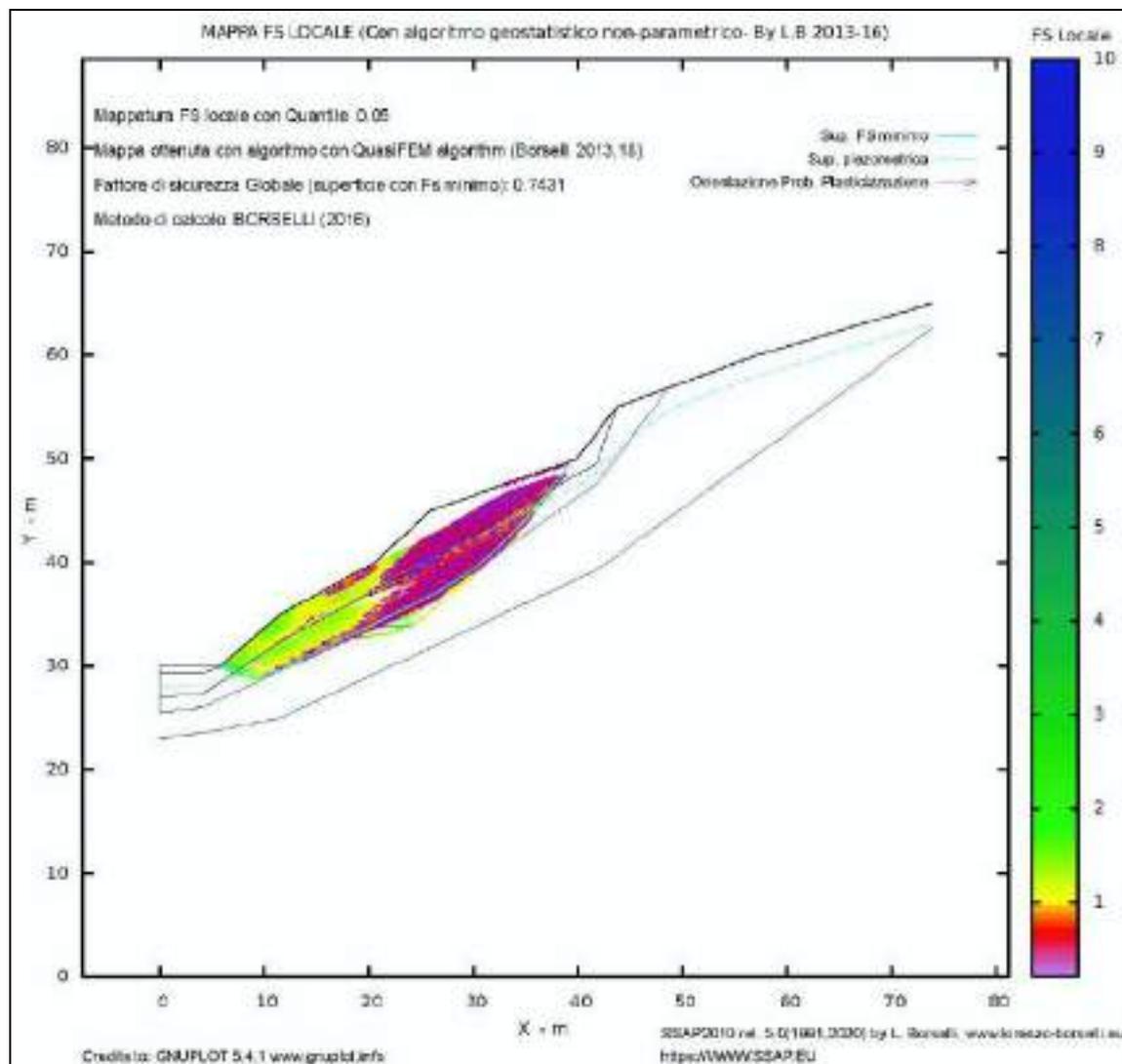
Le **verifiche in condizioni sismiche** (*metodo pseudo statico*), in relazione alla tipologia dei materiali costituenti il modello geologico – geotecnico, sono state eseguite in termini di tensioni efficaci, condizioni drenate, utilizzando i coefficienti parziali $\gamma_A, \gamma_M = 1,0$ (coefficiente di riduzione sismico $\beta = 0,38$, ipotizzando, quindi, la necessità di opere di contenimento).

VERIFICHE ESEGUITE

I profili analizzati derivano da rilevamenti topografici diretti e dall'analisi delle prospezioni geognostiche.



Inizialmente, si è prodotta un'analisi a grande spettro allo scopo di determinare i punti di debolezza sul versante; successivamente, sono state sviluppate le simulazioni (5000 superfici generate col motore di ricerca Sniff Convex Random) in corrispondenza degli intervalli maggiormente critici (FS_{SCR}).



Analisi a grande spettro – Sezione A-A'

In allegato sono riportate le verifiche di stabilità eseguite nelle condizioni ritenute maggiormente significative (verifiche segnalate con campitura rossa).

SEZIONE A-A'

Si è provveduto, quindi, all'analisi delle condizioni di stabilità locali del pendio, ottenendo i coefficienti di sicurezza di seguito riportati.

A2M2R2d SLU (Verifica Statica)				
	Pendio saturo sino a: - 5,0 m p.c.	Pendio saturo sino a: - 4,0 m p.c.	Pendio saturo sino a: - 3,0 m p.c.	Pendio saturo sino a: - 2,0 m p.c.
F.S.	0,778	0,772	0,767	0,748
F.R. (kN/ml)	225,9	236,2	245,0	498,9

FS: Fattore di sicurezza, F.R. : Forza Reagente necessaria alla stabilità.

Per la condizione di saturazione del pendio sino a – 4,0 m p.c., si è svolta una verifica sismica di cui si riportano i risultati.

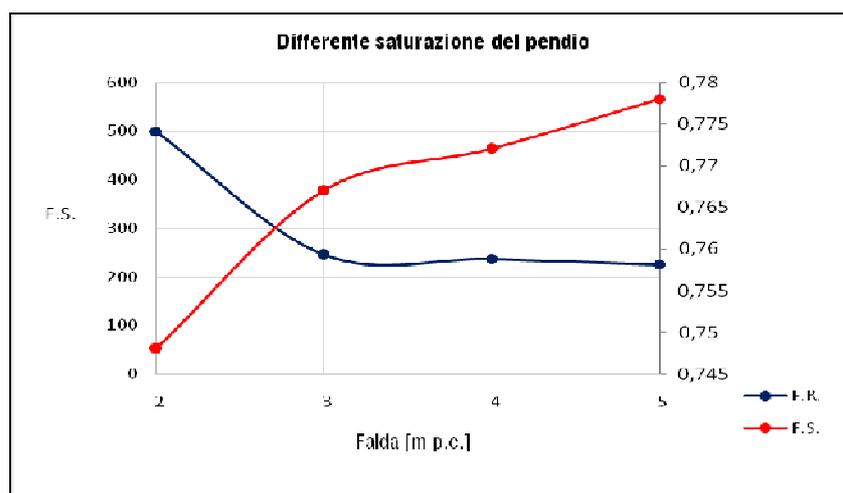
	A2M2R2 SLV (Verifica dinamica)
	Pendio saturo sino a: – 4,0 m p.c.
F.S.	0,772
F.R. (kN/ml)	243,2

FS: Fattore di sicurezza, F.R. : Forza Reagente necessaria alla stabilità.

L'aggettamento del battente idrico sotterraneo favorisce una riduzione della forza reagente necessaria alla stabilità del comparto in analisi senza, tuttavia, instaurare condizioni di stabilità in sicurezza, per le verifiche di rottura al pendio.

Si riporta un grafico che mostra l'andamento del fattore di sicurezza e della forza reagente necessaria alla stabilità con l'approfondirsi del livello di saturazione del pendio.

Il sondaggio ha rilevato la falda ad una quota di – 2,80 m p.c. sul piano stradale, tuttavia la saturazione completa del pendio è, comunque, possibile in condizioni di piogge critiche.



Le verifiche evidenziano come le situazioni di maggiore instabilità riguardino le superfici che terminano al piede della scarpata, sottolineando l'esigenza di opere di contenimento che debbano garantire una resistenza al taglio almeno pari a **FR = 243,2 kN/ml**, nel caso in cui si provveda alla realizzazione di dreni in grado di mantenere il livello di falda ad una quota inferiore a **– 4,0 m p.c.**

OPERA DI CONTENIMENTO ALLA BASE DEL VERSANTE

Nonostante il riscontro di roccia vicino al piano di sede stradale, in ragione della presenza a monte di un movimento gravitativo in stato di attività e della variabilità litologica laterale, si consiglia l'**utilizzo di fondazioni profonde**, le quali dovranno essere ancorate abbondantemente almeno all'interno dell'unità geotecnica **UGT4 (il cui tetto è riscontrabile a profondità assai variabile in senso laterale e generalmente presente oltre i – 3,5 ÷ – 4,0 m p.c. rispetto al piano stradale)**, garantendo così l'intestazione del manufatto all'orizzonte regolitico di passaggio al substrato roccioso.

Le caratteristiche tipologiche e geometriche dell'opera di sostegno saranno da verificarsi nel contesto delle progettazioni esecutive, con particolare attenzione a:

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

- **Tecnica, diametro di perforazione e profondità delle verticali profonde.**
- **Interasse e distribuzione nello spazio delle fondazioni profonde.**
- **Lunghezza e corretta ubicazione dell'opera di consolidamento** (si consiglia, precedentemente ai lavori, la realizzazione **di un idoneo rilievo plano-altimetrico**).
- **Portate nominali e caratteristiche delle singole verticali d'indagine.**
- **Capacità resistente del sistema terreno-fondazioni profonde.**
- **Corretto dimensionamento della trave di collegamento sulla testa dei pali.**
- **Verifiche geotecniche volute dalle normative vigenti.**
- **Dimensionamento e caratteristiche dei tiranti.**
- **Eventuale interazione tra perforazioni e battente idrico sotterraneo;** il sondaggio meccanico evidenzia la presenza di un orizzonte acquifero a quote comprese tra – 2,80 e – 3,00 m p.c.
- **Natura, dimensioni e caratteristiche del manufatto in testa ai pali.**

In relazione alle forze reagenti necessarie alla stabilità, si può prevedere l'utilizzo di ulteriori elementi resistivi, quali **tiranti di ancoraggio** a bassa inclinazione rispetto all'orizzontale, per poter contrastare ulteriormente le significative spinte provenienti da monte.

In fase di progettazione esecutiva, risulterà necessario dimensionare la trave di collegamento dei pali in modo che essa costituisca un elemento di forte rigidità tra le varie verticali di fondazione e lo sviluppo di eventuali tiranti; si rammenta, inoltre, che nella determinazione dell'entità delle azioni va considerato il peso proprio delle fondazioni profonde e che, sarebbe consigliato, in relazione allo stato d'instabilità generale del versante, provvedere alla messa in posa di strumenti di monitoraggio profondo in corrispondenza dell'opera di contenimento.

Nel contesto del calcolo della capacità portante degli elementi profondi, inoltre, **si consiglia di non tenere in considerazione i contributi attritivi delle prime unità geotecniche (M.S., UGT1 e UGT2).**

A monte della trave di collegamento dei pali e a tergo dell'eventuale manufatto sovrastante a questi, si dovrà realizzare di un **efficace sistema di drenaggio, a tutta altezza**, in grado di allontanare le acque intercettate dalla stessa opera e che confini la saturazione del pendio a quote più vicine possibili a – 4,0 m p.c.

Per quanto detto in precedenza, si consiglia di considerare, in fase progettuale, opere di consolidamento che garantiscano una resistenza al taglio almeno pari a **FR = 243,2 kN/ml**.

INTERVENTI CONSIGLIATI SUL VERSANTE A COROLLARIO DELL'OPERA PRINCIPALE

A seguito della campagna d'indagine, del rilevamento geomorfologico di dettaglio eseguito e dai coefficienti di sicurezza desunti dalle verifiche di stabilità eseguite, l'incremento della stabilità del tratto di versante in analisi sarà possibile solo mediante l'azione sinergica di più interventi finalizzati a decrementare le forze destabilizzanti.

Oltre alle opere di ingegneria tradizionale a progettarsi e gli elementi drenanti ad esse correlati, (di cui si è parlato precedentemente), si consiglia la realizzazione dei seguenti interventi:

- **Opere di risagomatura del pendio in corrispondenza delle nicchie di distacco e degli ammassi di accumulo:** in corrispondenza del settore dove sono evidenti le nicchie di distacco e presenti gli ammassi in accumulo, sarà opportuno procedere alla risagomatura e rimodellazione del pendio, al fine di ridurre la pendenza media in corrispondenza del versante, **anche mediante gradonature**, e impermeabilizzare e richiudere le fratture rilevate, frenando i processi in atto e riducendo l'infiltrazione dell'acqua corrivante sul pendio.

Ing. Giuseppe Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
----------------------	--	---

- **Raccolta e allontanamento delle acque corrivanti sul pendio:** su tutto il versante in oggetto e **anche sulla sede stradale**, è consigliabile l'esecuzione di scoline e fossi ad adeguata pendenza e ubicazione, in grado di raccogliere l'acqua corrivante sul pendio e sulla S.P.57. Tale intervento eviterà fenomeni di infiltrazione delle acque meteoriche o giungenti sulla superficie del movimento gravitativo.
- **Monitoraggio topografico:** visto il cinematismo del processo, si consiglia la realizzazione di un sistema di monitoraggio almeno topografico, meglio inclinometrico in corrispondenza dell'opera di sostegno, che tenga conto di tutta l'area soggetta a dissesto gravitativo e le aree ad essa contermini.

L'attuale campagna geognostica risulta esaustiva per ricostruzione del modello geologico della porzione del versante, lungo il quale insiste l'asse viario interessato dal processo gravitativo in oggetto; a tale proposito si consiglia l'approfondimento di indagine anche lateralmente alla riattivazione locale studiata.

