



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, MOBILITÀ SOSTENIBILE E PATRIMONIO

LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DELLA SCARPATA DI MONTE SULLA SP 57 AL KM 1+900 IN COMUNE DI VETTO

PROGETTO ESECUTIVO

6.1a RELAZIONE GEOLOGICA

Dirigente del Servizio Infrastrutture,
Mobilità sostenibile e Patrimonio:

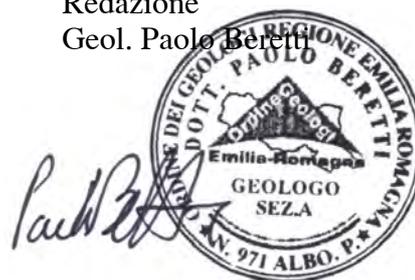
Ing. Valerio Bussei

Responsabile Unico del Progetto:

Ing. Maurizio La macchia

Redazione

Geol. Paolo Beretti



REVISIONE			Redatto		Verificato o Validato	
Revis.	Data Revis.	Descrizione Modifiche	Data	Nome	Data	Nome
All. n°	Data Progetto	N° P.E.G.	Nome File			
B1a	Marzo 2025		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**



**Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza
del Km 1 + 900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)**

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



Revisione	Descrizione	Data	Redazione
0	GG5	Gennaio 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 Castelnovo ne' Monti.....	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
Inquadramento idrologico e idrogeologico del sito	10
Battente idrico sotterraneo rilevato.....	10
Modello geologico	10
Pericolosità idraulica dell'area (d.g.r. 1300/2016)	11
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).....	16
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	18
RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	19
Volume significativo e piano di indagine.....	19
Incertezze interpretative e metodologiche - ricostruzione del modello geologico - geotecnico - sismico.....	19
Successione geotecnica - Analisi geomeccanica dei terreni	20
Opera di contenimento alla base del versante	21
Interventi a corollario dell'opera principale	22
ALLEGATI.....	24

PARTE INTRODUTTIVA

PREMESSA

Nell'ambito delle elaborazioni progettuali relative alle opere di contenimento e mitigazione del rischio caduta massi, da eseguirsi alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE), su commissione dell'Ing. **Giuseppe Herman**, si è effettuata l'indagine geologico, 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 390,0 e 390,3 m s.l.m (*quota del piano stradale*).

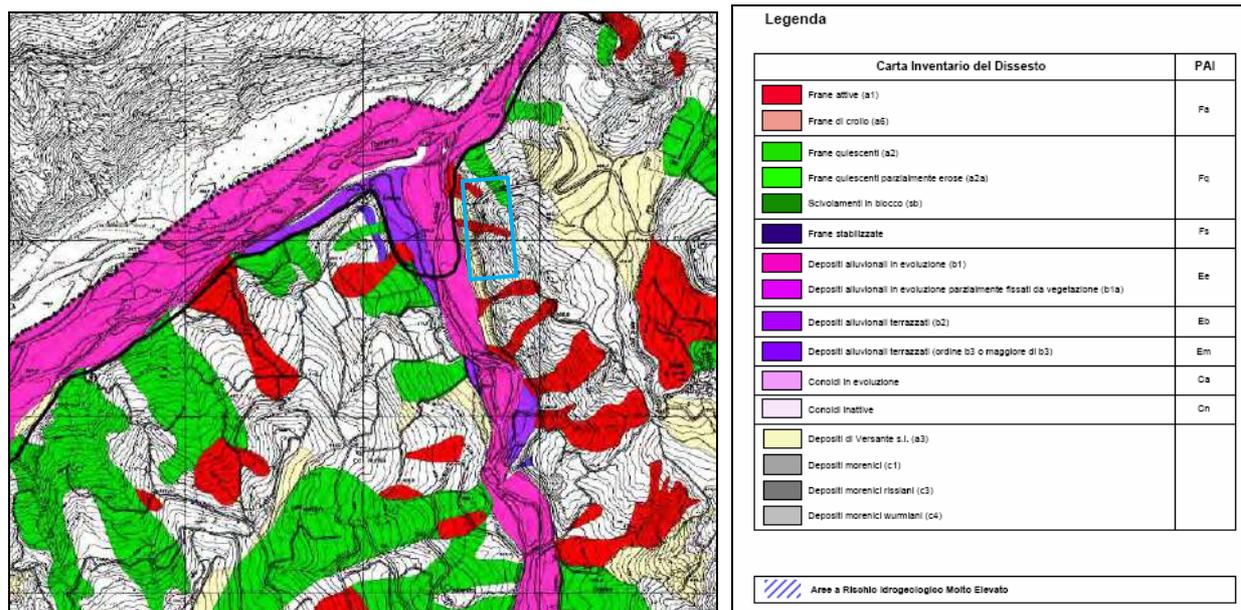
Cartografia di riferimento:

Foglio 1:50000	217	Neviano degli Arduini
Tavola 1:25000	217SE	Ramiseto
Sezione 1:10000	217120	Ranzano
Elemento 1:5000	217121	Costola

PRINCIPALI STRUMENTI CARTOGRAFICI TERRITORIALI

Carta inventario del dissesto – PTCP Provincia di Reggio Emilia

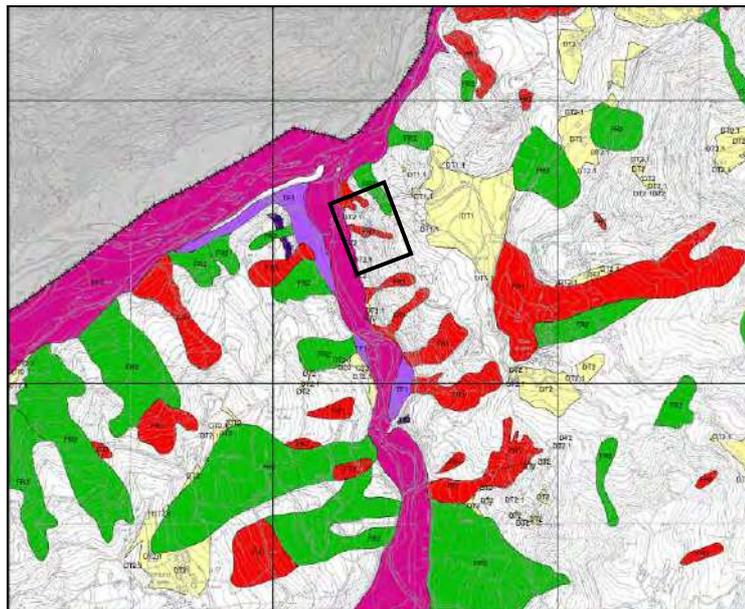
Le perimetrazioni della “*Carta Inventario del dissesto (PAI-PTCP) e degli abitati da consolidare e trasferire (L445/1908), allegato P6 – sez. 217120*”, collocano il sito in analisi in corrispondenza della porzione medio – basale di un versante mediamente acclive, lungo sul quale insistono movimenti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



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

PSC DEL COMUNE DI CASTELNOVO NE' MONTI

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

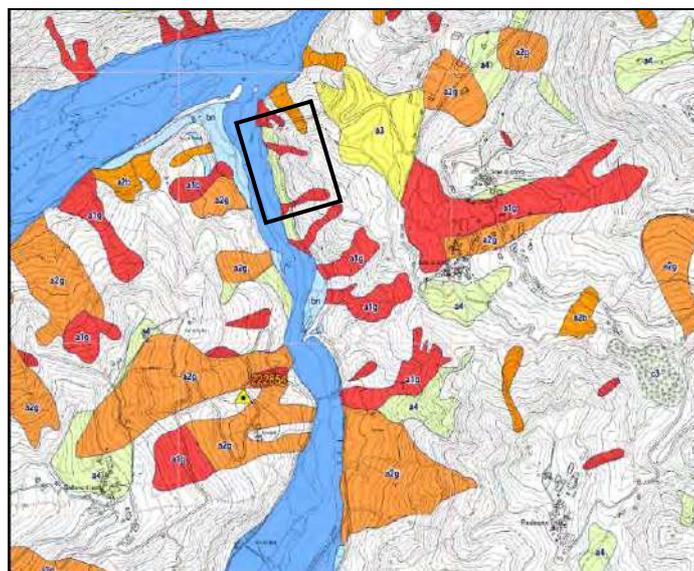


DISSESTO			
AR1	deposito morenico (c1)	AR3	deposito morenico rissiano (c3)
AR4	deposito morenico wurmiano (c3)	CN1	conoide in evoluzione
CN2	conoide inattiva	DE1-4 DT	depositi di versante (a3)
DT4	frana di crollo (a6)	FR1	frana attiva (a1)
FR2	frana quiescente	FR2A	frana quiescente parzialmete erosa (a2a)
FR2S	scivolamento in blocco (sb)	FR3	frana stabilizzata
FF0	deposito alluvionale in evoluzione (b1)	FF0A	deposito alluvionale terrazzato fissato dalla vegetazione (b1a)
TF1	deposito alluvionale terrazzato (b2)	FF0B	deposito alluvionale terrazzato (ordine b3 e maggiore di b3)
TR	travertini	DA	accumulo 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 all'interno del presente documento tecnico.