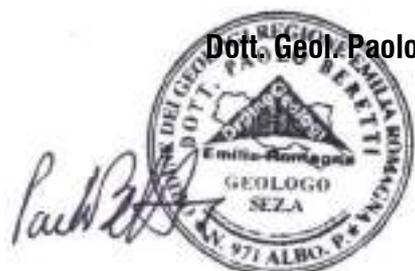
Si ricorda che l'area oggetto d'intervento vede la presenza di un contesto geologico - geomorfologico dedito al dissesto; le opere a realizzarsi saranno eventualmente funzionali ad aumentare la resistenza meccanica del solo comparto analizzato ma non saranno sufficienti ad eliminare tutte le forze destabilizzanti in gioco all'interno dell'intero versante.

Ulteriori accorgimenti da adottarsi in fase di studio esecutivo e direzione lavori:

- Gli orizzonti geotecnici superficiali, essendo caratterizzati da processi di alterazione meteorica e fenomeni trattivi, **sono potenziali sedi di battente idrico sotterraneo effimero o venute locali d'acqua**, legate ai periodi di precipitazione meteorica intensa e a fenomeni di infiltrazione dalla superficie provenienti dal comparto di monte; necessiterà, quindi, prevedere una possibile ed estemporanea saturazione idrica nei primi orizzonti del sottosuolo, ai fini della fase di realizzazione delle verticali di fondazione.
- In relazione alle particolari caratteristiche del primo sottosuolo, contraddistinto da sensibile variabilità litologica laterale, è consigliabile la presenza di un tecnico abilitato, in fase di scavo e messa alla luce dei piani di posa fondali e delle verticali profonde, al fine di verificare le caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei materiali affioranti e di certificare l'analogia di queste ai dati presentati in tale documento. **Nell'eventualità di rinvenimento, alle profondità progettuali previste, di materiali con caratteristiche meccaniche deficitarie rispetto a quelle attese** (si ricorda l'estrema variabilità laterale degli spessori e delle caratteristiche di deformabilità dei materiali costituenti il deposito a cui soggiace il substrato roccioso alterato), si provvederà, durante la fase di direzione lavori e della stessa esecuzione, all'estensione della lunghezza degli elementi profondi di fondazione.
- Le operazioni di rimodellazione del pendio e l'eventuale esportazione del materiale costituente l'attuale unghia di frana **devono essere eseguite successivamente alla realizzazione dell'opera di sostegno** a margine dell'asse stradale.

Quattro Castella, Febbraio 2025

Dott. Geol. Paolo Beretti



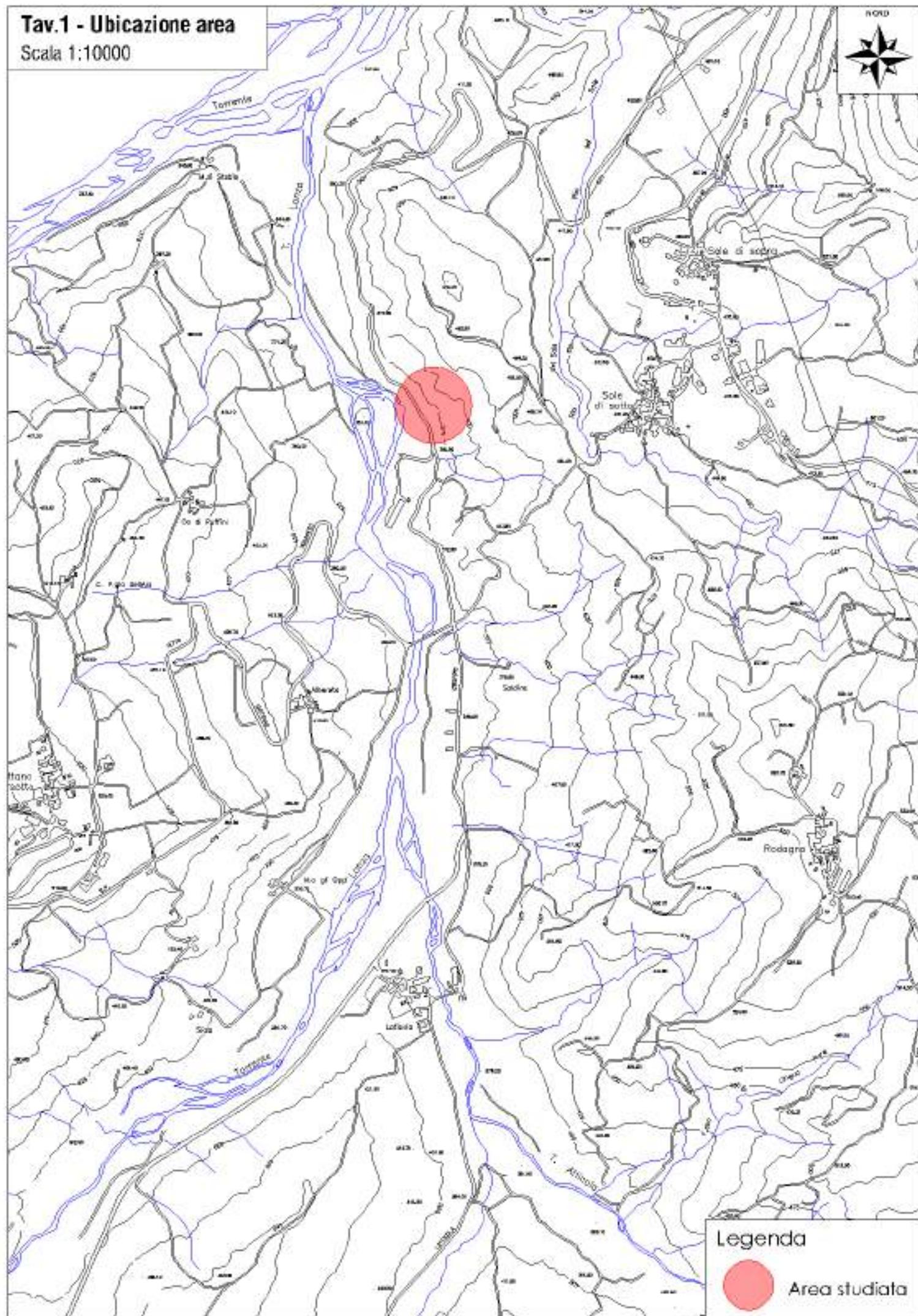
Ing. Giuseppe Herman	<i>Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</i>	Analisi del movimento gravitativo occorso in corrispondenza del Km 2+450 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------------------	---	--

ALLEGATI

- Tav. 1. Ubicazione area.
- Tav.2. Carta geologica.
- Tav. 3. Ubicazione indagini in situ.
- Tav.4a – Sezione di ricostruzione geologico – geotecnica A-A’.
- Tav.4b – Sezione di ricostruzione geologico – geotecnica B-B’.
- Stendimento integrato Re. Mi. M.A.S.W.
- Sondaggio meccanico a carotaggio continuo.
- Rapporto fotografico sondaggio.
- Prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH.
- Analisi statistica prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH.
- Verifiche di stabilità
- Rapporto fotografico prove geognostiche.

Tav.1 - Ubicazione area

Scala 1:10000



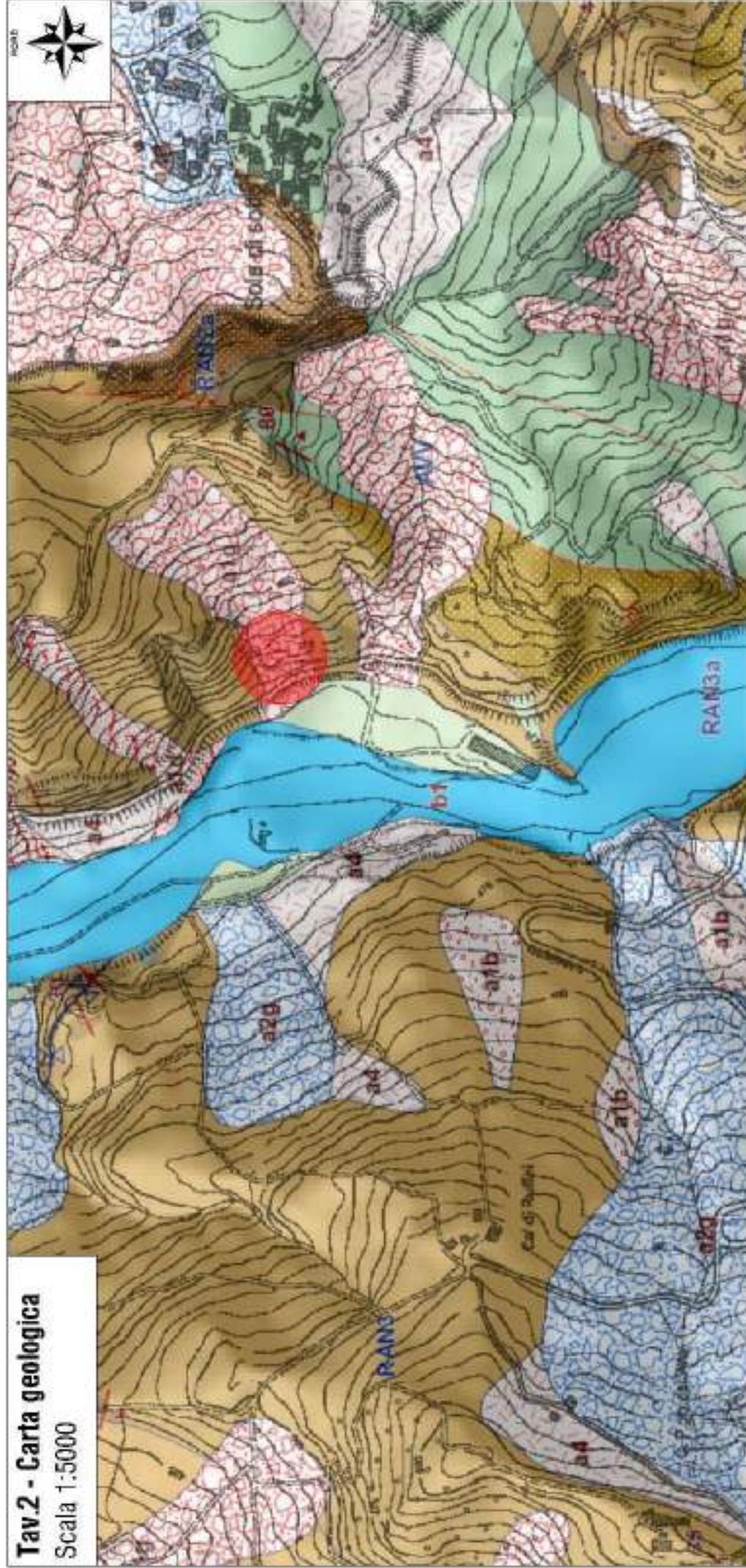
Legenda



Area studiata

Tav.2 - Carta geologica

Scala 1:5000



LEGENDA

Coperture quaternarie

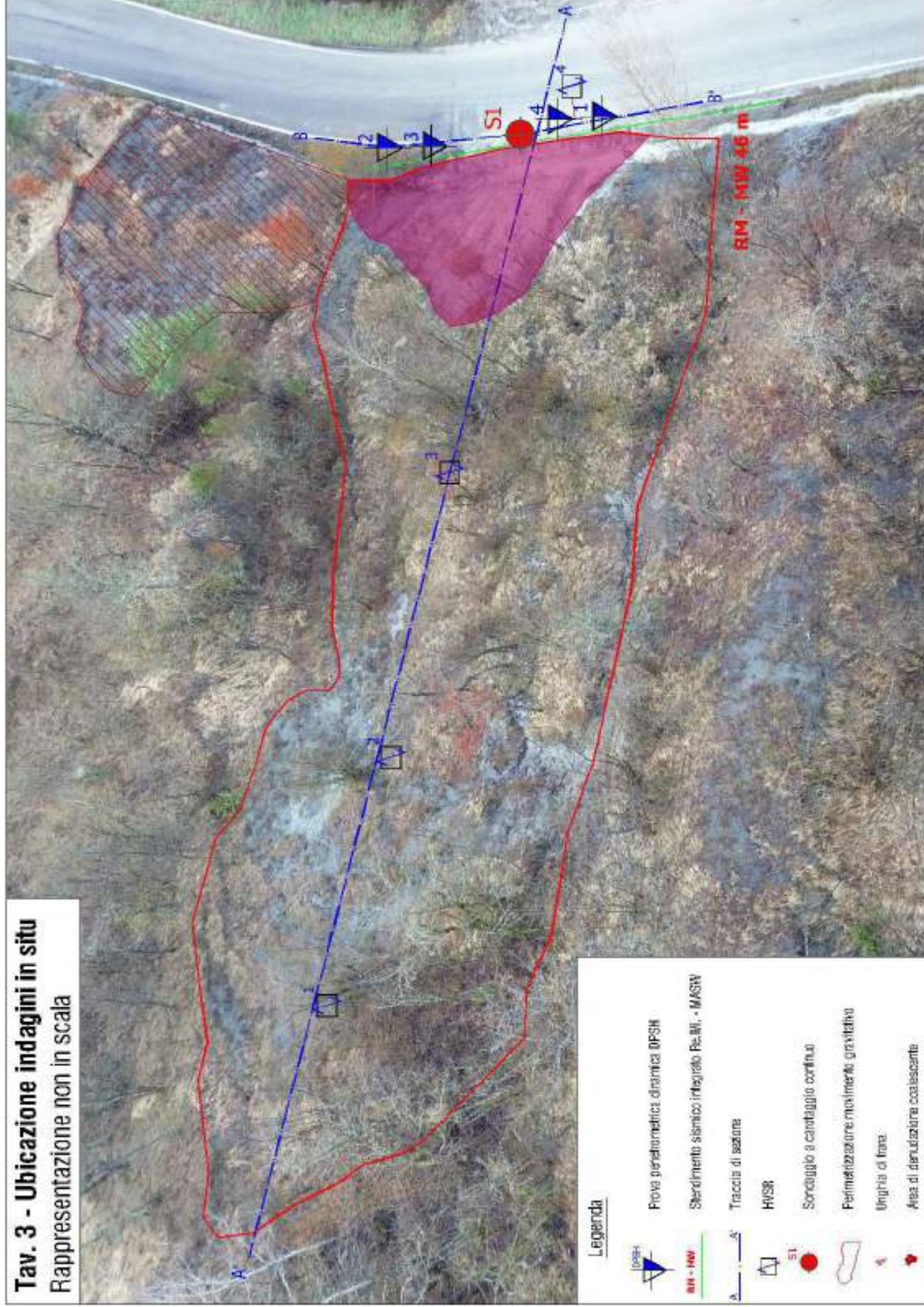
- a1b** - Deposito di frana attiva per sovralluvamento
- a1d** - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g** - Deposito di frana attiva complessa
- a2g** - Deposito di frana quiescente complessa
- a4** - Detrito eluvio-colluviale
- b1** - Deposito alluvionale in evoluzione

 Area studiata

Unità geologiche

- AVV** - Argille Varicolori di Casio
- PAT** - Formazione di Pantano
- PAT5** - Membro della Pietra di Bismantova
- RAN** - Formazione di Ranzano
- RAN2** - Membro della Val Pescola
- RAN2a** - Litofacies arenaceo-conglomeratica
- RAN3** - Membro di Varano del Melegan
- RAN3a** - Litofacies calcifera

Tav. 3 - Ubicazione indagini in situ
 Rappresentazione non in scala



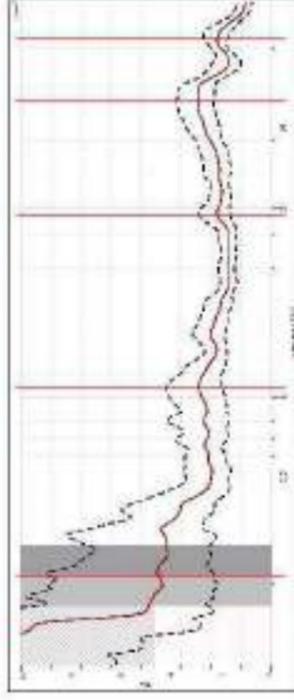
Legenda

-  Prova penetrometrica dinamica DPSH
-  Sperimento sismico integrato Re.MI. - MASW
-  Traccia di sezione
-  HWSR
-  Sorveglianza a carteggio continuo
-  Perimetrazione movimento gravitativo
-  Ungheria di frana
-  Area di denudazione coalescente

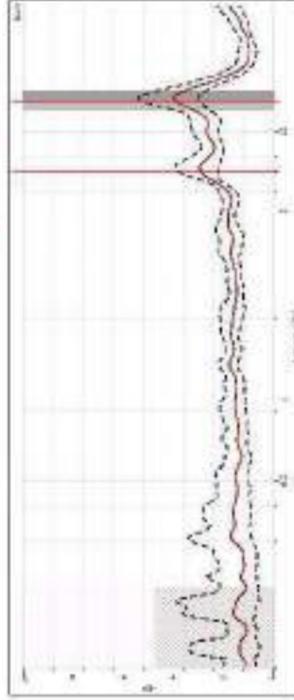
Tav.4a - Sezione di ricostruzione geologico - geotecnica AA'

Scala 1:250

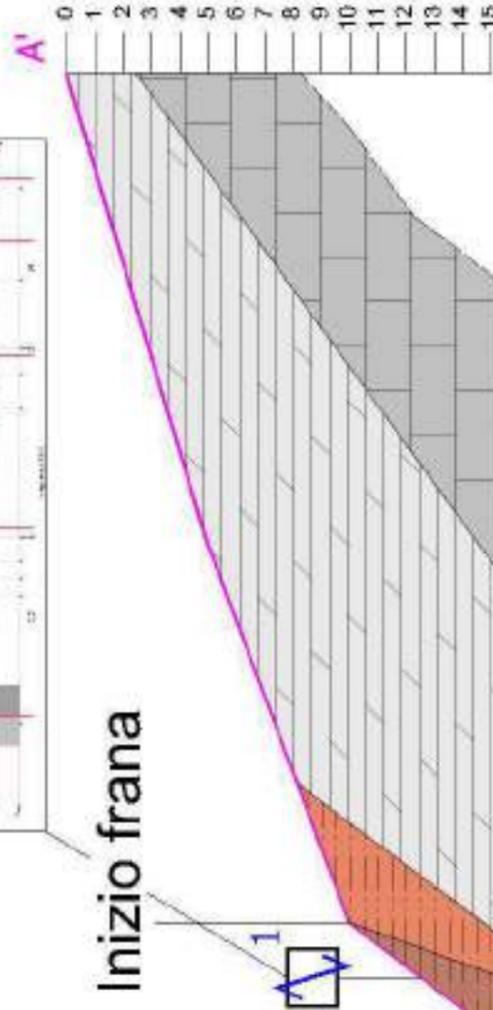
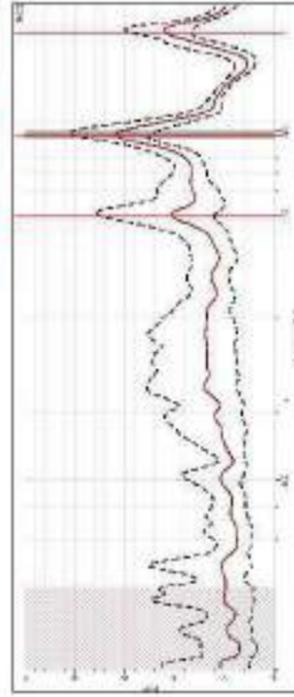
F0 = 0,22 F1 = 1,10 F2 = 4,73 F3 = 12,87 F4 = 21,69



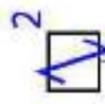
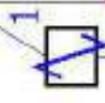
F1 = 2,14 F0 = 13,14



F1 = 4,92 F0 = 9,66 F2 = 23,70



Inizio frana



Intersezione BB'
MS S1
A

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20



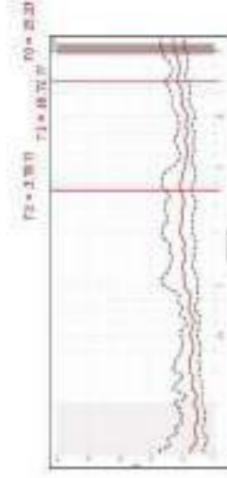
Legenda



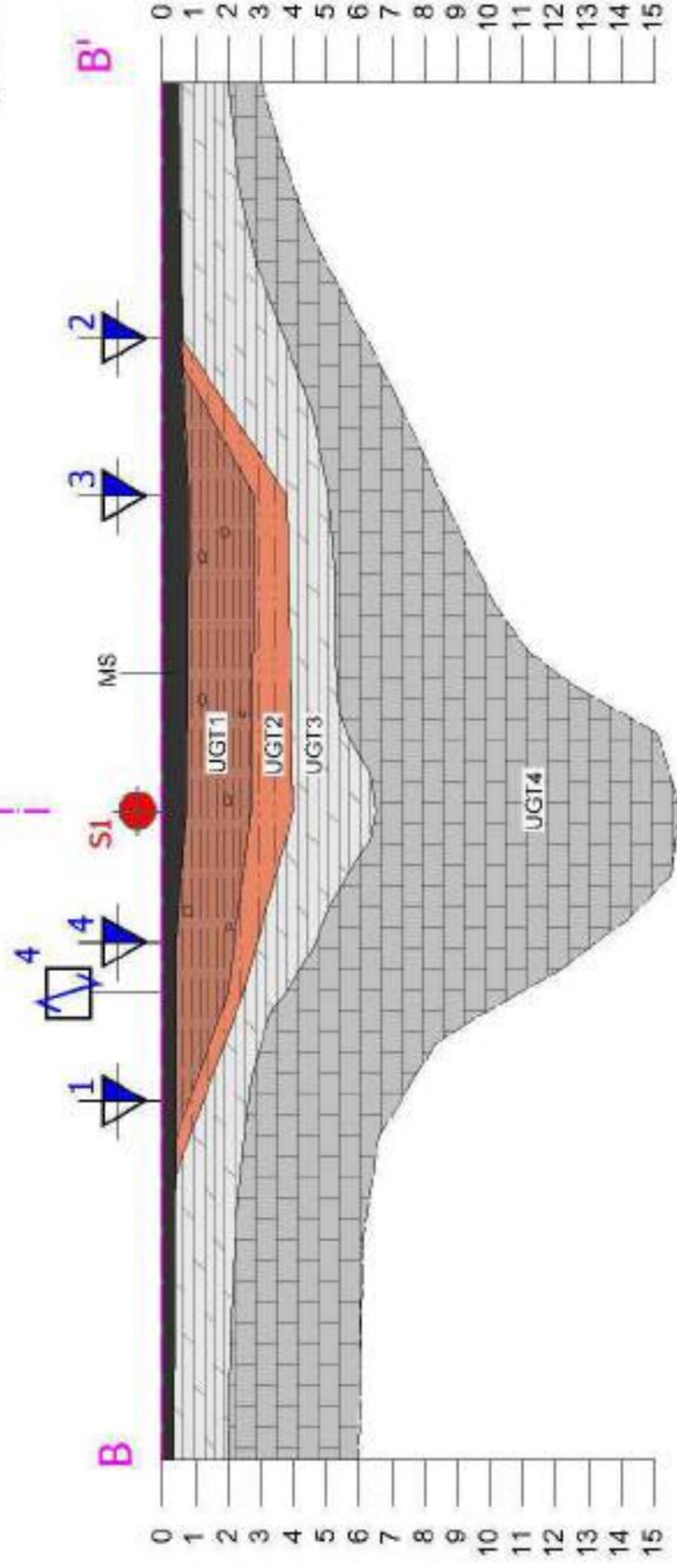
- MS:** Massetto stradale, costituito da ghiaie eterometriche, ciottoli e blocchi.
- UGT1:** Argille con limo, a medio - basso grado di consistenza, al cui interno sono presenti inclusi litici.
- UGT2:** Limi, limi con argilla e limi argillosi, a basso grado di consistenza.
- UGT3:** Orizzonte pellico fratturato.
- UGT4:** Alterranze pelliche e calcarenitiche, ad elevato grado di consistenza.

Tav.4b - Sezione di ricostruzione geologico - geotecnica B-B'

Scala 1:200



Intersezione AA'



Legenda

- MS:** Massetto stradale, costituito da ghiaie eterometriche, ciottoli e blocchi.
- UGT1:** Argille con limo, a medio - basso grado di consistenza, al cui interno sono presenti inclusi litici.
- UGT2:** Limi, limi con argilla e limi argillosi, a basso grado di consistenza.
- UGT3:** Orizzonte pellico fratturato.
- UGT4:** Alterranze pelliche e calcarenitiche, ad elevato grado di consistenza.

Dott. Geol. Paolo Beretti

Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella Tel. 0522 1695098; fax 0522 1691413, Cell: 348 6902667

Indagine integrata Re.Mi. - M.A.S.W.

Committente: Ing. Herman

Località: Vetto

Cantiere: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)

Data: 27/01/25

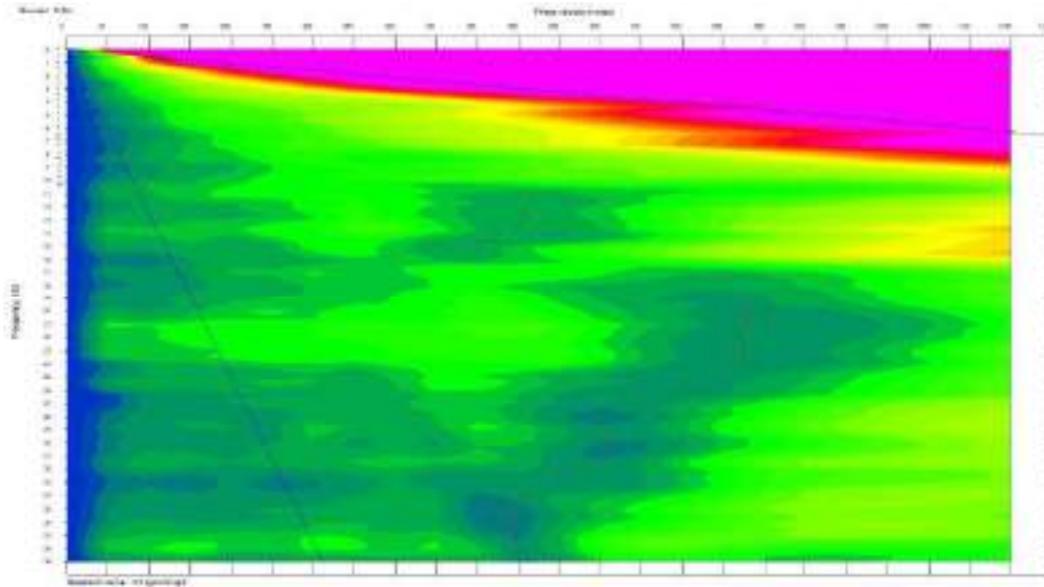


Fig. 1: Dispersion Remi - M.A.S.W.