LEGENDA

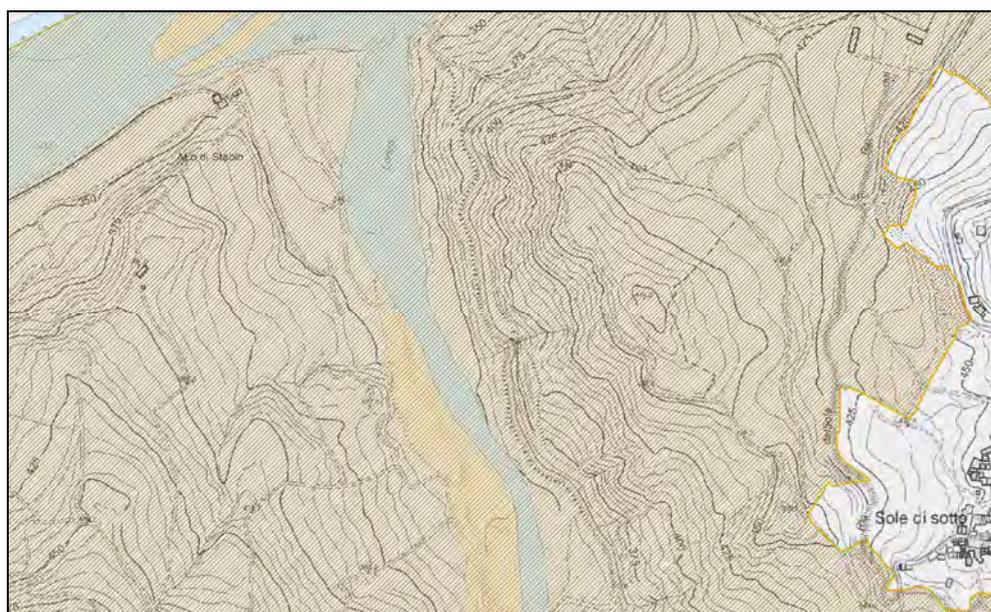
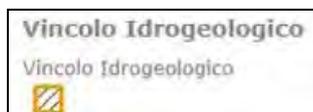
Depositi di frana

- a1 - Deposito di frana attiva di tipo indeterminato
- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
- a1g - Deposito di frana attiva complessa
- a1h - Deposito di frana attiva per scivolamento in blocco o DGPV
- Aree di possibile evoluzione delle frane attive (tipo di operazione S 1.01-PSR)
- a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV

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”.*



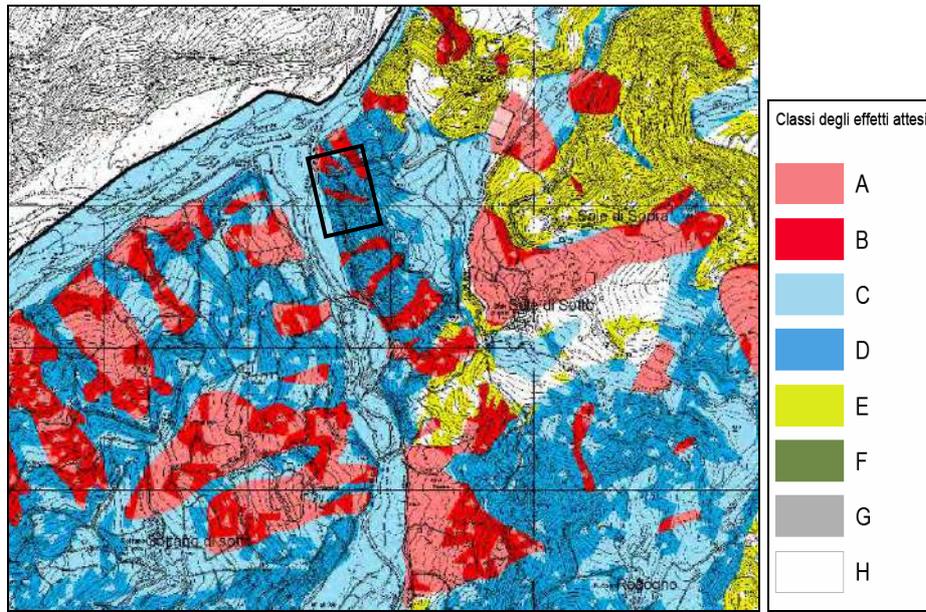
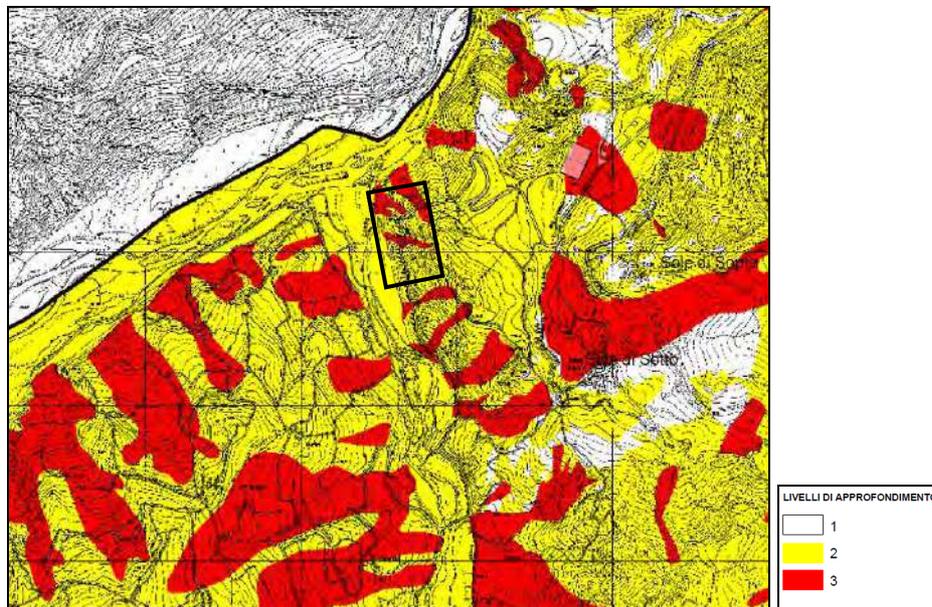
Vincolo Idrogeologico – Servizio Moka della Regione Emilia – Romagna.

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 e III 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. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 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.
- **3 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 1,5 m per una lunghezza totale di indagine pari a 34,5 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. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 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 scivolote 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* (neoalpine): 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. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 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 d'Enza e buona parte del vicino territorio di Castelnovo ne' Monti, 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 torbitica; ambiente di scarpata e di bacino, con intercalazione di frane sottomarine.

Ing. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 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.

L'area è contraddistinta da processi gravitativi a prevalente cinematismo complesso, con una componente principale per crollo. Si tratta, in realtà, di processi relativi al distacco di detriti di falda.

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, la sua assenza sino a quote di rifiuto strumentale.

DPSH1	Foro vuoto
DPSH2	Foro vuoto
DPSH3	Foro vuoto
S1	Battente idrico sotterraneo a – 6,50 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 0,60 e 1,20 m, il primo orizzonte naturale che si riscontra è costituito da argille con limo e limo con argilla, a medio – elevato grado di consistenza (**UGT1**), al cui interno sono presenti inclusi litici. La base di questo orizzonte si pone a profondità comprese tra – 1,20 ÷ – 1,60 m p.c.

La sola verticale DPSH3 e il sondaggio meccanico hanno evidenziato, successivamente, la presenza di detrito eterometrico, costituito da elementi lapidei, immersi in matrice limoso argillosa (**UGT2**), che si protraggono sino a – 2,40 ÷ – 3,00 m p.c.

Localmente, sono riscontrabili orizzonti lenticolari costituiti da limi argillosi talora sabbiosi, decompressi, a basso grado di consistenza (**UGT3**). Questi corpi sono stati riscontrati in corrispondenza della verticale DPSH1 e del sondaggio S1, che ne testimoniano la presenza sino a quote incluse tra – 2,20 e – 3,90 m p.c.

Le sequenze penetrometriche sono state interrotte dalla presenza di alternanze pelitiche e calcarenitiche ad elevato grado di consistenza (**UGT4**), che ne hanno determinato il rifiuto all'avanzamento. Detta sequenza continua sino alla profondità di – 7,30 m p.c., come rilevato dalla perforazione del sondaggio a carotaggio continuo.

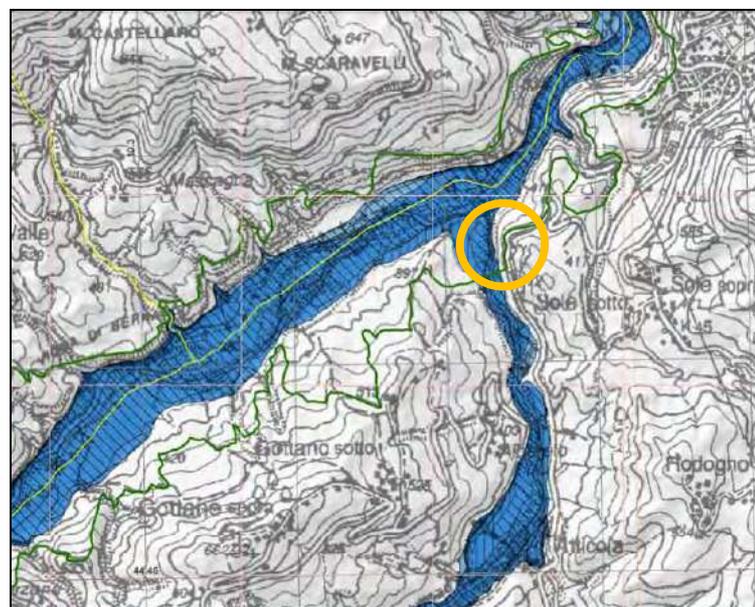
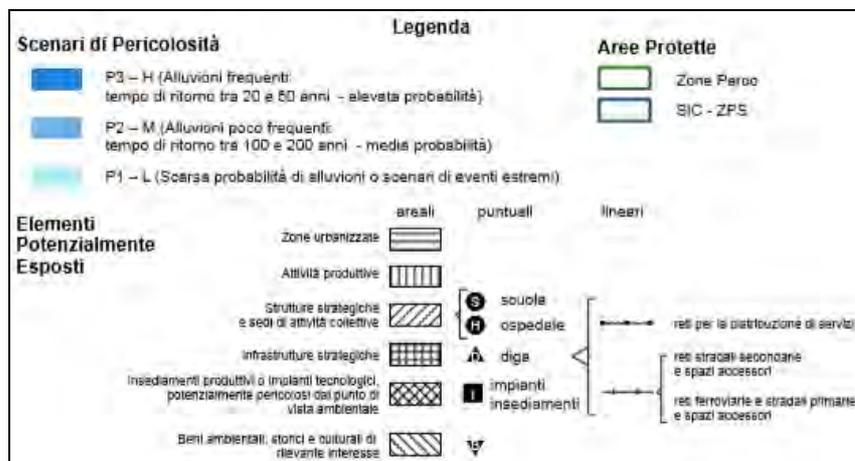
L'analisi delle carote ha evidenziato un livello all'interno dell'unità appena descritta, costituito da calcareniti ad elevata fratturazione, che presenta fratture beanti sia pseudo – verticali, sia pseudo – orizzontali. Questo livello è imputabile ad una linea di drenaggio profonda (“vena”) e, in assenza di acqua, risulta idro – assorbente.

Infine, si evince la presenza di orizzonti calcarenitici a minor grado di fratturazione relativo (**UGT5**), che si protraggono sino a quota di fine sondaggio (– 15,0 m p.c.).

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

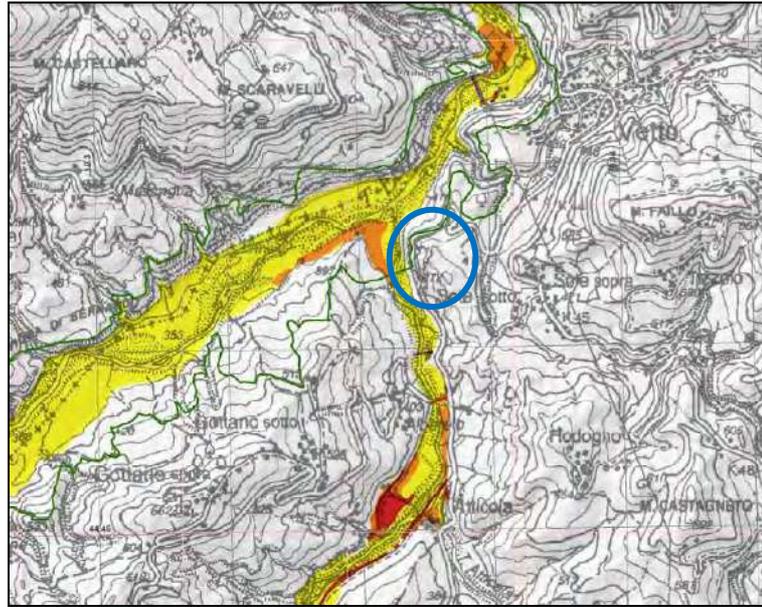
Si riportano gli estratti degli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe di Pericolosità e del Rischio di alluvione predisposte ai sensi dell'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010. L'area di studio si colloca all'interno del medio Appennino reggiano e dal punto di vista idrografico 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

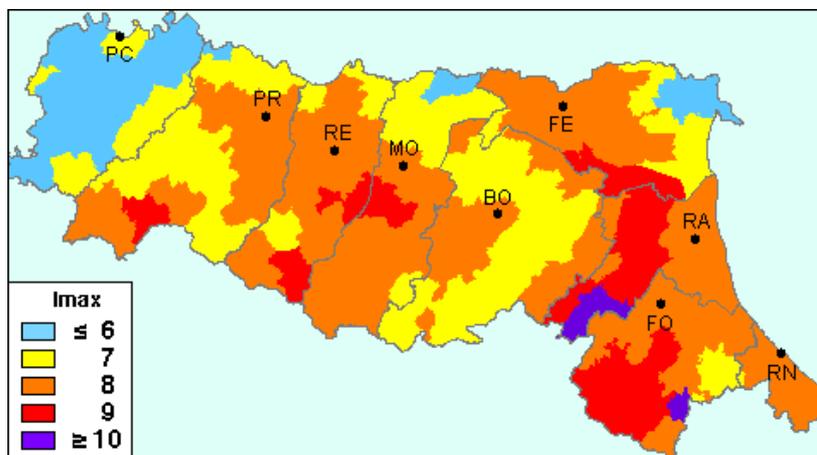
Le coordinate geografiche (**ellissoide ED50**) relative circa al centro dell'area di intervento corrispondono a:

10,32505 ÷ 44,47648

(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.

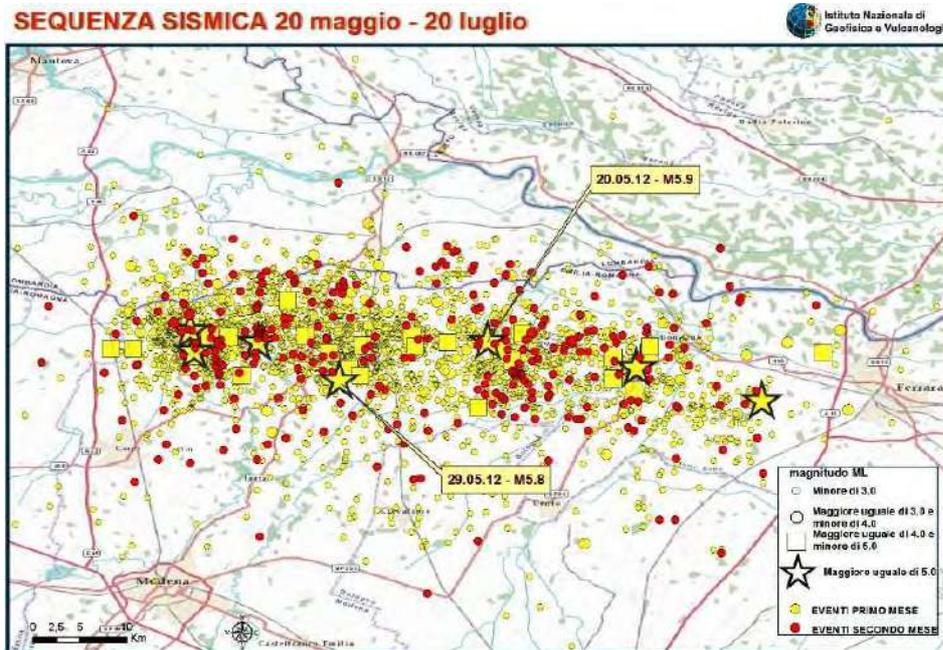
Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Vetto, il Database Macrosismico DBMI04, utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004 – INGV, Bologna) sono documentati gli eventi sismici di seguito riportati:

**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	1515	10	6.29
5	1898	03	04			CALESTANO	260	7	5.07
6	1904	02	25	18	47	Reggiano	62	7	5.13
NF	1904	11	17	05	02	PISTOIESE	204	7	5.18
F	1913	11	25	20	55	VAL DI TARO	73	5	4.85
4	1930	05	24	22	02	FIUMALBO	43	6	5.22
5	1983	11	09	16	29	Farmense	835	7	5.10
NF	1986	12	06	17	07	BONDENO	604	6	4.56
4-5	1995	10	10	06	54	LUNIGIANA	341	7	5.04
5	1996	10	15	09	55	CORREGGIO	135	7	5.44

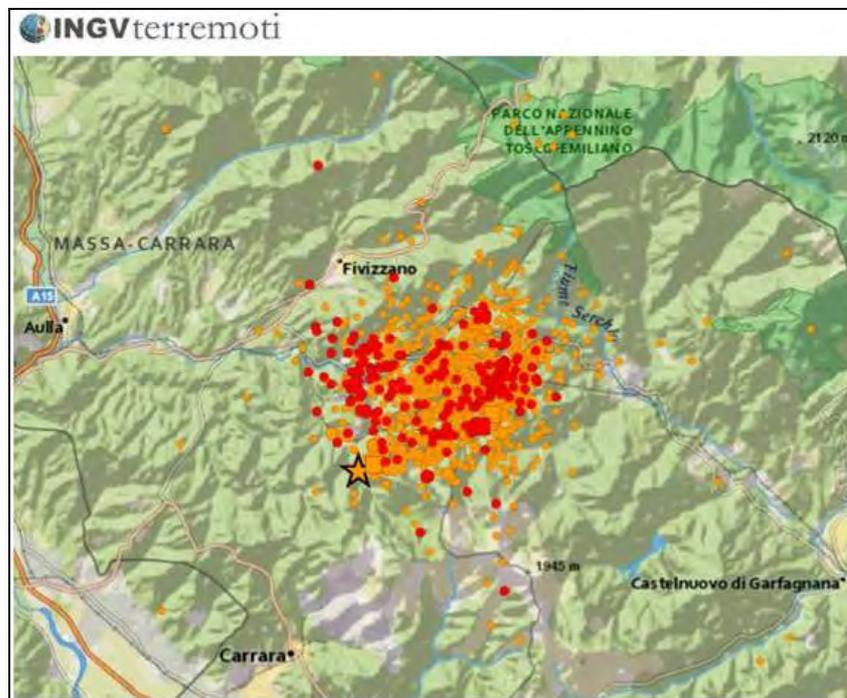
Storia sismica del comune di Vetto.

A detti dati vanno aggiunti quelli relativi ai recenti eventi sismici, datati 20/05/2012 e 29/05/2012 che hanno presentato intensità pari a $MW = 5.8 \div 5.9$, la cui distribuzione areale è presentata nella figura seguente.