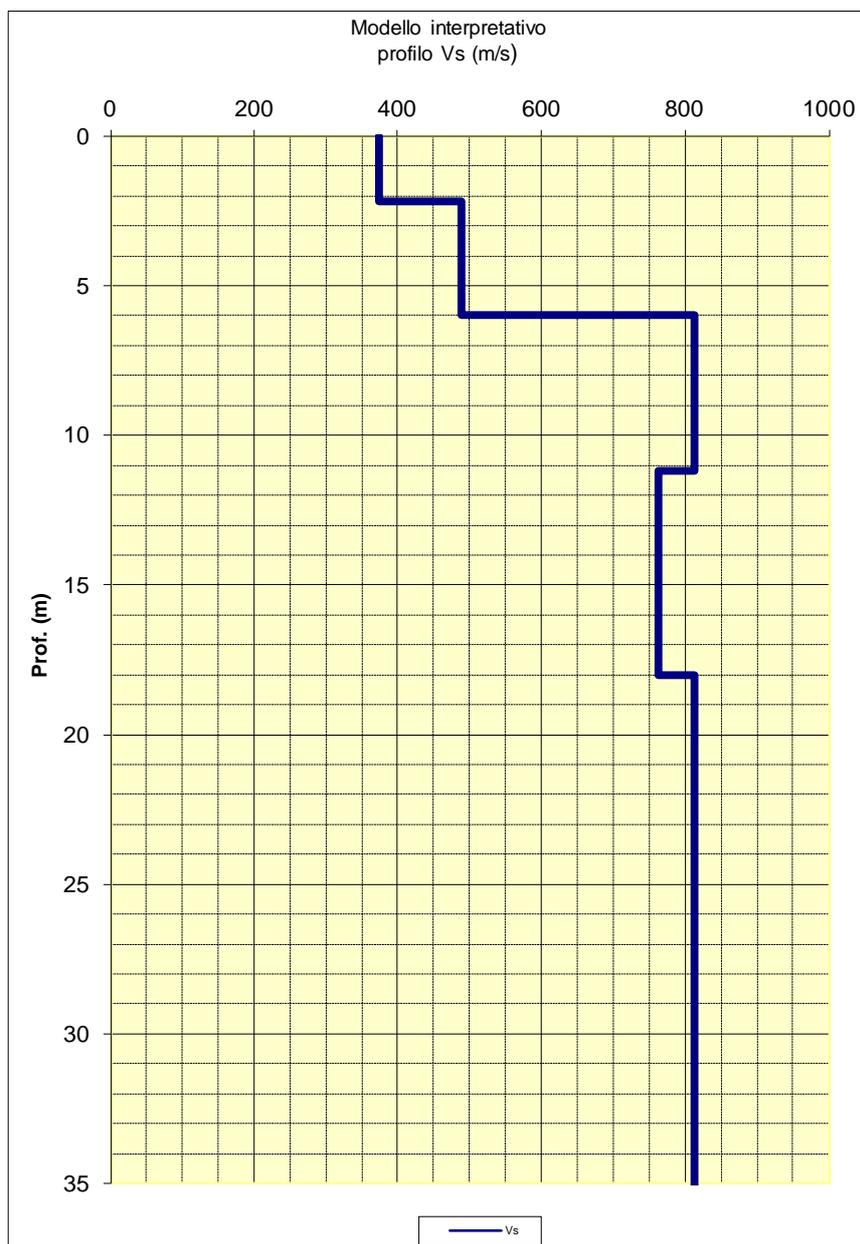


Fig. 2: Profilo onde VS

Dott. Geol. PAOLO BERETTI
Via De Gasperi 2/1 - 42020 Quattro Castella (RE)
tel 0522 1695098 - cell. 3486902667
e-mail: studio.beretti@gmail.com

SONDAGGIO S1
a carotaggio continuo

ATTREZZO: Sonda Atlas Copco
Montanari Perforazioni Srl

COMMITTENTE:
Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia

RILEVATORI:
Dr. P. Beretti

LOCALITA':
Vetto (RE)

CANTIERE:
Strada Provinciale 57 km 2+450.

FOGLIO IGM:

Quota: piano stradale

Falda: - 2,80 m p.c.

Data: 15-16 Gennaio 2025

Unità geotecnica	Profondità	Colonna stratigrafica	P.P. kg/cmq	RQD	SPT	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	Falda
MS	0	0,20 m	1,1			Binder e pacchetto di usura.	
	0,75 m	Massetto stradale costituito da ghiaie, ciottoli e blocchi, in matrice limoso sabbiosa. Presenza di livelli cementati.					
UGT1	1	1,50 m	2,0		2,00 m	Limo argilloso sabbioso di colore grigio giallastro chiaro, con sottili intercalazioni di maggior contenuto argilloso.	
	2	2,00 m	2,6			Argilla con limo di colore bruno oliva con presenza di sostanza organica diffusa, macropori e microlivelli limoso sabbiosi. Media consistenza meccanica.	
	2,70 m	2,8	3,1			Orizzonte detritico fortemente rimaneggiato, costituito da ghiaia medio fine (piccoli frammenti di rocce calcarenitica), in matrice limoso sabbiosa, talora limoso argillosa. Fortemente saturo.	
	3	3,20 m	4,5			Limo e limo argilloso sabbioso di colore grigio verdastro, con macropori e mica, a media consistenza meccanica.	
UGT2	3,30 m					Livello deansionato e saturo, prevalentemente limoso argilloso, con numerosi inclusi clastici millimetrici e centimetrici.	-2,80 m
	3,50 m					Limo con argilla di colore bruno verdastro, a medio - elevato grado di consistenza.	
UGT3	4	4,00 m			4,00 m		
	5			80	SPT2 R(7 cm) 4,45 m	Peliti marnose alterate, di colore grigio nerastro a medio grado di fratturazione, prevalentemente suborizzontale.	
UGT3	6	6,10 m		95			
	6,50 m			40	6,50 m	Sottile orizzonte calcarenitico deansionato di colore grigio giallastro.	
UGT4	7	7,00 m		40	SPT3 R(11 cm) 6,95 m	Livello pelitico marnoso intensamente fratturato.	
	8			70		Alternanza di peliti marnose prevalenti, con sottili orizzonti calcarenitici, medio - elevato grado di fratturazione. Rapporto A/P ≈ 1,5. Colore di massa grigio nerastro (più chiaro e giallastro in corrispondenza dei livelli calcarenitici).	
UGT4	9			60			
	10	10,00 m		50	9,50 m SPT4 R(11,5 cm) 9,95 m		
UGT4	11			40		Pelite marnosa grigio scura prevalente, con sottili inclusioni calcarenitiche confinate alle profondità di - 12,50 - - 12,70 e -13,00 - -13,20 m p.c. Rapporto A/P ≈ 1,00. Il grado di fratturazione risulta assai variabile in senso verticale (fascia molto rimaneggiata tra - 10,20 - - 10,80 e tra - 12,00 - - 12,50 m p.c.).	
	12			70			
UGT4	13			50			
	14			80			
UGT4	15			90			

FINE SONDAGGIO

RAPPORTO FOTOGRAFICO SONDAGGIO

Sondaggio meccanico a carotaggio continuo sino a – 15 m p.c.



Cassetta 1 (0 ÷ 5 m)



Cassetta 2 (5 ÷ 10 m)



Cassetta 3 (10 ÷ 15 m)



Ubicazione sondaggio

Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE) Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667				Prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH 1				COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman				
								CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)				
				ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 15/01/2025				
				OPERATORE: Dott. P. Beretti		Quota: p.c.		Profondità falda:		Foro vuoto		
Letture di campagna e elaborazioni												
Asta	PROF.	Numero	qd	Asta	PROF.	Numero	qd	Asta	PROF.	Numero	qd	Caratteristiche strumentali <i>Peso Maglio (kg)</i> 63,5 <i>Volata (cm)</i> 75 <i>Aste (Kg al m)</i> 6,2 <i>Area della punta (cmq)</i> 20 <i>Peso incudine</i> 0,5 <i>Avanzamento (cm)</i> 20 <i>Angolo punta</i> 90°
n°	m.	colpi	kgf/cmq	n°	m.	colpi	kgf/cmq	n°	m.	colpi	kgf/cmq	
1	0,2	0,5	5,38	6	5,2			11	10,2			
1	0,4	19	204,63	6	5,4			11	10,4			
2	0,6	40	395,84	7	5,6			12	10,6			
2	0,8			7	5,8			12	10,8			
2	1			7	6			12	11			
2	1,2			7	6,2			12	11,2			
2	1,4			7	6,4			12	11,4			
3	1,6			8	6,6			13	11,6			
3	1,8			8	6,8			13	11,8			
3	2			8	7			13	12			
3	2,2			8	7,2			13	12,2			
3	2,4			8	7,4			13	12,4			
4	2,6			9	7,6			14	12,6			
4	2,8			9	7,8			14	12,8			
4	3			9	8			14	13			
4	3,2			9	8,2			14	13,2			
4	3,4			9	8,4			14	13,4			
5	3,6			10	8,6			15	13,6			
5	3,8			10	8,8			15	13,8			
5	4			10	9			15	14			
5	4,2			10	9,2			15	14,2			
5	4,4			10	9,4			15	14,4			
6	4,6			11	9,6			16	14,6			
6	4,8			11	9,8			16	14,8			
6	5			11	10			16	15			

Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

1

COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman

CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)

ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

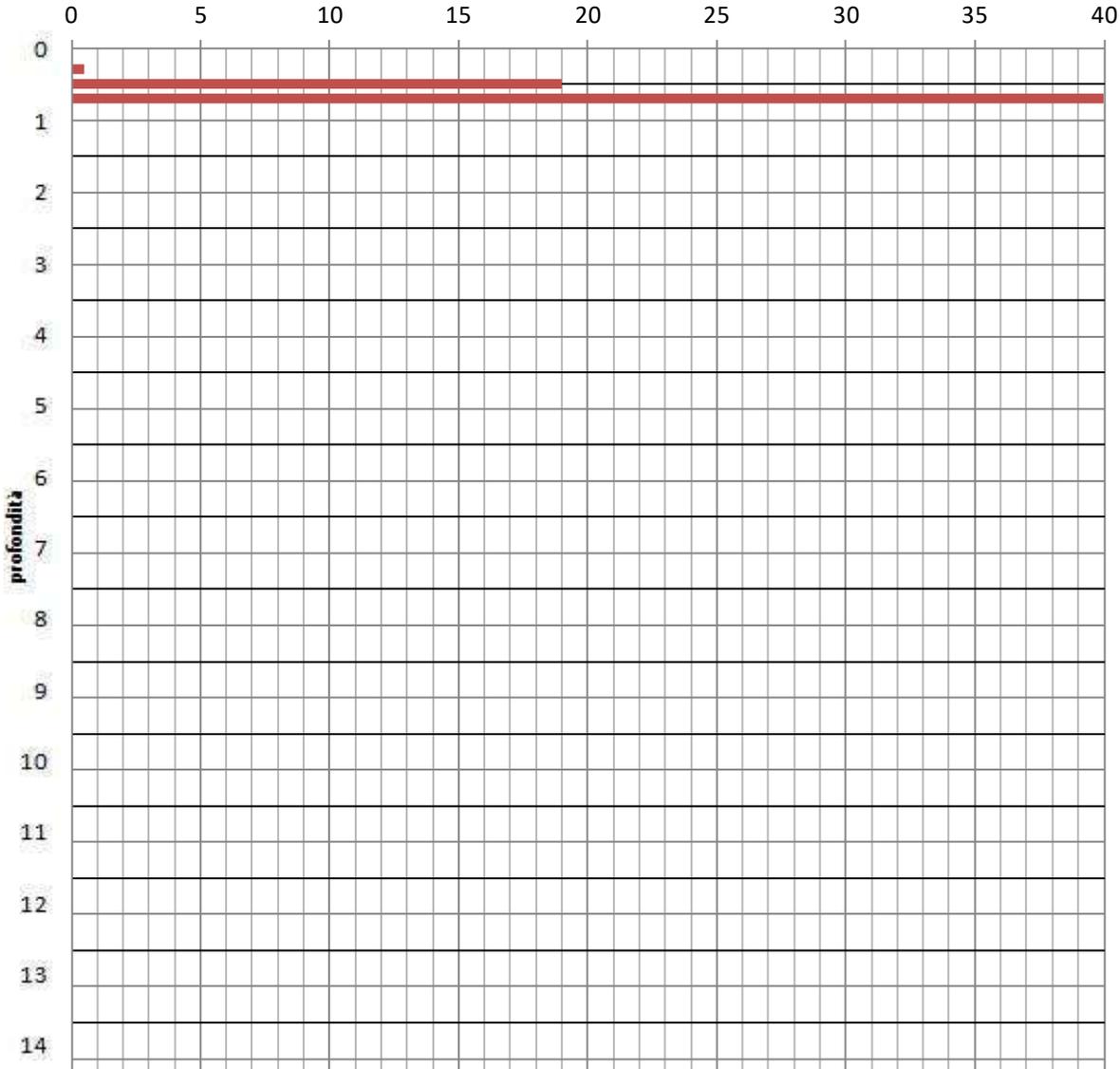
Data: 15/01/2025

OPERATORE: Dott. P. Beretti

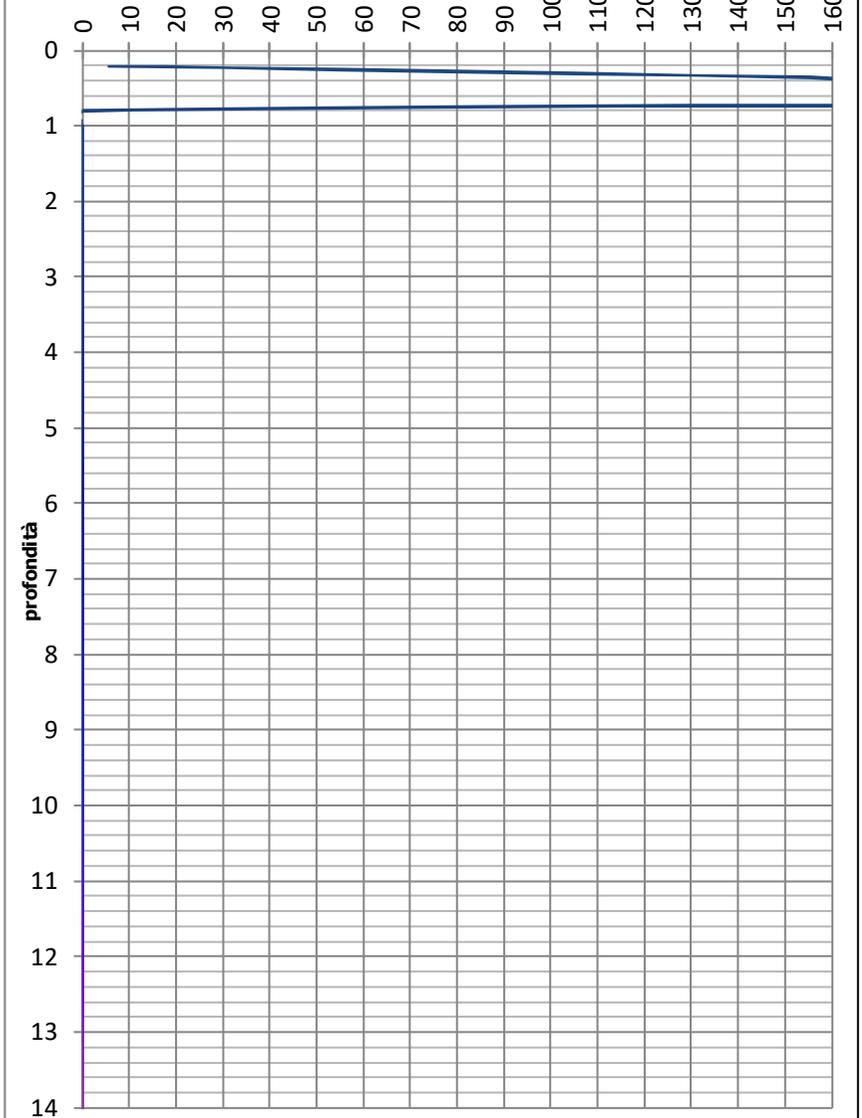
Quota: p.c.