Distribuzione degli epicentri dei terremoti che hanno colpito la bassa Pianura Padana

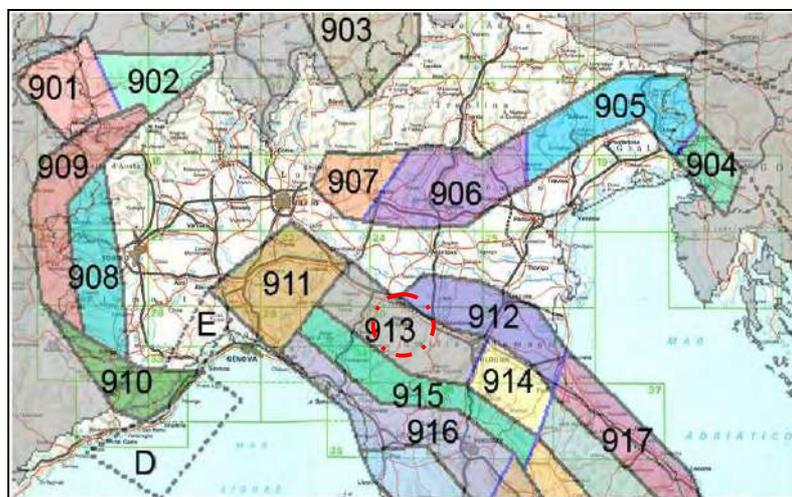
L'ultima sequenza sismica significativa rilevata dai sismografi che ha coinvolto il centro – nord Italia è stata quella che ha coinvolto la Lunigiana e la Garfagnana nel Giugno – Luglio 2013; l'evento principale, datato 21/06/2013, ha presentato intensità pari a $MW = 5.2$.



Distribuzione degli epicentri dei terremoti che hanno colpito la Garfagnana – Lunigiana.

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio in analisi hanno origine, per la quasi totalità, nei primi 15 ÷ 25 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale. La zonazione sismica del territorio

nazionale, la quale identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), 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:

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

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

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. [m]	Spessore medio [m]	V_s [m/sec]
1	0,5 ÷ 3,1	2,6	259
2	3,1 ÷ 8,3	5,2	466
3	8,3 ÷ 15,6	7,3	625
4	15,6 ÷ 25,0	9,4	677

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

$$V_{s_{30}} = 524 \text{ m/sec}$$

Dai parametri sopra esposti e delle caratteristiche geotecniche desunte dalle 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:

Ing. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------	--	---

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 comprendenti 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 o 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 delle 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:

STATO LIMITE	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀ (-)	T _{c*} (s)
SLO	45	0.068	2.468	0.255
SLD	75	0.084	2.475	0.265
SLV	712	0.186	2.534	0.296
SLC	1462	0.230	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; F₀ = 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 **Ss = 1,200**.

Ing. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------	--	---

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:

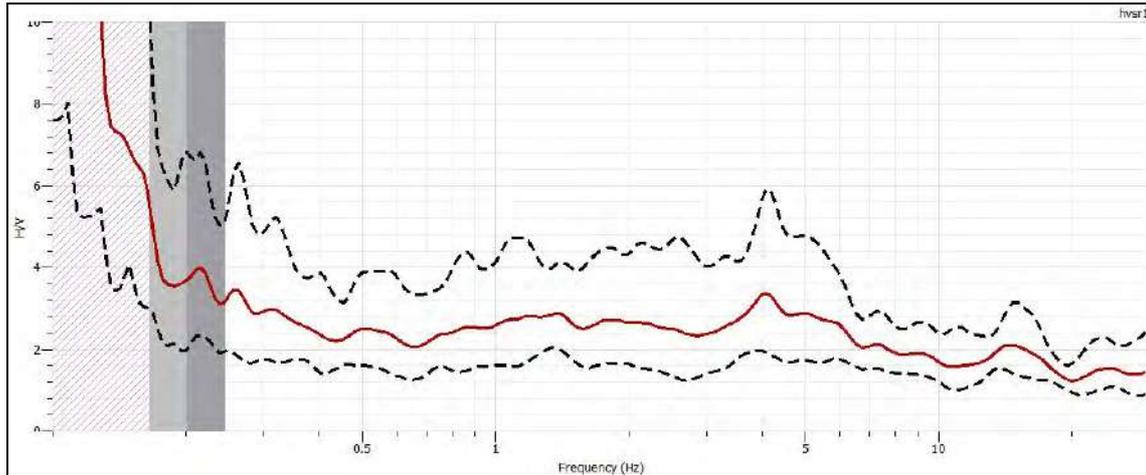
	D.M. 17/01/2018
Latitudine (ED50)	44.47648
Longitudine (ED50)	10.32505
Vita nominale struttura	50 anni
Classe struttura opera	III
Coefficiente d'uso	1,5
Vita di riferimento struttura	75 anni
$V_{s_{30}}$	524 m/sec
Categoria suolo di fondazione	B
Pga di riferimento (SLV)	0,186
Coefficiente di amplificazione stratigrafico	1,200
Coefficienti di amplificazione topografico	1,200
$F_{0_{SLV}}$	2,534
$T_{C_{SLV}}$	0,296
a_{max}/g	0,267
Coefficiente di riduzione sismico $\beta = 0,24$ (pendio naturale e fondazioni)	
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 è stata eseguita una acquisizione di microtremori ambientali mediante un sismometro GEOBOX SARA ad elevata dinamica; essa è stata effettuata 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.



I dati ricavati evidenziano un picco principale individuabile a $f_0 = 0,201$ Hz, pari ad un periodo di $T_0 = 4,98$ s, correlabile ad un contatto stratigrafico – tettonico profondo; si riscontra anche un picco secondario ad una frequenza **pari a** $f_1 = 4,100$ Hz, (periodo di $T_1 = 0,244$ s), attribuibile, con tutta probabilità al contatto tra orizzonte regolitico e substrato roccioso ed un ulteriore picco a $f_2 = 14,481$ Hz, equivalente ad un periodo di $T_2 = 0,069$ s, dovuto al contrasto d'impedenza generato dal tetto dell'orizzonte regolitico.

In fase progettuale, si dovrà appurare che non si verifichino fenomeni di doppia risonanza sismica, in funzione dei periodi di vibrazione sopra esposti.

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, a cui fanno seguito termini litoidi pelitici ed arenitici, costituenti il substrato roccioso. Il grado di consistenza dei materiali detritici e litoidi risulta notevolmente elevato.

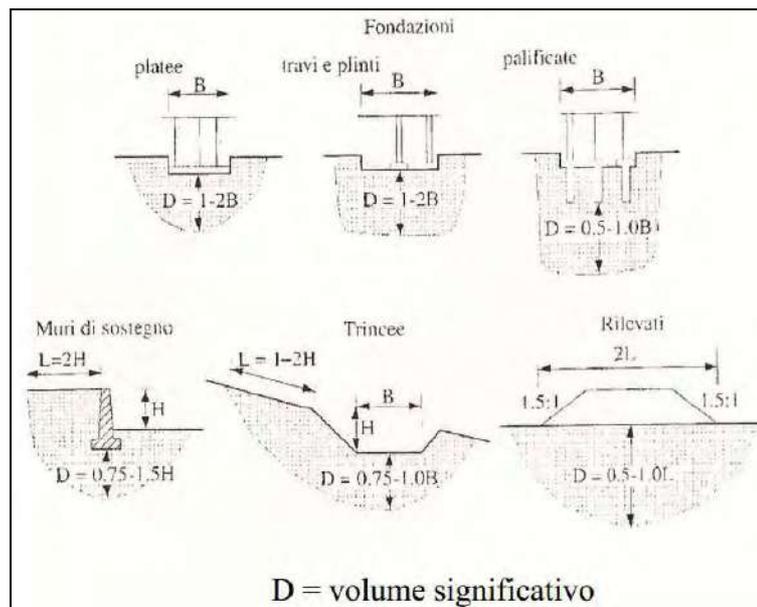
Dette caratteristiche, evidenziano come i terreni che formano il primo sottosuolo non siano suscettibili a rischio di liquefazione in occasione di sollecitazione sismica.

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 tre prove penetrometriche dinamiche super pesanti DPSH, protratte sino al rifiuto all'avanzamento; 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, quanto emerso da suddette analisi, conferma quanto individuato dalle indagini geognostiche. La realizzazione di tale

Ing. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------	--	---

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.

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:

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

dove:

- q_d = resistenza alla punta, kgf/cm²;
- q = peso della massa battente, kgf;
- a = area della punta di infissione, cm²;
- P = peso massa aste e piano di battuta, kgf;
- e = avanzamento unitario, cm;
- 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 Stroud & 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 Meyerhof 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.

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

Ing. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------	--	---

Modellazione geotecnica

Unità geotecnica	Parametri geognostici caratteristici	Parametri geotecnici caratteristici allo stato critico
MS: da p.c. a – 0,6 ÷ – 1,2 m p.c. Massetto stradale, costituito da ghiaie eterometriche, ciottoli e blocchi.	$N_{20k} = 5,50$ $N_{SPT k} = 8,25$	Orizzonte a difficile caratterizzazione geotecnica per eterogeneità e rimaneggiamento
UGT1: da – 0,6 ÷ – 1,2 m p.c. a – 1,2 ÷ – 1,8 m p.c. Argille con limo e limi con argilla, a medio – elevato grado di consistenza, al cui interno sono presenti inclusi litici.	$N_{20k} = 3,21$ $N_{SPT k} = 4,82$	$\phi'_k = 21^\circ$ $c'_k = 10 \text{ kPa}$ $c_{uk} = 60 \text{ kPa}$ $\gamma_{nk} = 19,2 \text{ kN/m}^3$ $E_{dk} = 4200 \text{ kPa}$ $k_k = 9500 \text{ kN/m}^3$
UGT2: Nelle sole verticali DPSH3 e S1: da – 1,4 ÷ – 1,6 m p.c. a – 2,4 ÷ – 3,0 m p.c. Detrito costituito da inclusi litici (granulometricamente ghiaie e ciottoli), immersi in matrice limoso argillosa.	$N_{20k} = 7,78$ $N_{SPT k} = 12,06$ $SPT_1 = 11/12/16$	$\phi'_k = 32^\circ$ $c'_k = 0 \text{ kPa}$ $c_{uk} = 0 \text{ kPa}$ $\gamma_{nk} = 20,0 \text{ kN/m}^3$ $E_{dk} = 14000 \text{ kPa}$ $k_k = 54600 \text{ kN/m}^3$
UGT3: Nelle sole verticali DPSH1 e S1: da – 1,8 ÷ – 3,0 m p.c. a – 2,2 ÷ – 3,9 m p.c. Orizzonti lenticolari costituiti da limi argillosi, talora sabbiosi, talora torbosi, a basso grado di consistenza.	$N_{20k} = 0,24$ $N_{SPT k} = 0,36$	$\phi'_k = 20^\circ$ $c'_k = 5 \text{ kPa}$ $c_{uk} = 30 \text{ kPa}$ $\gamma_{nk} = 18,8 \text{ kN/m}^3$ $E_{dk} = 3100 \text{ kPa}$ $k_k = 8300 \text{ kN/m}^3$
UGT4: Nel solo sondaggio S1: da – 3,9 m p.c. a – 7,3 m p.c. Nelle restanti verticali: Oltre i – 1,2 ÷ – 2,4 m p.c. Alternanze pelitiche e calcarenitiche ad elevato grado di consistenza. All'interno di questa unità si riscontra un orizzonte calcarenitico ad elevato grado di fratturazione.	$N_{20k} = 19,55$ $N_{SPT k} = 30,30$ $SPT_2 = 50 \text{ (7 cm)}$ $SPT_3 = 50 \text{ (11 cm)}$	$\phi'_k = 30^\circ$ $c'_{ammasso k} = 35 \text{ kPa}$ $c_{u,ammasso k} = 220 \text{ kPa}$ $\gamma_{nk} = 21,0 \text{ kN/m}^3$ $E_{dk} = 21000 \text{ kPa}$ $k_k = 75600 \text{ kN/m}^3$
UGT5: Nella sola verticale S1: Oltre a – 7,3 m p.c. Orizzonti calcarenitici, a basso grado di fratturazione.	$SPT_2 = 50 \text{ (11,5 cm)}$	$\phi'_k = 35^\circ$ $c'_{ammasso k} = 50 \text{ kPa}$ $c_{u,ammasso k} = 300 \text{ kPa}$ $\gamma_{nk} = 25,0 \text{ kN/m}^3$ $E_{dk} = 32000 \text{ kPa}$ $k_k = 97300 \text{ kN/m}^3$

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 -1,0 m sino a -10,0 m p.c., pari a:

$$k = 25400 \text{ kN/m}^3$$

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.

OPERA DI CONTENIMENTO ALLA BASE DEL VERSANTE

Nonostante il riscontro di roccia vicino al piano di sede stradale, in ragione dell'acclività dell'area e della variabilità litologica laterale, si consiglia l'uso di **fondazioni profonde**, le quali dovranno essere ancorate abbondantemente

Ing. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------	--	---

almeno all'interno dell'unità geotecnica **UGT4 (il cui tetto è riscontrabile a profondità generalmente variabili tra – 2,0 e – 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:

- **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.**
- **Eventuale interazione tra perforazioni e battente idrico sotterraneo;** la serie litologica evidenzia la presenza di un orizzonte potenzialmente acquifero a quote comprese tra – 5,50 e – 6,60 m p.c. Inoltre, detto livello, in assenza di acqua, può assorbire molta boiaccia cementizia.
- **Natura, dimensioni e caratteristiche del manufatto in testa ai pali;** tale opera dovrà fornire protezione alla strada dai processi di crollo; **le energie cinetiche attese alla base del versante risultano molto basse**, in ragione dell'intensa frammentazione dei litotipi affioranti in parete e alla realizzazione di un'opera di mitigazione attiva nel comparto sommitale del versante. **L'altezza minima dovrà essere quella dell'attuale opera di difesa transitoria.**

Nel contesto del calcolo della capacità portante degli elementi profondi, inoltre, **si consiglia di non tenere in considerazione i contributi attritivi di MS.**

A monte del manufatto e al piede del pendio, si garantisca la realizzazione di **un efficace drenaggio** delle acque corrivanti o emergenti dal versante e raccolte a tergo dell'opera sulla sede stradale, oltre a quelle ivi veicolate dalle cunette già esistenti sul paramento di monte della S.P. 57.

INTERVENTI A COROLLARIO DELL'OPERA PRINCIPALE

- Lo porzione sommitale del versante sarà oggetto di realizzazione di opere attive di mitigazione del rischio da processi di crollo, mediante rafforzamento corticale **con rete a doppia torsione, accoppiata a biostuoie o materiali equipollenti, funi e ancoraggi.** Per un'analisi approfondita di tale ambito, si rimanda al documento "Analisi geomeccanica e strutturale della parete rocciosa sita in corrispondenza del Km 1+900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)".

Accorgimenti da adottarsi in fase di studio esecutivo e direzione lavori:

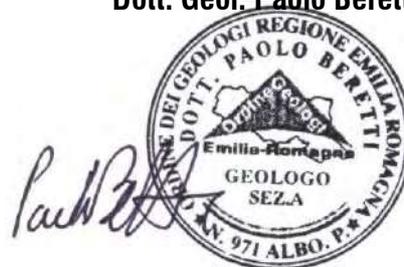
- Gli orizzonti geotecnici superficiali **sono potenziali sedi di battente idrico sotterraneo effimero o venute locali d'acqua,** legate ai periodi di precipitazione meteorica intensa e a fenomeni di infiltrazione dalla superficie provenienti dal comparto di monte; necessiterà, quindi, **prevedere una possibile ed estemporanea saturazione idrica nei primi orizzonti del sottosuolo, ai fini della fase di realizzazione delle verticali di fondazione.**

Ing. Herman	Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------	--	---

- 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.
- L'eventuale esportazione del materiale costituente l'attuale unghia di frana e le operazioni di rimodellazione del pendio **devono essere eseguite dopo la realizzazione dell'opera di sostegno** a margine dell'asse stradale.

Quattro Castella, Gennaio 2025

Dott. Geol. Paolo Beretti



Ing. Herman	<i>Rapporto geologica, modellazione geotecnica e analisi dell'azione sismica</i>	Opere di contenimento alla base del versante roccioso in corrispondenza del Km 1+900 della S.P. 57, in Comune di Vetto (RE)
-------------	---	--

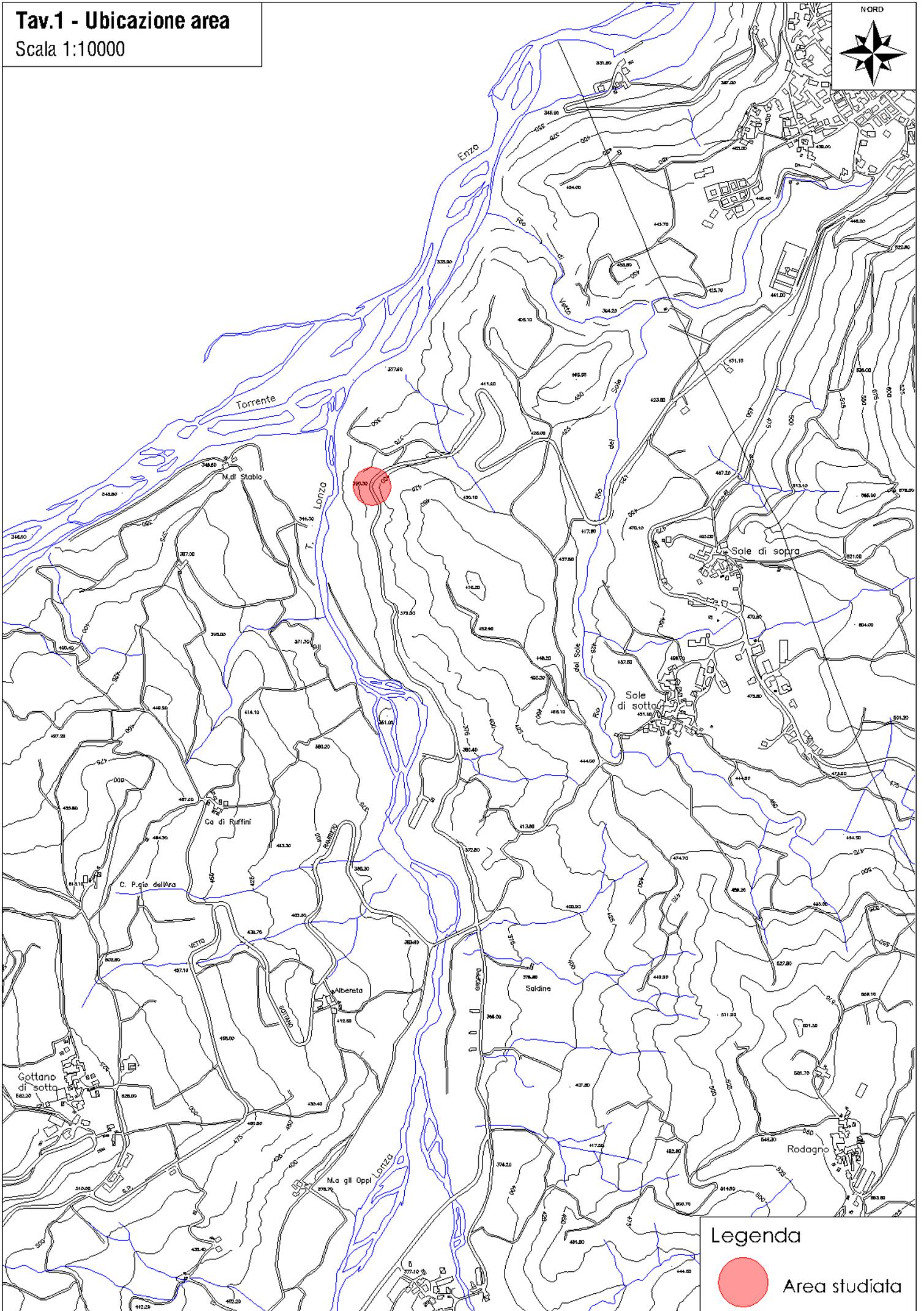
ALLEGATI

- Tav. 1. Ubicazione area.
- Tav.2. Carta geologica.
- Tav. 3. Ubicazione indagini in situ.
- Tav.4 – Sezione di ricostruzione geologico – geotecnica A-A'.
- Sondaggio meccanico a carotaggio continuo.
- Rapporto fotografico sondaggio.
- Prove penetrometriche statiche CPT.
- Analisi statistica prove penetrometriche statiche CPT.
- Rapporto fotografico prove geognostiche.