Profondità falda: Foro vuoto

N° colpi per approfondimento di 20 cm



qd (kgf/cm²)



Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE) Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667				Prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH 1bis				COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman					
								CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)					
				ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 15/01/2025					
				OPERATORE: Dott. P. Beretti				Quota: p.c.		Profondità falda:		Foro vuoto	
Letture di campagna e elaborazioni													
Asta	PROF.	Numero	qd	Asta	PROF.	Numero	qd	Asta	PROF.	Numero	qd	Caratteristiche strumentali <i>Peso Maglio (kg)</i> 63,5 <i>Volata (cm)</i> 75 <i>Aste (Kg al m)</i> 6,2 <i>Area della punta (cmq)</i> 20 <i>Peso incudine</i> 0,5 <i>Avanzamento (cm)</i> 20 <i>Angolo punta</i> 90°	
n°	m.	colpi	kgf/cmq	n°	m.	colpi	kgf/cmq	n°	m.	colpi	kgf/cmq		
1	0,2	1	10,77	6	5,2			11	10,2				
1	0,4	0,2	2,15	6	5,4			11	10,4				
2	0,6	10	98,96	7	5,6			12	10,6				
2	0,8	40	395,84	7	5,8			12	10,8				
2	1			7	6			12	11				
2	1,2			7	6,2			12	11,2				
2	1,4			7	6,4			12	11,4				
3	1,6			8	6,6			13	11,6				
3	1,8			8	6,8			13	11,8				
3	2			8	7			13	12				
3	2,2			8	7,2			13	12,2				
3	2,4			8	7,4			13	12,4				
4	2,6			9	7,6			14	12,6				
4	2,8			9	7,8			14	12,8				
4	3			9	8			14	13				
4	3,2			9	8,2			14	13,2				
4	3,4			9	8,4			14	13,4				
5	3,6			10	8,6			15	13,6				
5	3,8			10	8,8			15	13,8				
5	4			10	9			15	14				
5	4,2			10	9,2			15	14,2				
5	4,4			10	9,4			15	14,4				
6	4,6			11	9,6			16	14,6				
6	4,8			11	9,8			16	14,8				
6	5			11	10			16	15				

Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

1bis

COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman

CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)

ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

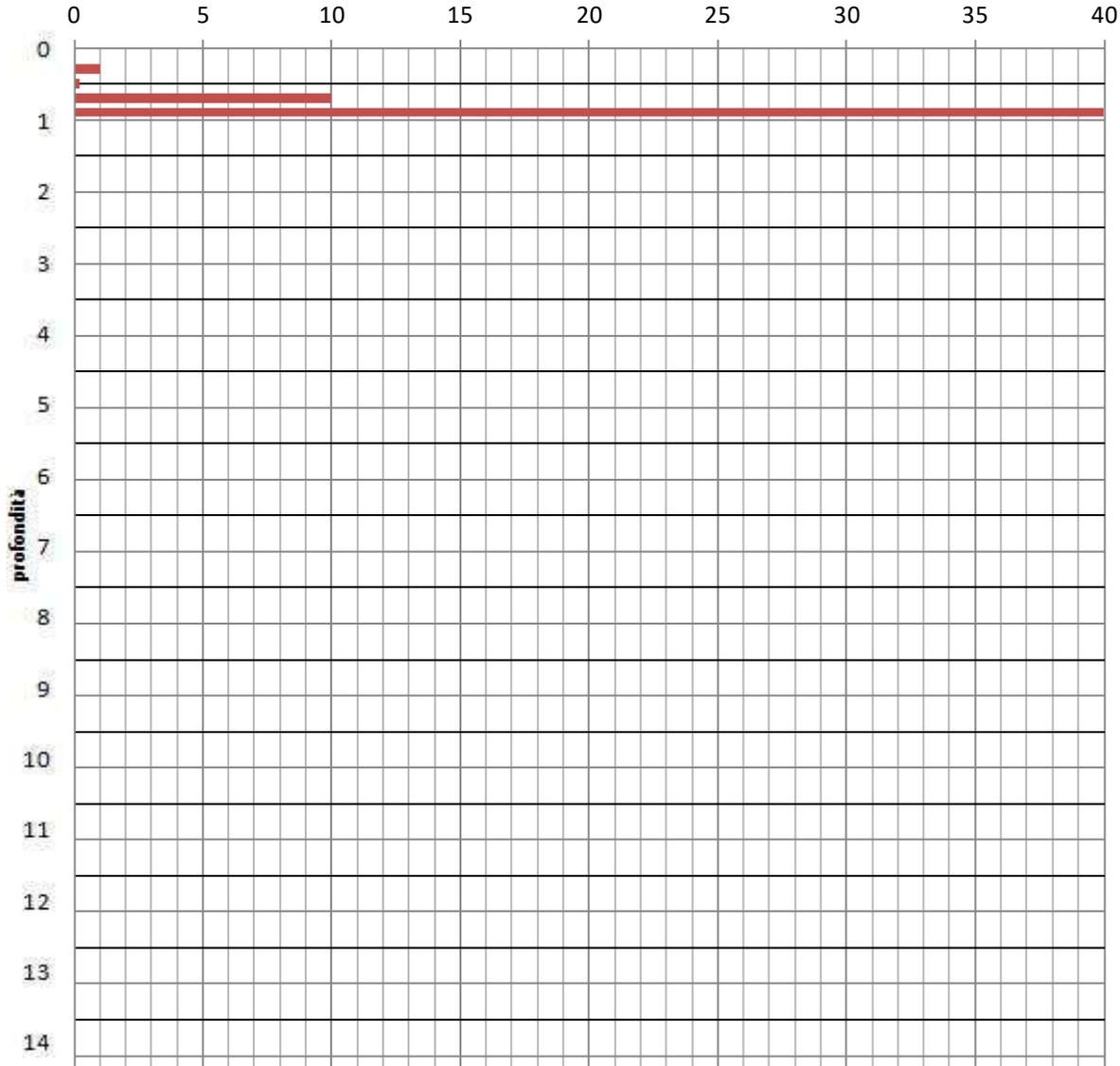
Data: 15/01/2025

OPERATORE: Dott. P. Beretti

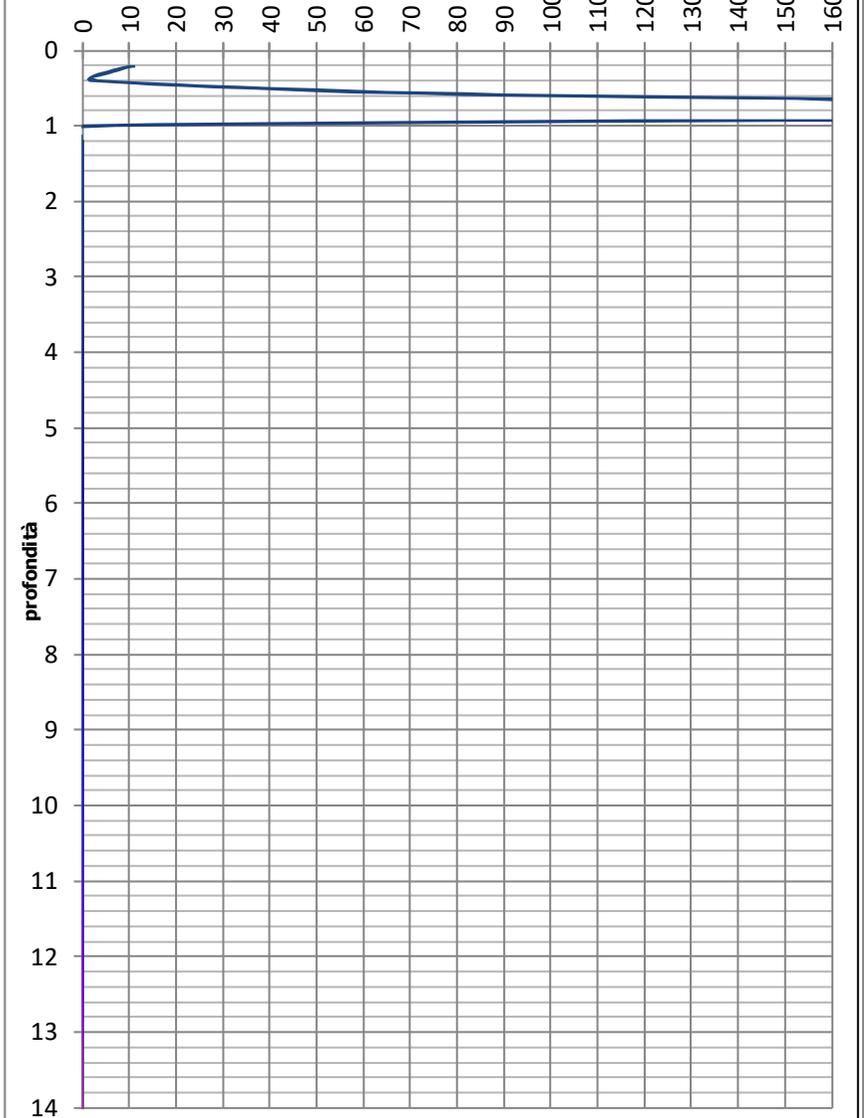
Quota: p.c.

Profondità falda: Foro vuoto

N° colpi per approfondimento di 20 cm



qd (kgf/cm²)



Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE) Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667				Prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH 1ter				COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman				
								CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)				
				ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 15/01/2025				
				OPERATORE: Dott. P. Beretti		Quota: p.c.		Profondità falda:		Foro vuoto		
Letture di campagna e elaborazioni												
Asta	PROF.	Numero	qd	Asta	PROF.	Numero	qd	Asta	PROF.	Numero	qd	Caratteristiche strumentali <i>Peso Maglio (kg)</i> 63,5 <i>Volata (cm)</i> 75 <i>Aste (Kg al m)</i> 6,2 <i>Area della punta (cmq)</i> 20 <i>Peso incudine</i> 0,5 <i>Avanzamento (cm)</i> 20 <i>Angolo punta</i> 90°
n°	m.	colpi	kgf/cmq	n°	m.	colpi	kgf/cmq	n°	m.	colpi	kgf/cmq	
1	0,2			6	5,2			11	10,2			
1	0,4	1	10,77	6	5,4			11	10,4			
2	0,6	28	277,09	7	5,6			12	10,6			
2	0,8	21	207,81	7	5,8			12	10,8			
2	1	32	316,67	7	6			12	11			
2	1,2	40	395,84	7	6,2			12	11,2			
2	1,4			7	6,4			12	11,4			
3	1,6			8	6,6			13	11,6			
3	1,8			8	6,8			13	11,8			
3	2			8	7			13	12			
3	2,2			8	7,2			13	12,2			
3	2,4			8	7,4			13	12,4			
4	2,6			9	7,6			14	12,6			
4	2,8			9	7,8			14	12,8			
4	3			9	8			14	13			
4	3,2			9	8,2			14	13,2			
4	3,4			9	8,4			14	13,4			
5	3,6			10	8,6			15	13,6			
5	3,8			10	8,8			15	13,8			
5	4			10	9			15	14			
5	4,2			10	9,2			15	14,2			
5	4,4			10	9,4			15	14,4			
6	4,6			11	9,6			16	14,6			
6	4,8			11	9,8			16	14,8			
6	5			11	10			16	15			

Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

1ter

COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman

CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)

ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

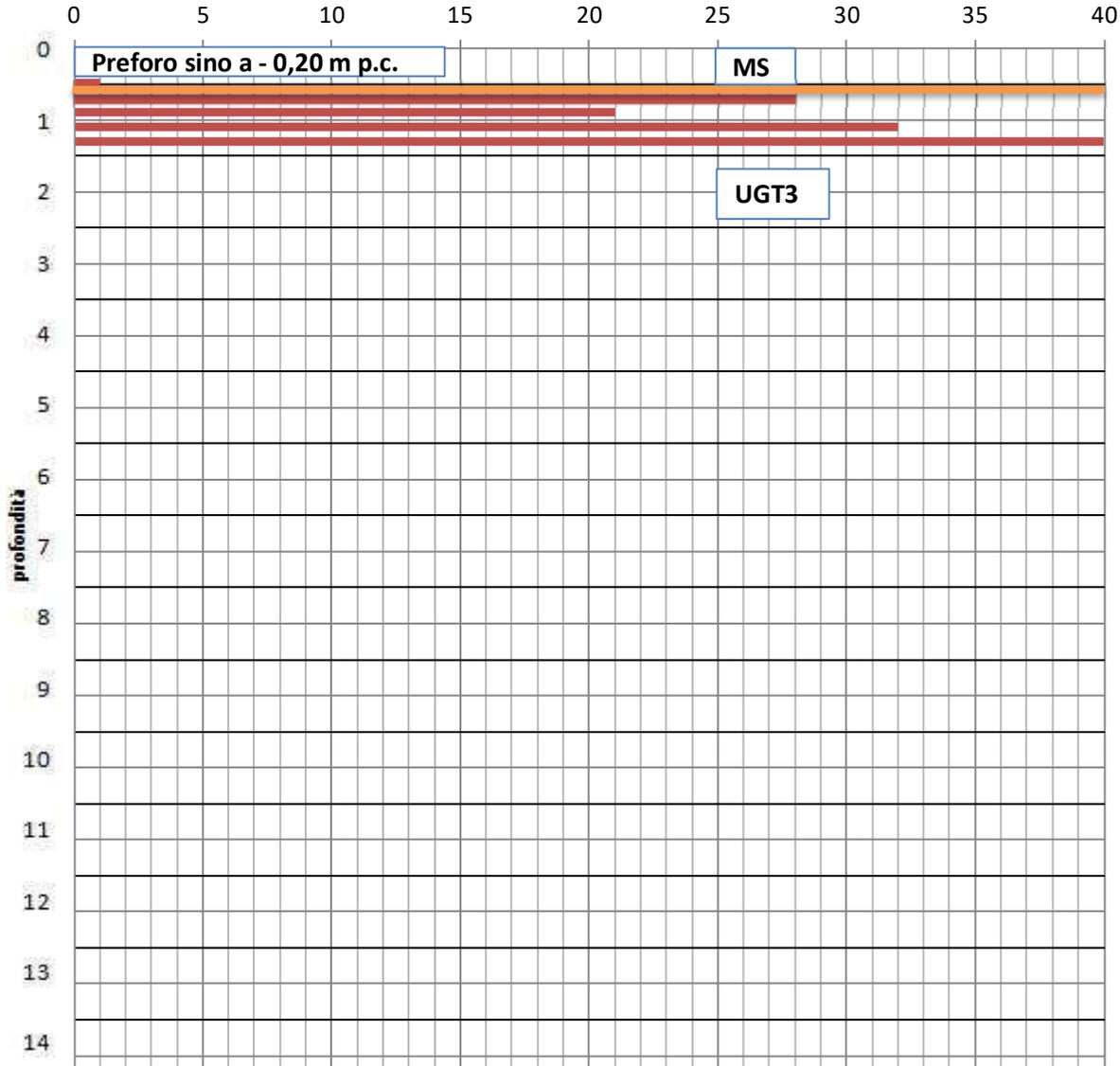
Data: 15/01/2025

OPERATORE: Dott. P. Beretti

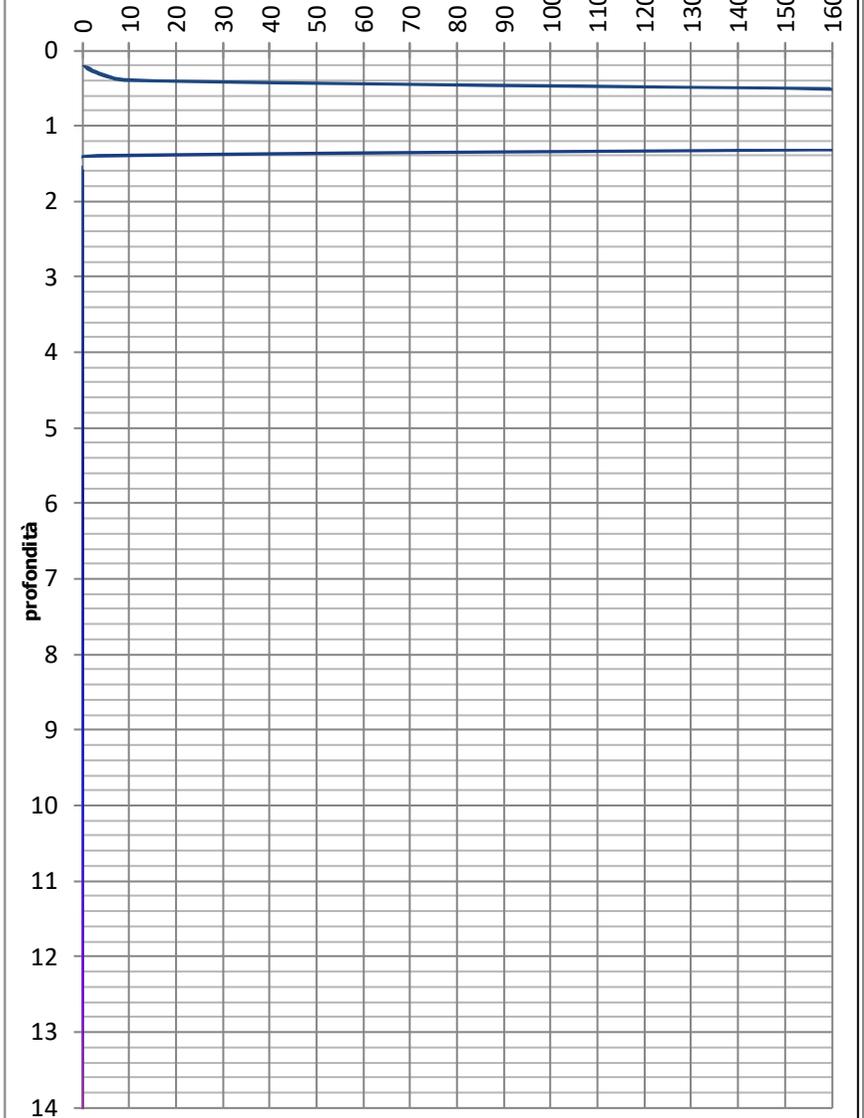
Quota: p.c.

Profondità falda: Foro vuoto

N° colpi per approfondimento di 20 cm



qd (kgf/cm²)



Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

2

COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman

CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)

ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

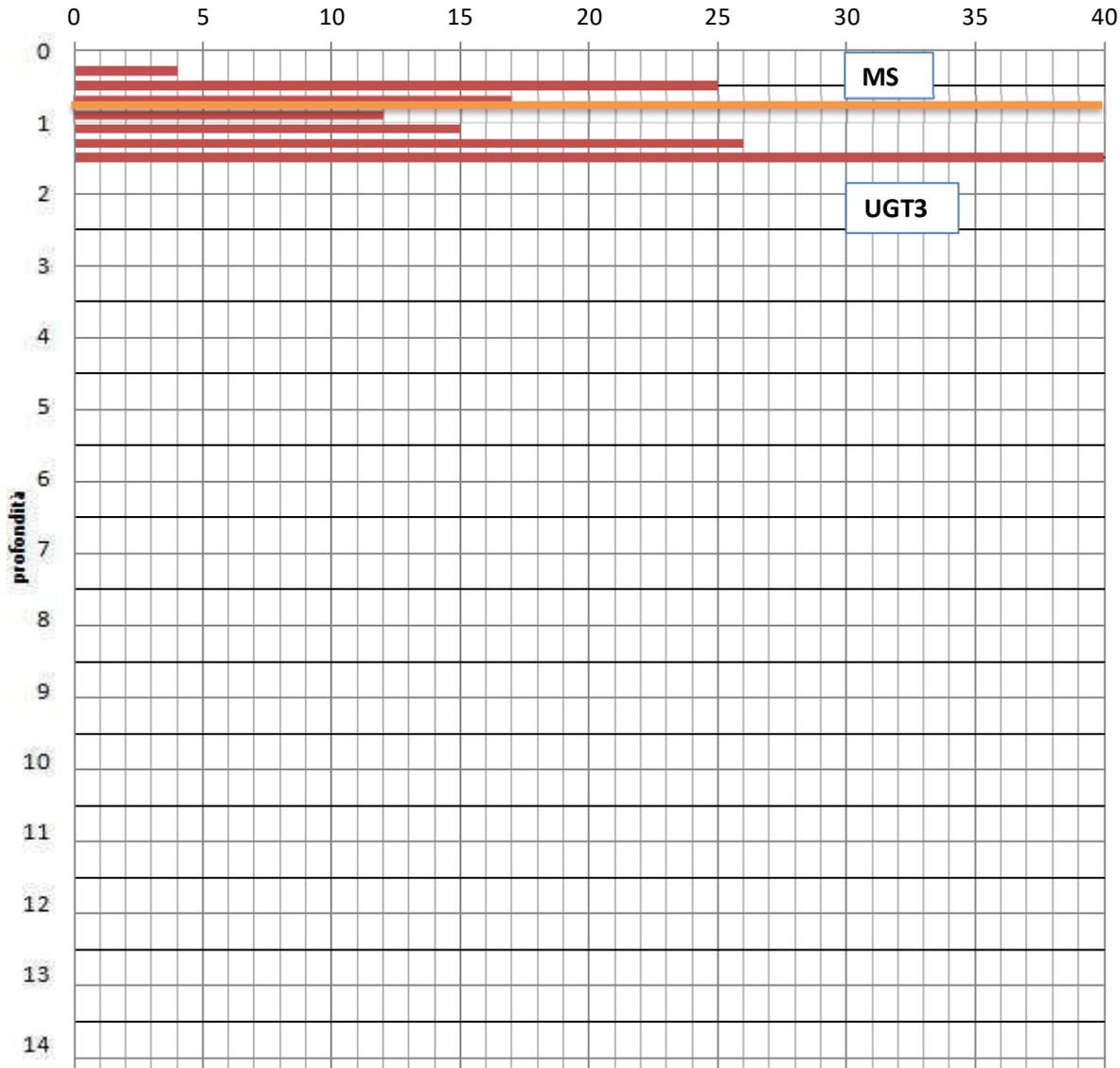
Data: 15/01/2025

OPERATORE: Dott. P. Beretti

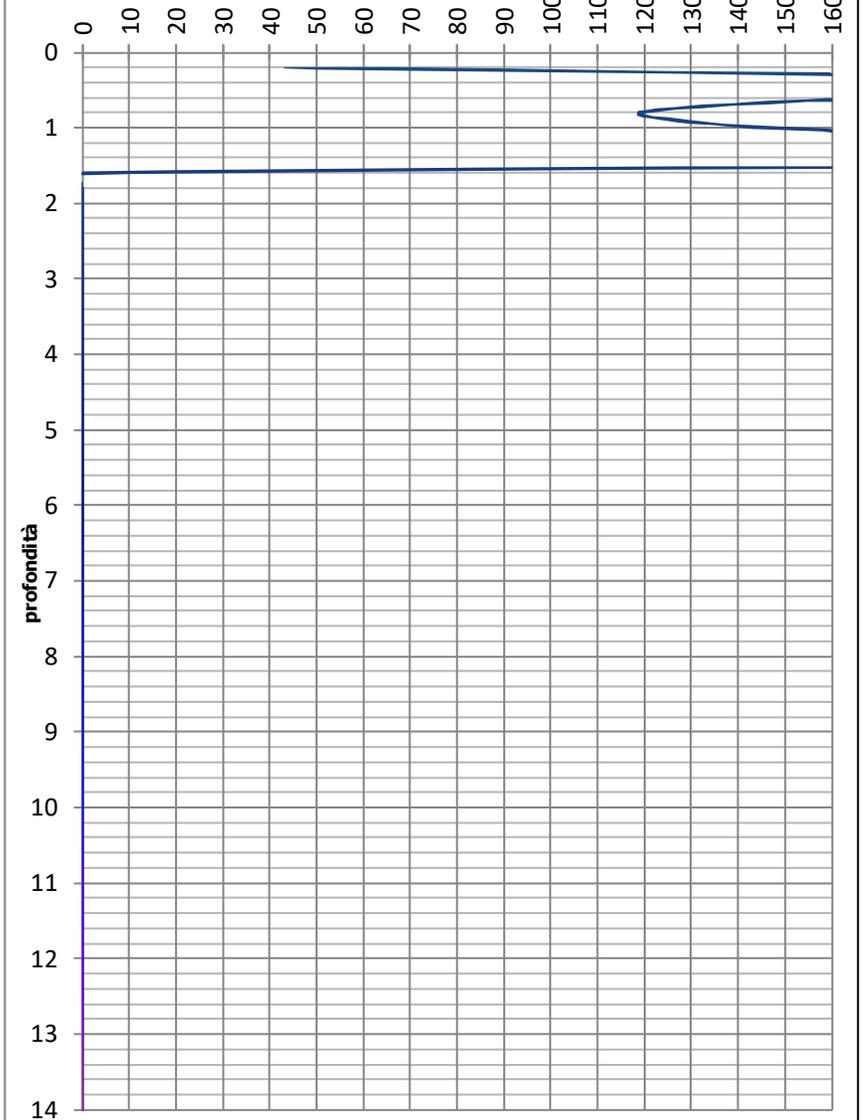
Quota: p.c.

Profondità falda: Foro vuoto

N° colpi per approfondimento di 20 cm



qd (kgf/cm²)



Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE) Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667				Prova penetrometrica dinamica super pesante				COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman					
				DPSH				3				CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)	
				ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 27/01/2025					
				OPERATORE: Dott. P. Beretti				Quota: p.c.		Profondità falda:		- 3,55 m p.c.	
Letture di campagna e elaborazioni													
Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Asta n°	PROF. m.	Numero colpi	qd kgf/cmq	Caratteristiche strumentali <i>Peso Maglio (kg)</i> 63,5 <i>Volata (cm)</i> 75 <i>Aste (Kg al m)</i> 6,2 <i>Area della punta (cmq)</i> 20 <i>Peso incudine</i> 0,5 <i>Avanzamento (cm)</i> 20 <i>Angolo punta</i> 90°	
1	0,2	0,5	5,38	6	5,2			11	10,2				
1	0,4	1,5	16,15	6	5,4			11	10,4				
2	0,6	2,5	24,74	7	5,6			12	10,6				
2	0,8	2	19,79	7	5,8			12	10,8				
2	1	2	19,79	7	6			12	11				
2	1,2	2,5	24,74	7	6,2			12	11,2				
2	1,4	2,5	24,74	7	6,4			12	11,4				
3	1,6	2	18,31	8	6,6			13	11,6				
3	1,8	1,75	16,02	8	6,8			13	11,8				
3	2	1,5	13,73	8	7			13	12				
3	2,2	1,25	11,44	8	7,2			13	12,2				
3	2,4	1,5	13,73	8	7,4			13	12,4				
4	2,6	2	17,03	9	7,6			14	12,6				
4	2,8	1,25	10,64	9	7,8			14	12,8				
4	3	2,75	23,41	9	8			14	13				
4	3,2	4	34,06	9	8,2			14	13,2				
4	3,4	3	25,54	9	8,4			14	13,4				
5	3,6	2	15,92	10	8,6			15	13,6				
5	3,8	2	15,92	10	8,8			15	13,8				
5	4	9	71,63	10	9			15	14				
5	4,2	35	278,54	10	9,2			15	14,2				
5	4,4	50	397,92	10	9,4			15	14,4				
6	4,6			11	9,6			16	14,6				
6	4,8			11	9,8			16	14,8				
6	5			11	10			16	15				

Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

3

COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman

CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)

ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

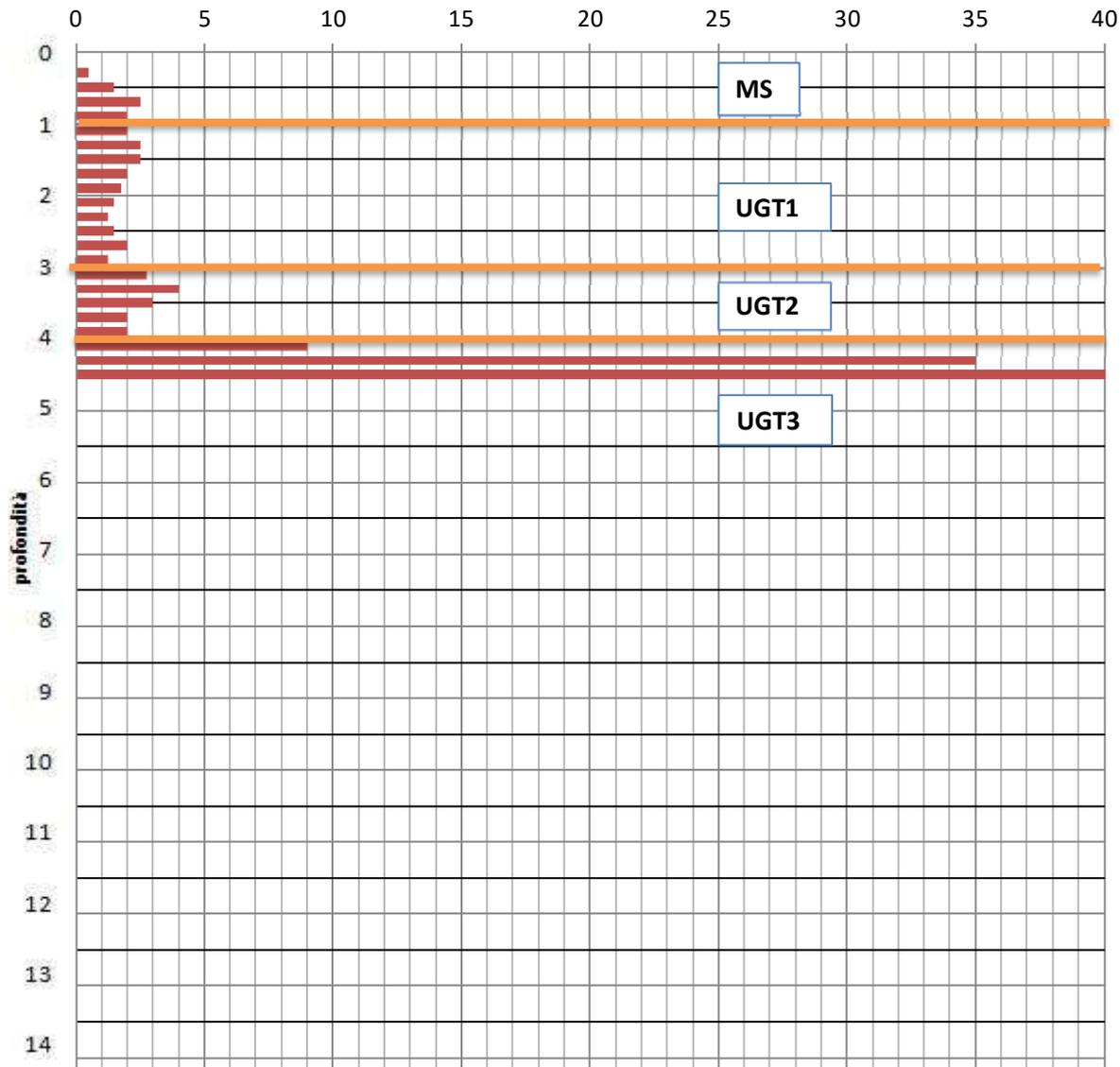
Data: 27/01/2025

OPERATORE: Dott. P. Beretti

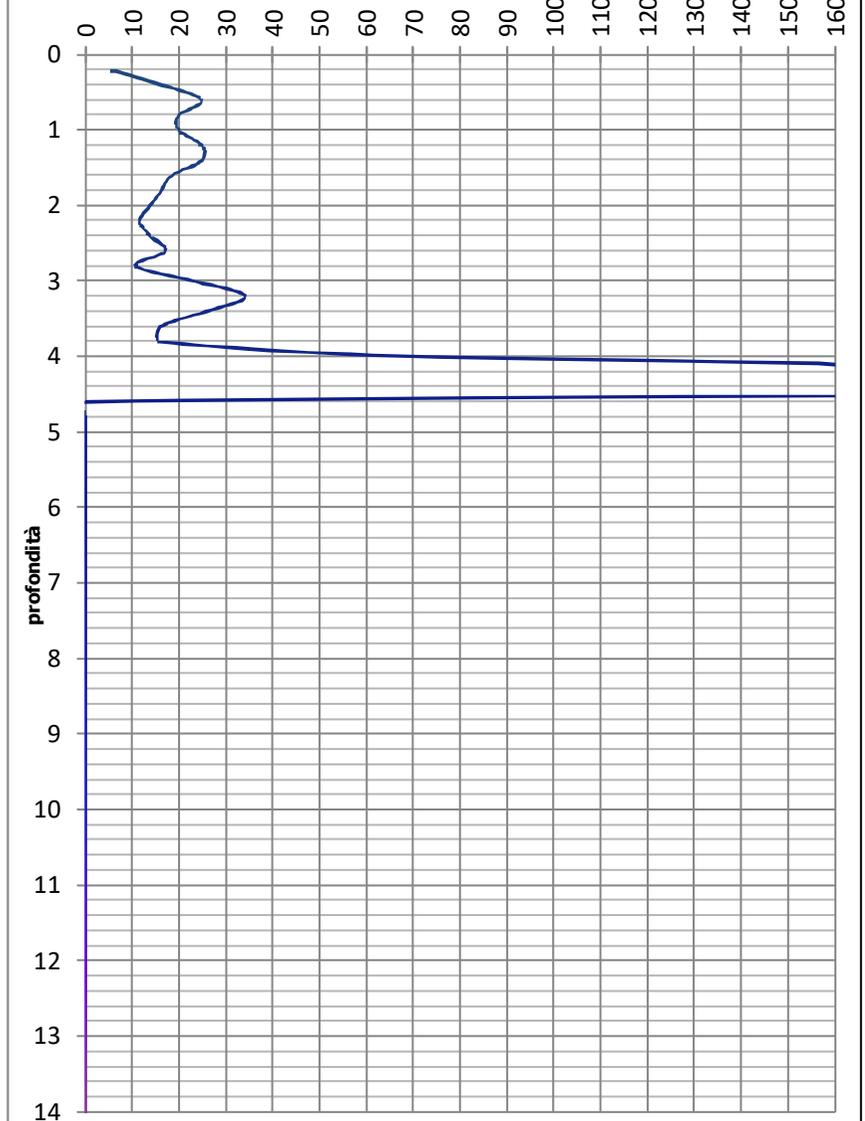
Quota: p.c.

Profondità falda: - 3,55 m p.c.

N° colpi per approfondimento di 20 cm



qd (kgf/cm²)



Dott. Geol. Paolo Beretti <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE) Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667				Prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH 4				COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman					
								CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)					
				ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 27/01/2025					
				OPERATORE: Dott. P. Beretti				Quota: p.c.		Profondità falda:		Non rilevabile	
Letture di campagna e elaborazioni													
Asta	PROF.	Numero	qd	Asta	PROF.	Numero	qd	Asta	PROF.	Numero	qd	Caratteristiche strumentali <i>Peso Maglio (kg)</i> 63,5 <i>Volata (cm)</i> 75 <i>Aste (Kg al m)</i> 6,2 <i>Area della punta (cmq)</i> 20 <i>Peso incudine</i> 0,5 <i>Avanzamento (cm)</i> 20 <i>Angolo punta</i> 90°	
n°	m.	colpi	kgf/cmq	n°	m.	colpi	kgf/cmq	n°	m.	colpi	kgf/cmq		
1	0,2	0,2	2,15	6	5,2			11	10,2				
1	0,4	0,2	2,15	6	5,4			11	10,4				
2	0,6	1	9,90	7	5,6			12	10,6				
2	0,8	3,5	34,64	7	5,8			12	10,8				
2	1	6,5	64,32	7	6			12	11				
2	1,2	30	296,88	7	6,2			12	11,2				
2	1,4	50	494,80	7	6,4			12	11,4				
3	1,6			8	6,6			13	11,6				
3	1,8			8	6,8			13	11,8				
3	2			8	7			13	12				
3	2,2			8	7,2			13	12,2				
3	2,4			8	7,4			13	12,4				
4	2,6			9	7,6			14	12,6				
4	2,8			9	7,8			14	12,8				
4	3			9	8			14	13				
4	3,2			9	8,2			14	13,2				
4	3,4			9	8,4			14	13,4				
5	3,6			10	8,6			15	13,6				
5	3,8			10	8,8			15	13,8				
5	4			10	9			15	14				
5	4,2			10	9,2			15	14,2				
5	4,4			10	9,4			15	14,4				
6	4,6			11	9,6			16	14,6				
6	4,8			11	9,8			16	14,8				
6	5			11	10			16	15				

Dott. Geol. Paolo Beretti

Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali

Sede: Via De Gasperi 2/1, Quattro Castella (RE)

Tel 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell 348 6902667

Prova penetrometrica dinamica super pesante

DPSH

4

COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman

CANTIERE: S.P. 57 km 2+450, Vetto (RE)

ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

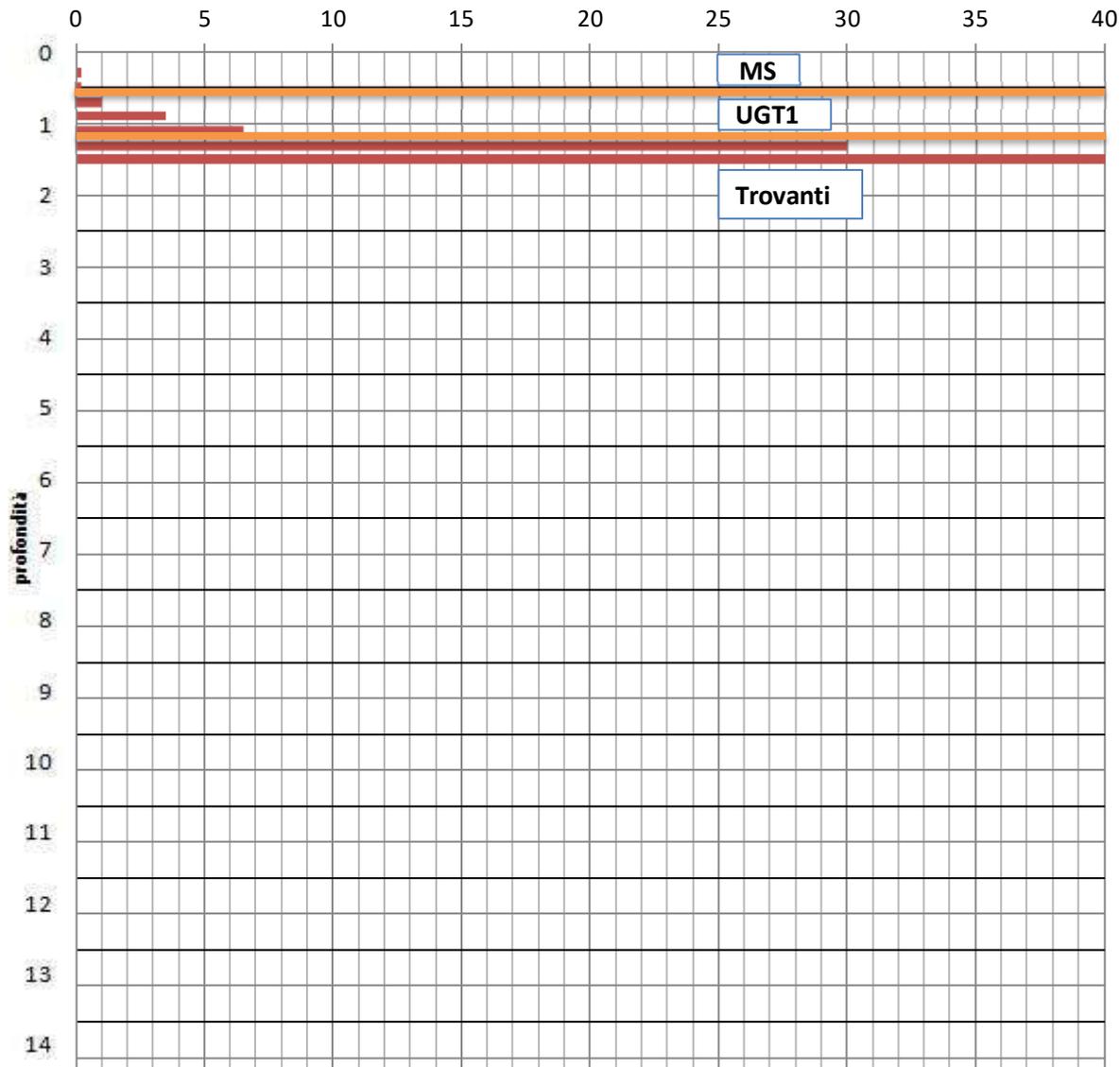
Data: 27/01/2025

OPERATORE: Dott. P. Beretti

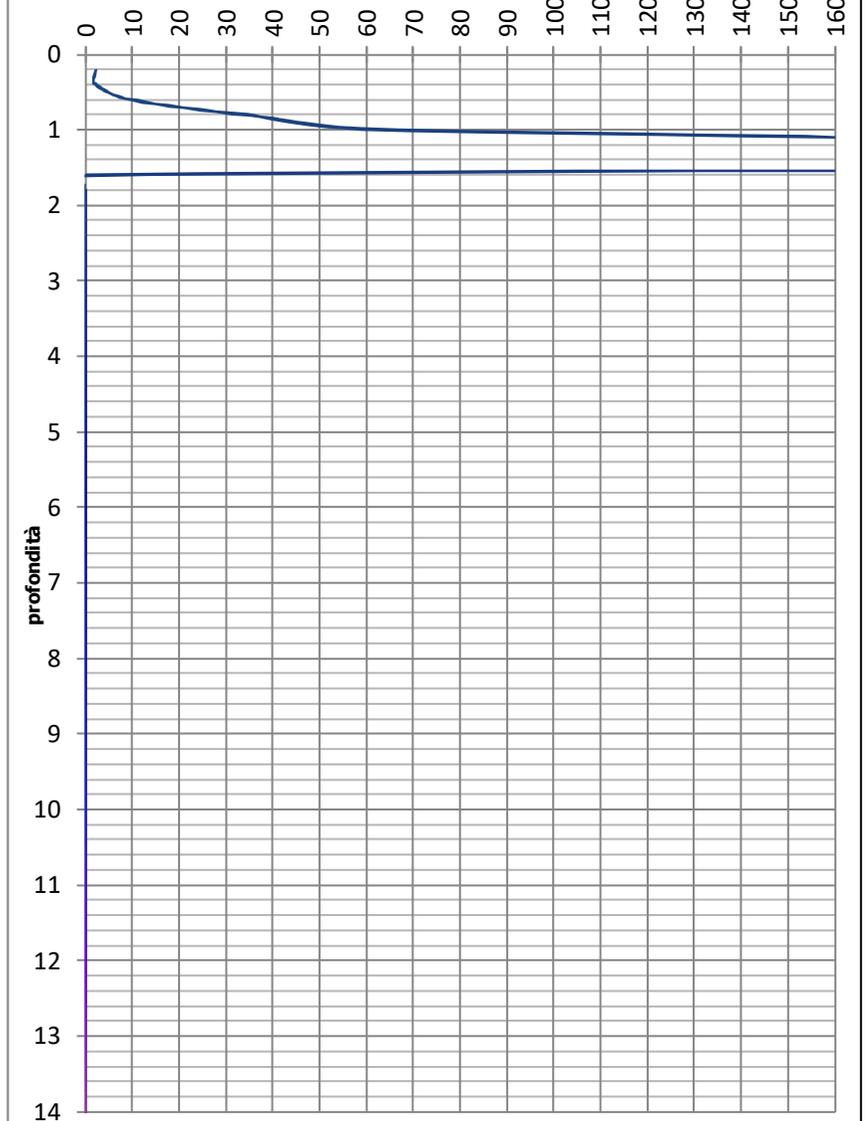
Quota: p.c.