Tav.1 - Ubicazione area

Scala 1:10000

NORD



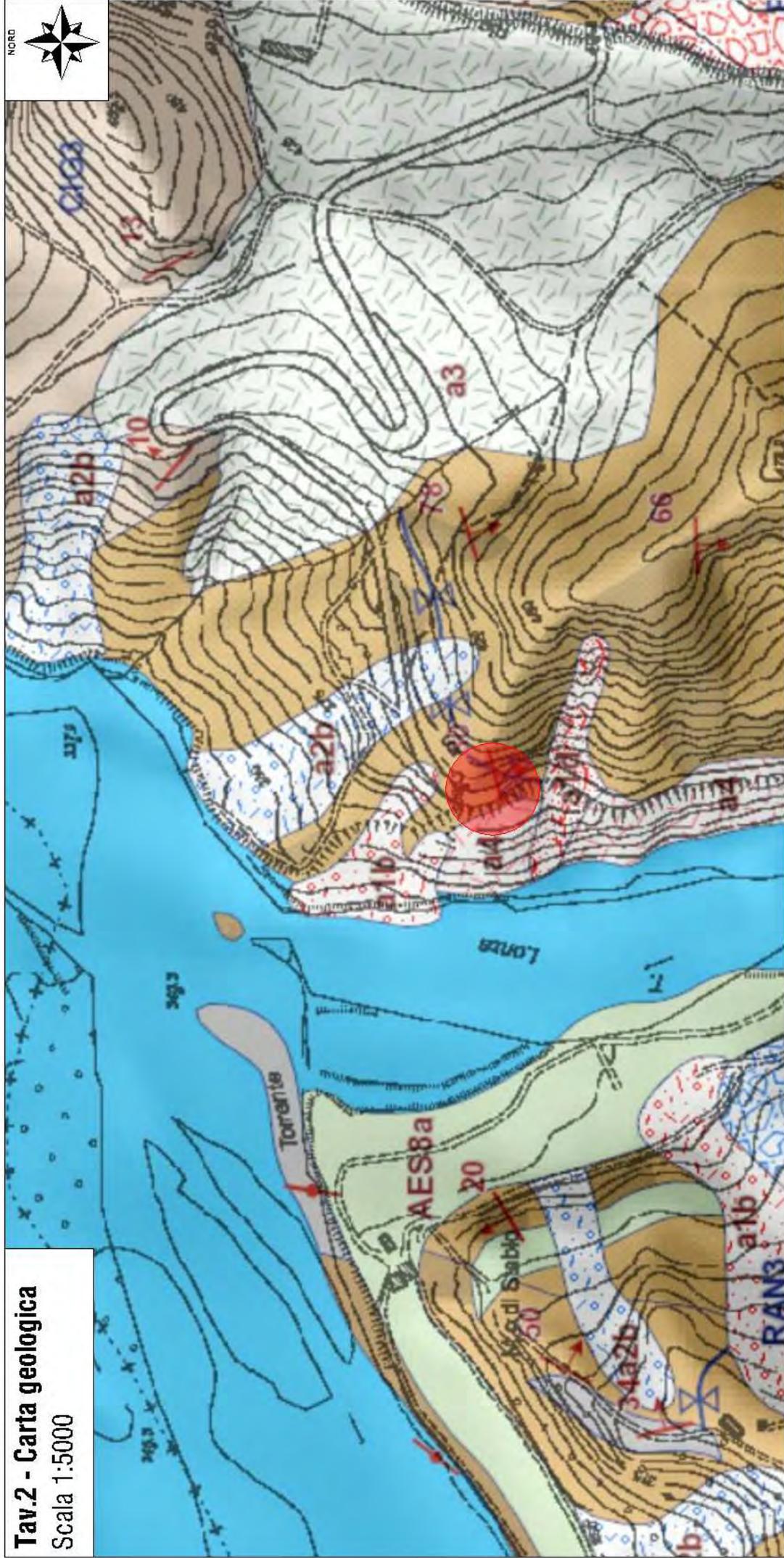
Legenda



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
- a2d** - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a4** - Detrito eluvio-colluviale
- b1** - Deposito alluvionale in evoluzione

 Area studiata

Unità geologiche

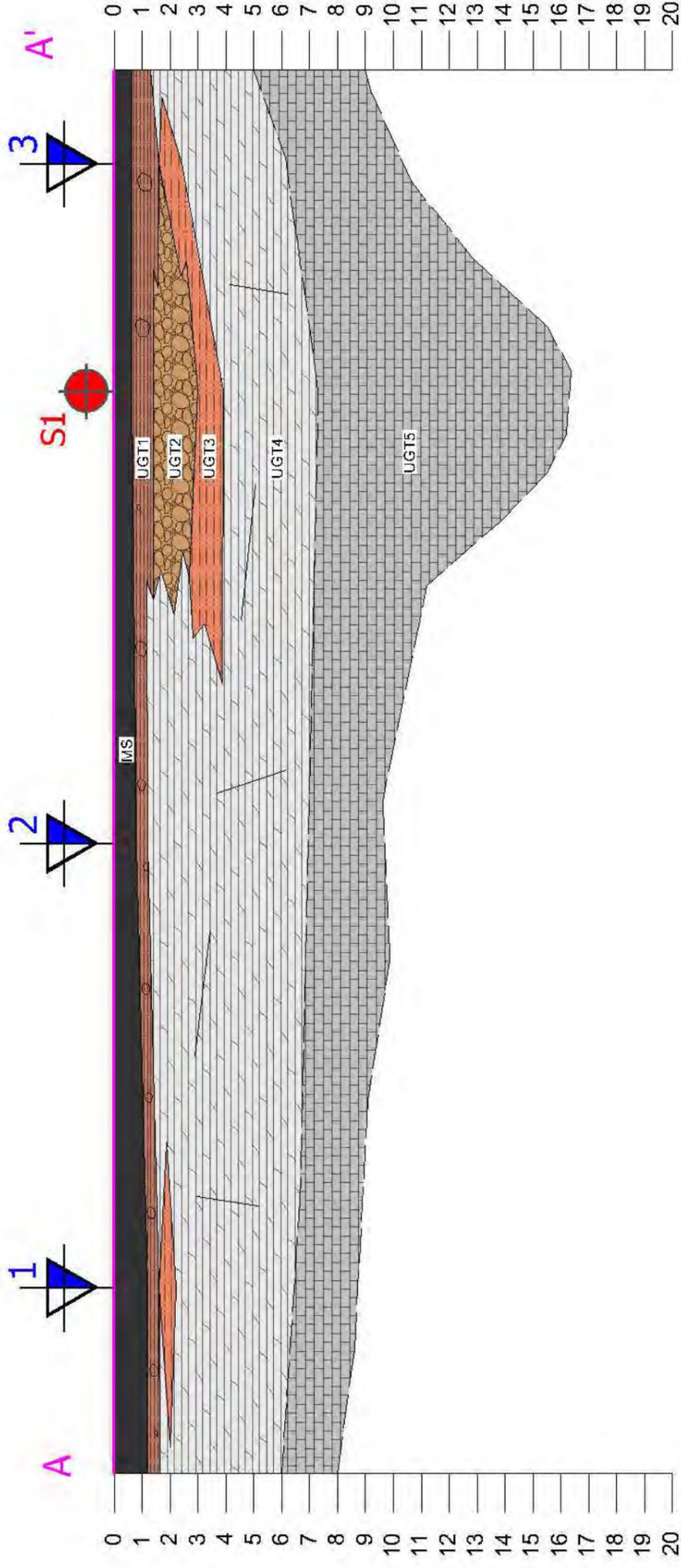
- ANT** - Marne di Antognola
- CIG** - Formazione di Cigarelo
- CIG3** - Membro delle Arenarie di Vetto
- PAT** - Formazione di Pantano
- PAT5** - Membro della Pietra di Bismantova
- RAN** - Formazione di Ranzano
- RAN3** - Membro di Varano de' Melegari

Tav. 3 - Ubicazione indagini in situ



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

Scala 1:200

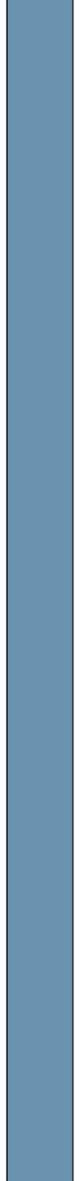


Legenda

- MS:** Massetto stradale, costituito da ghiaie eterometriche, ciottolo e blocchi.
- UGT1:** Argille con limo e limi con argilla, a medio - elevato grado di consistenza, al cui interno sono presenti di inclusi litici.
- UGT2:** Detrito costituito da inclusi litici (granulometricamente ghiaie e ciottoli), immersi in matrice limoso argillos
- UGT3:** Orizzonti lenticolari costituiti da limi argillosi talora sabbiosi, talora torbosi, a basso grado di consistenza.
- UGT4:** Alternanze pelitiche e calcarenitiche ad elevato grado di consistenza. Presenza di un orizzonte calcarenitico ad elevato grado di fratturazione.
- UGT5:** Orizzonti calcarenitici, a basso grado di fratturazione.

		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 1+900.		
		FOGLIO IGM:		Quota: piano stradale		Falda: - 6,50 m p.c.	Data: 13-14 Gennaio 2025	
Unità geotecnica	Profondità	Colonna stratigrafica	P.P. kg/cmq	RQD	SPT	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA		Falda
MS	0	0,20 m				Binder e pacchetto di usura.		
		0,60 m				Massetto stradale costituito da ghiaie eterometriche, ciottoli e blocchi.		
UGT1	1	1,40 m				Argille con limo e limo con argilla di colore bruno oliva, a medio - elevato grado di consistenza. Presenza di inclusi litici da millimetrici a centimetrici.		
UGT2	2	2,00 m			2,00 m	Detrito costituito da ghiaia e ciottoli in matrice prevalentemente limosa argillosa di colore bruno oliva. Dimensione dei clasti compresa tra 1 + 7 cm.		
		2,00 m	1,1		SPT1 5/6/6	Orizzonte detritico costituito da clasti ghiaiosi e ciottoli, in matrice limoso argillosa di colore prevalentemente bruno grigio verdastro. Livelli a maggior contenuto limoso argilloso e sottili intercalazioni limoso sabbiosi. Grado di consistenza medio, crescente con la profondità.		
		3,00 m	3,6		2,45 m	Limo argilloso sabbioso di colore grigio verdastro a basso grado di consistenza. Presenza di inclusi clastici millimetrici e sostanza organica diffusa.		
UGT3	3	3,50 m	0,7			Orizzonte rimaneggiato a scarsa consistenza meccanica costituito da limi argilloso torboso, di colore grigio verdastro scuro.		
		3,90 m	>6,0		4,00 m	Limo con argilla a medio grado di consistenza di colore bruno oliva.		
		4,40 m	5,4		SPT2 50 (7 cm) 4,45 m	Siltite marnosa fratturata alternata a orizzonti limoso argillosi molto consistenti.		
UGT4	5	5,30 m				Calcarenite medio fine di colore grigio.		
		5,50 m		10		Orizzonte prevalentemente calcarenitico ad elevata fratturazione. Fratture beanti sia pseudo-verticali che pseudo-orizzontali. Livello idro assorbente.		
		6,60 m		20	6,50 m	Alternanza di sottili livelli calcarenitici e pelitico marnosi di colore grigio scuro. Elevato grado di fratturazione.		
		7,30 m		40	SPT3 50 (11 cm) 6,95 m	Livello prevalentemente calcarenitico a minor grado di fratturazione relativa. Sottili intercalazioni pelitiche. Colore da grigio chiaro a grigio scuro.		
		8,70 m		80		Orizzonte pelitico marnoso di colore grigio nerastro a basso grado di fratturazione. Sottili livelli decompressi a - 9,50 m + - 9,60 per presenza di discontinuità.		
		10,10 m		60	9,50 m			
		10,35 m		70	SPT4 50 (11,5 cm) 9,95 m	Orizzonte calcarenitico di colore grigio chiaro.		
UGT5	11	11,20 m		70		Pelite marnosa nerastra.		
		13,55 m		65		Marna pelitica di colore grigio chiaro, con sottili livelli calcarenitici centimetrici.		
				80				
				70				
				80		Calcarenite prevalente a minor grado di fratturazione relativa.		
						FINE SONDAGGIO		

-6,50 m



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 1+900, 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	5	53,85	6	5,4			11	10,4			
2	0,6	20	197,92	7	5,6			12	10,6			
2	0,8	12	118,75	7	5,8			12	10,8			
2	1	8	79,17	7	6			12	11			
2	1,2	8,5	84,12	7	6,2			12	11,2			
2	1,4	4,5	44,53	7	6,4			12	11,4			
3	1,6	3	27,46	8	6,6			13	11,6			
3	1,8	1	9,15	8	6,8			13	11,8			
3	2	0,2	1,83	8	7			13	12			
3	2,2	1	9,15	8	7,2			13	12,2			
3	2,4	5	45,77	8	7,4			13	12,4			
4	2,6	8	68,11	9	7,6			14	12,6			
4	2,8	11	93,65	9	7,8			14	12,8			
4	3	14	119,20	9	8			14	13			
4	3,2	25	212,85	9	8,2			14	13,2			
4	3,4	32	272,45	9	8,4			14	13,4			
5	3,6	40	318,34	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 1+900, Vetto (RE)

ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

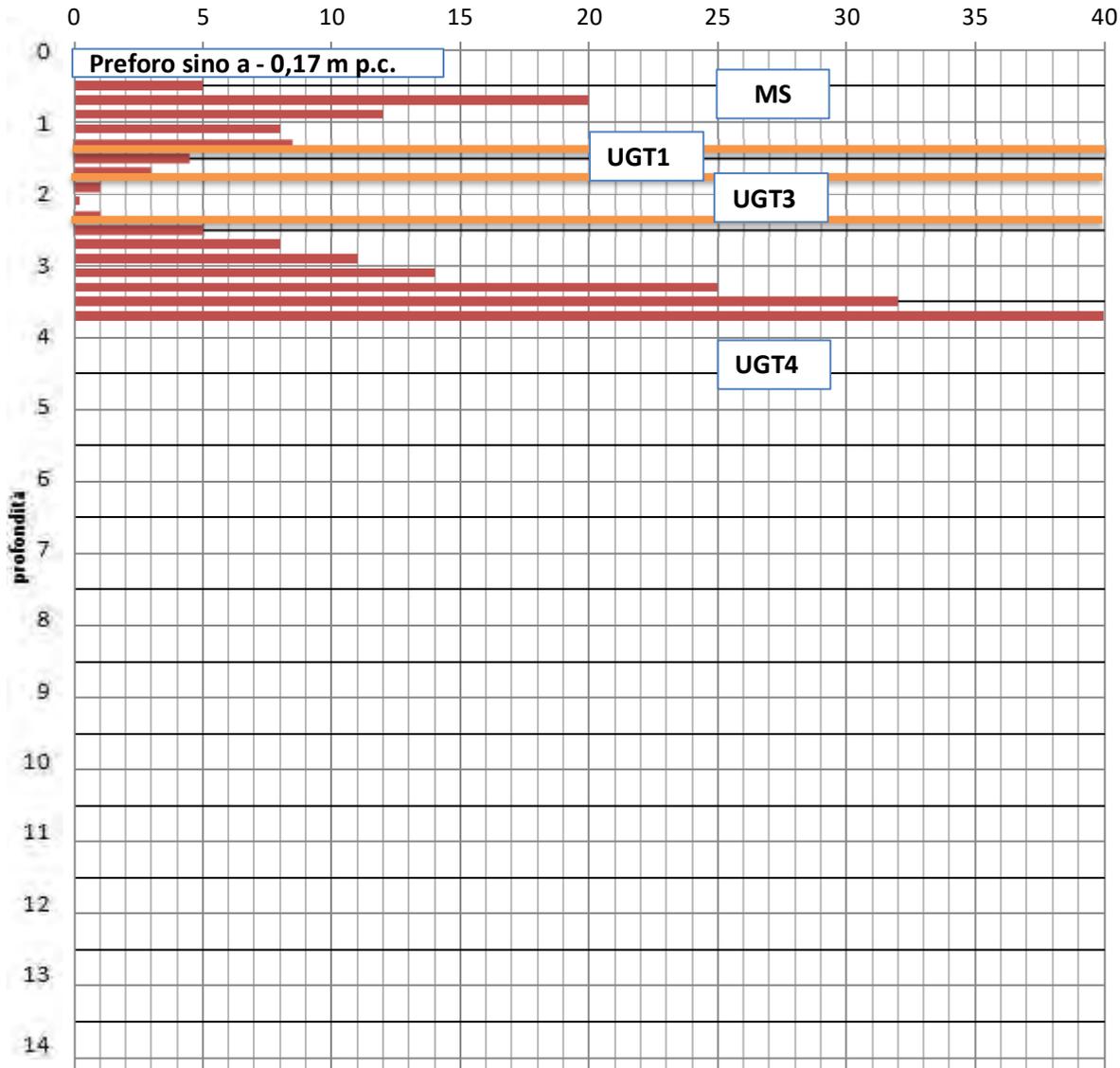
Data: 15/01/2025

OPERATORE: Dott. P. Beretti

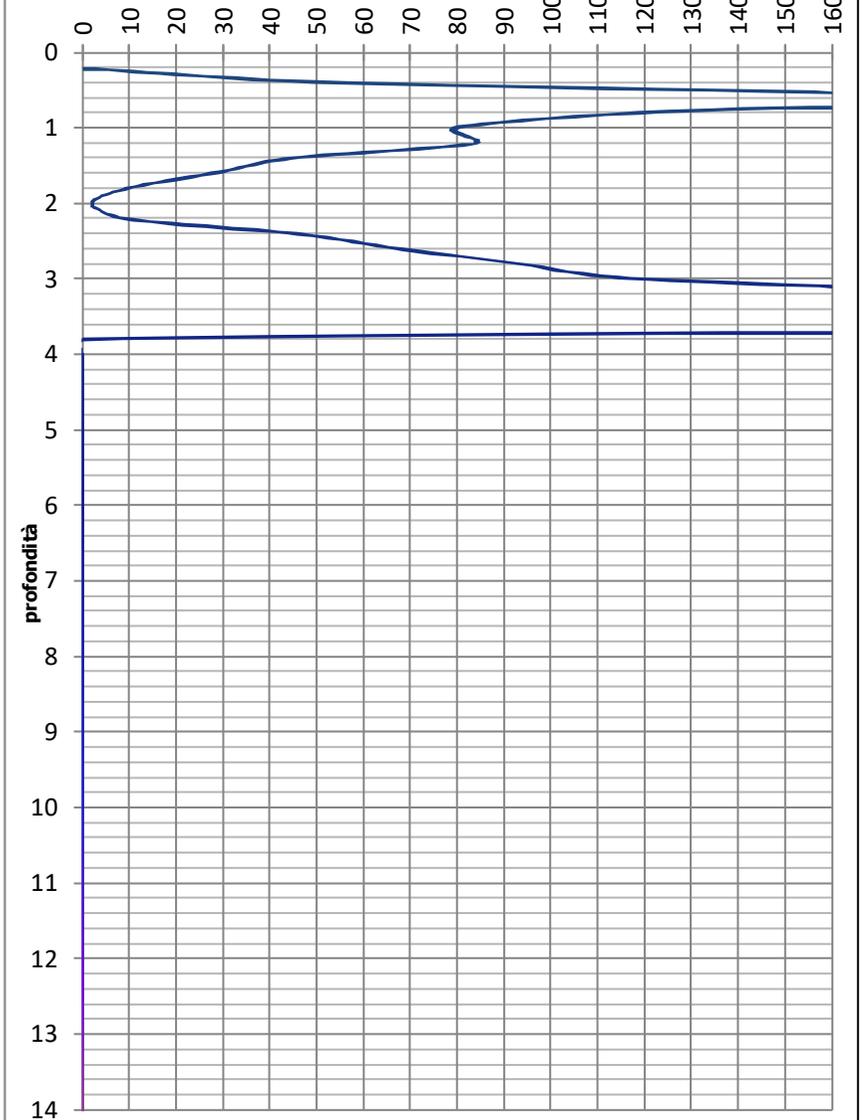
Quota: p.c.