Profondità falda: Non rilevabile

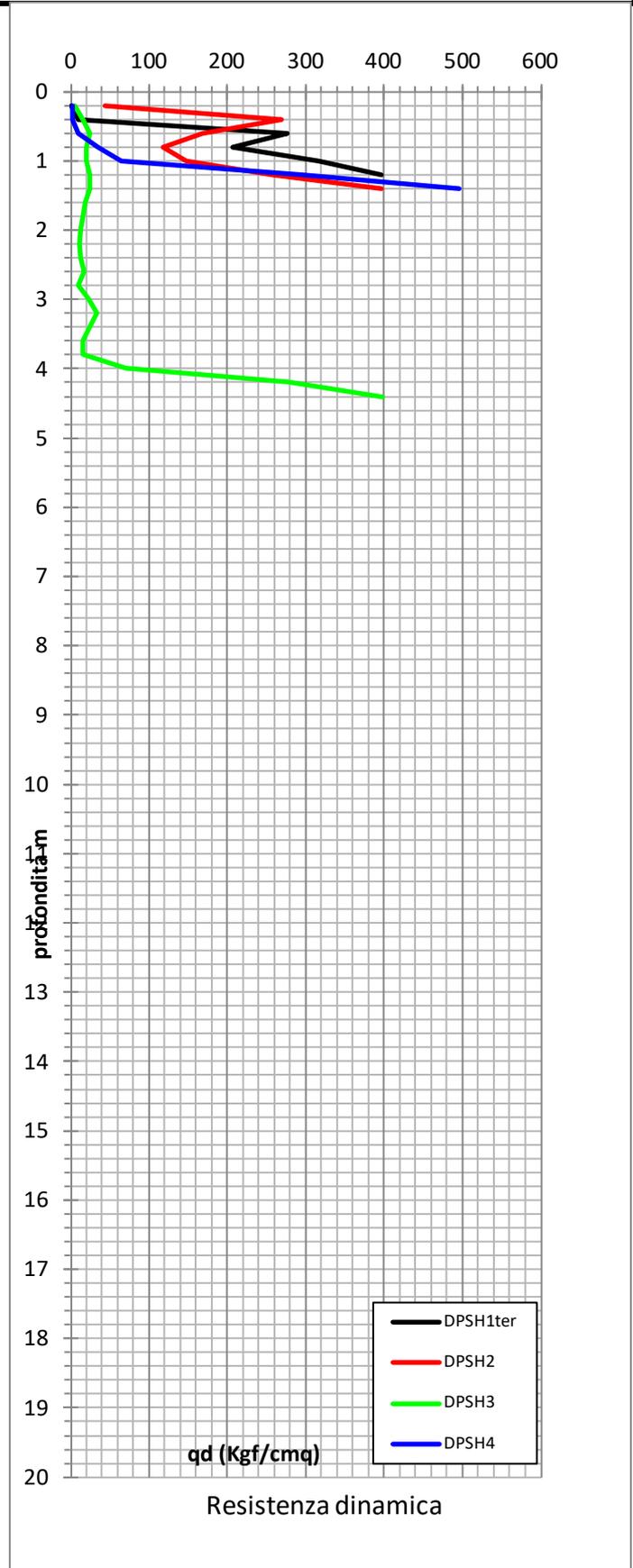
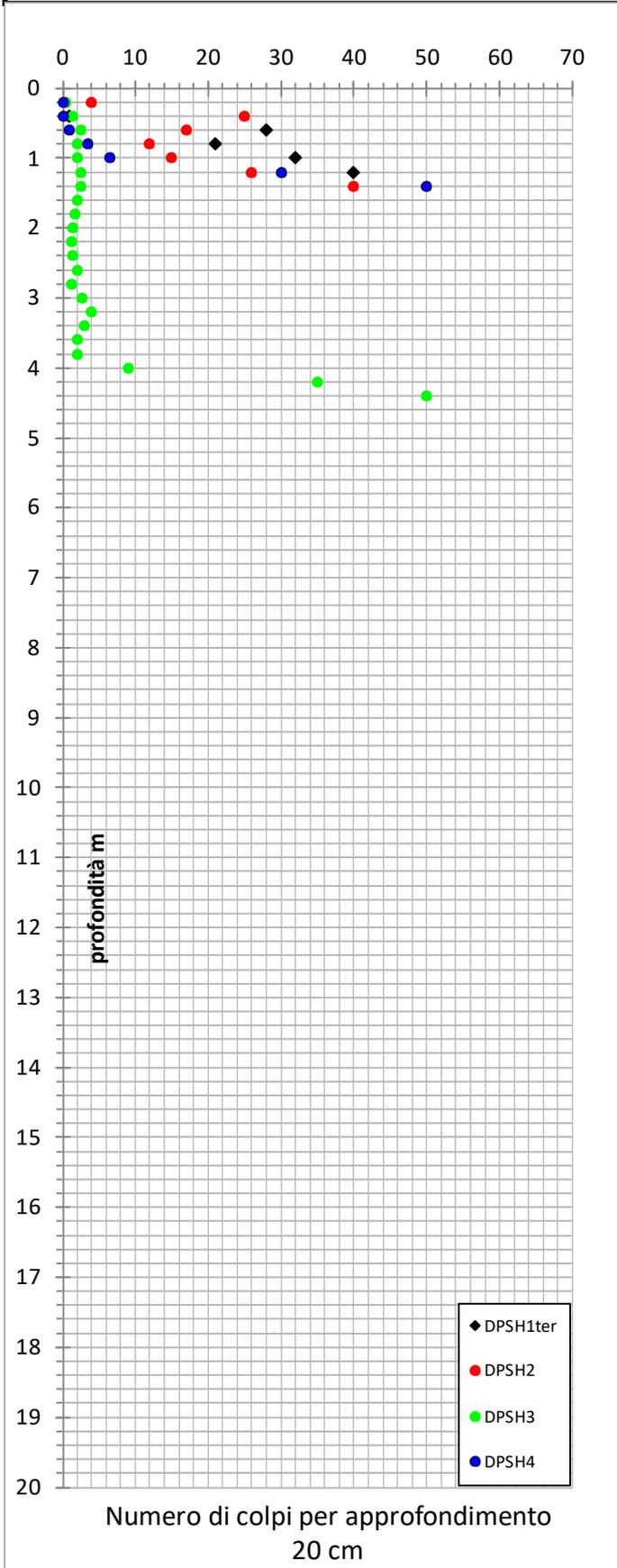
N° colpi per approfondimento di 20 cm



qd (kgf/cm²)



Analisi statistica dati penetrometrici - Dinamiche super pesanti DPSH



N20 (kgf/cm²)				
	MS	UGT1	UGT2	UGT3
campioni	10	12	5	11
Minimo	0,20	1,00	2,00	9,00
Massimo	25,00	3,50	4,00	50,00
Media	5,39	1,90	2,75	28,00
Moda	0,20	2,00	2,00	40,00
Mediana	1,75	1,88	2,75	28,00
Dev. Stand.	8,08	0,67	0,74	12,34
Media tronca	3,59	1,83	2,75	27,67
t student	1,83	1,80	2,13	1,81
N20k	0,45	1,54	2,10	20,93

Sezione A - A'

A1M1R3_d_falda -4,0_E / Verifica sismica

Modello di calcolo : Borselli (2016)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 0.7884
Range Fs : 0.7884 0.7919
Differenza % Range Fs : 0.44
Coefficiente Sismico (rizzontale - Kh: 0.1020
Coefficiente Sismico verticale - Kv: 0.0510

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici - N: 1000
Lunghezza media segmenti (m) : 3.0
Range X inizio generazione : 5.8 - 13.0
Range X termine generazione : 33.0 - 42.0
Livello Y minimo considerato : 0.0

SSAP 5.0 (2020) - Slope Stability Analysis Program

Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 2.0 (2020)

Data : 14/2/2025

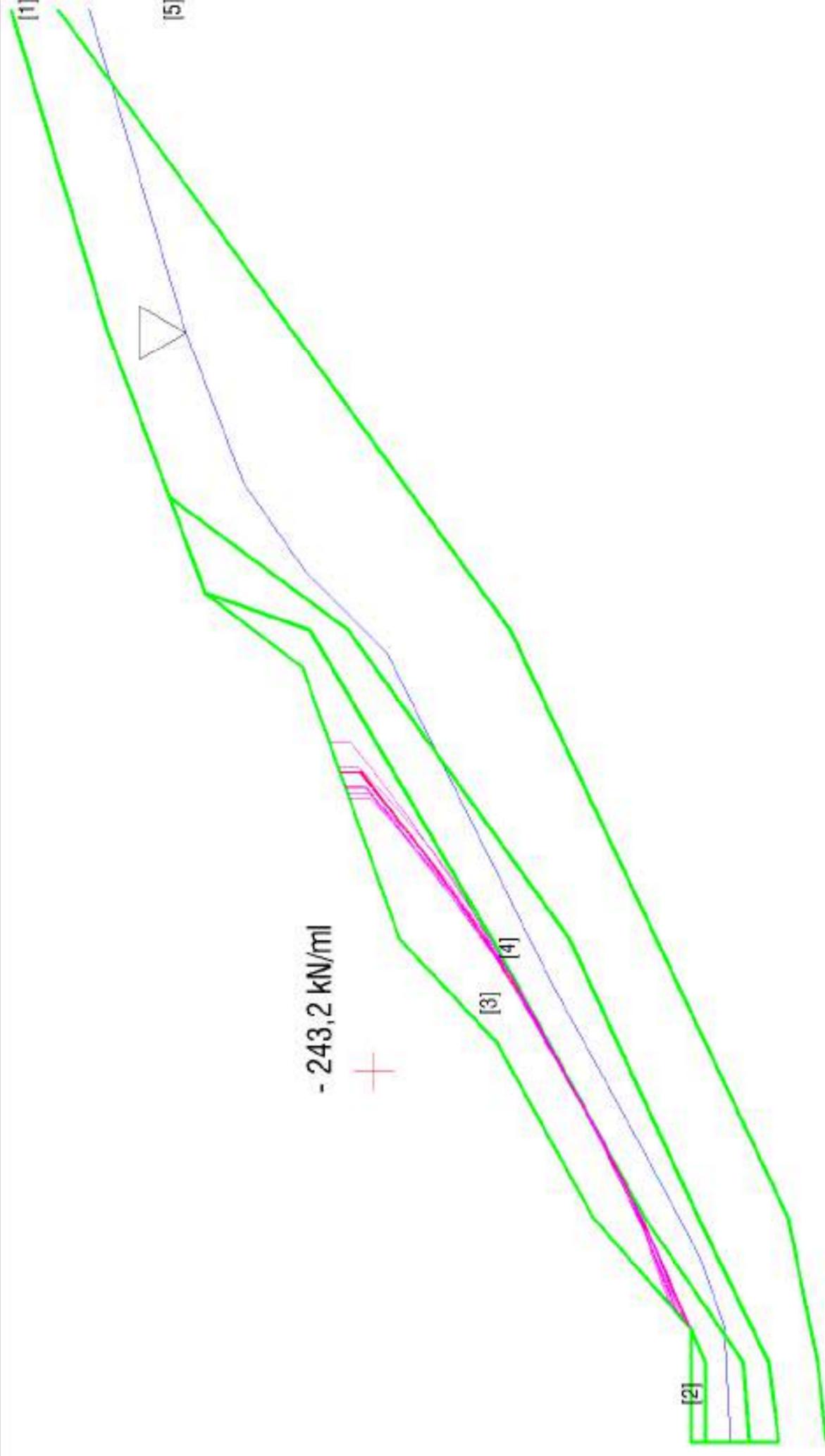
Località : Strada Provinciale 57, km 2+450, Vetto (RE)

Descrizione : Verifiche sismiche con falda a - 4,0 m p.c.

[n] = N. strato o lente

Parametri Geotecnici degli stati

N.	phi deg	C kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	28.00	50.00	0	20.00	20.00	0	0	0	0
2	30.00	10.00	0	20.00	20.00	0	0	0	0
3	21.00	7.00	0	18.50	18.50	0	0	0	0
4	23.00	15.00	0	18.90	18.90	0	0	0	0
5	32.00	100.00	0	24.00	24.00	0	0	0	0



RAPPORTO FOTOGRAFICO

Prove penetrometriche



DPSH1 e 1bis



DPSH1ter



DPSH2



DPSH3



DPSH4

Prove geofisiche



HVSr1



HVSR2



HVSR3



HVSR4



REMI-MASW