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				2				CANTIERE: S.P. 57 km 1+900, 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	0,5	5,38	6	5,4			11	10,4				
2	0,6	22	217,71	7	5,6			12	10,6				
2	0,8	10	98,96	7	5,8			12	10,8				
2	1	7	69,27	7	6			12	11				
2	1,2	8	79,17	7	6,2			12	11,2				
2	1,4	18	178,13	7	6,4			12	11,4				
3	1,6	28	256,29	8	6,6			13	11,6				
3	1,8	40	366,12	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

2

COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman

CANTIERE: S.P. 57 km 1+900, Vetto (RE)

ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

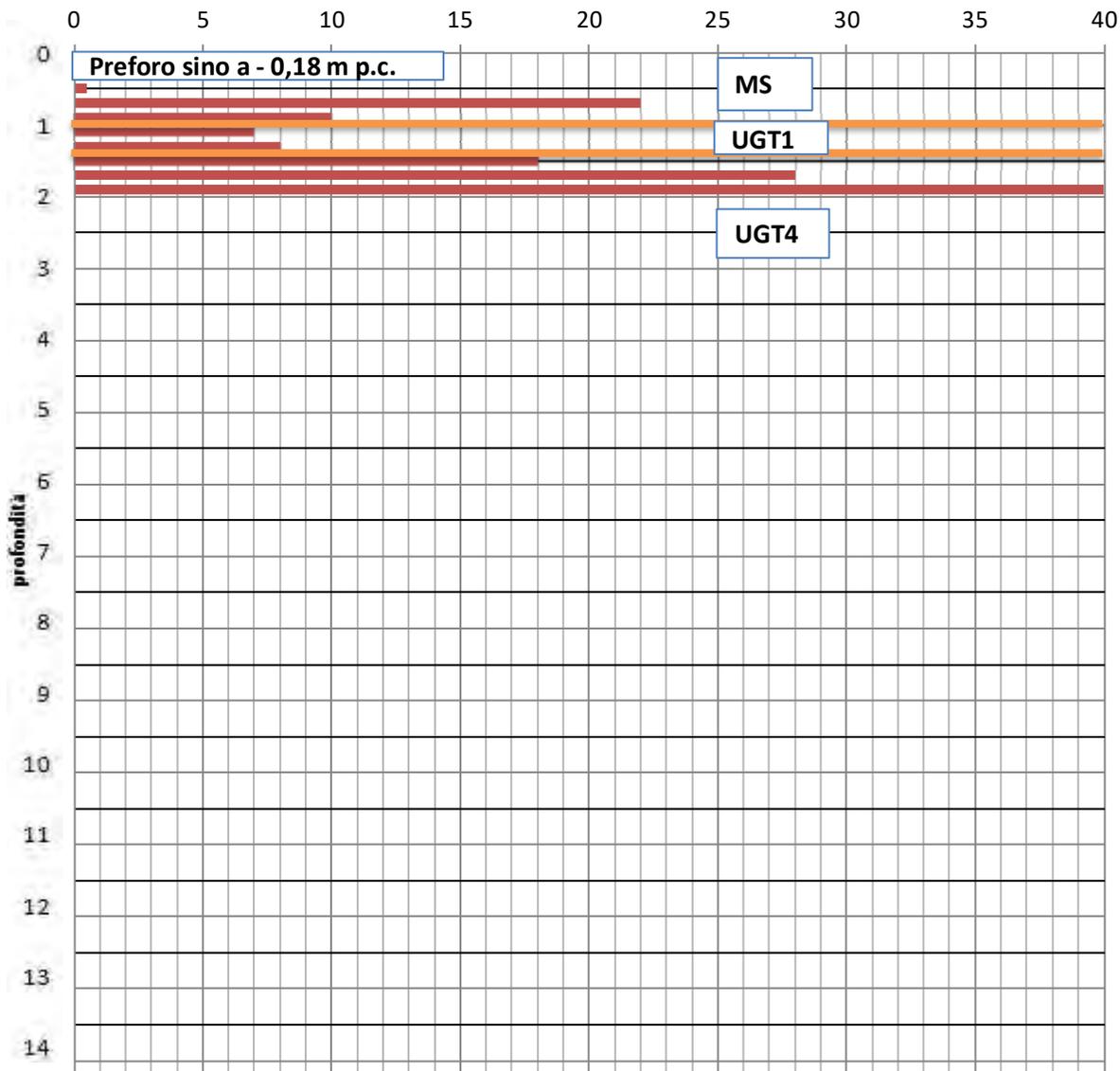
Data: 15/01/2025

OPERATORE: Dott. P. Beretti

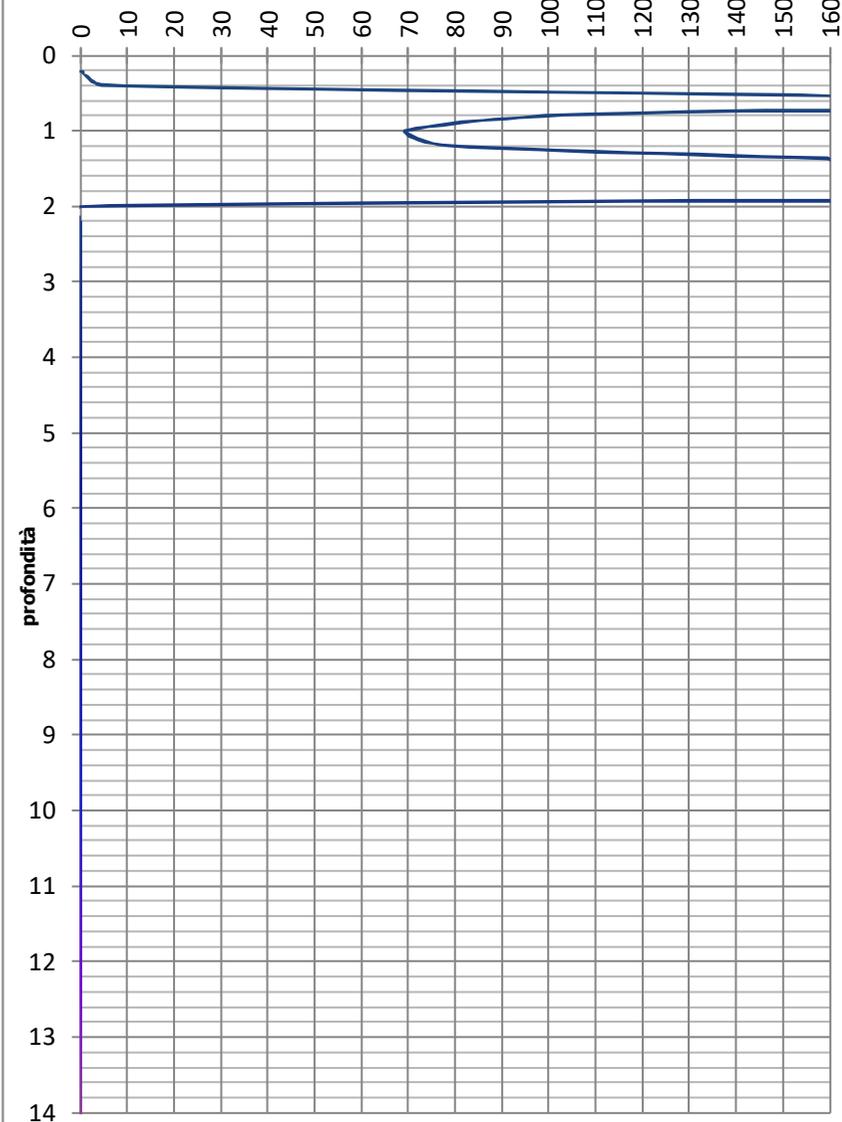
Quota: p.c.

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 1+900, 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	2	21,54	6	5,2			11	10,2				
1	0,4	5	53,85	6	5,4			11	10,4				
2	0,6	8	79,17	7	5,6			12	10,6				
2	0,8	4,5	44,53	7	5,8			12	10,8				
2	1	2,5	24,74	7	6			12	11				
2	1,2	3,5	34,64	7	6,2			12	11,2				
2	1,4	3	29,69	7	6,4			12	11,4				
3	1,6	3,5	32,04	8	6,6			13	11,6				
3	1,8	8,5	77,80	8	6,8			13	11,8				
3	2	7,5	68,65	8	7			13	12				
3	2,2	13	118,99	8	7,2			13	12,2				
3	2,4	12	109,84	8	7,4			13	12,4				
4	2,6	17	144,74	9	7,6			14	12,6				
4	2,8	24	204,34	9	7,8			14	12,8				
4	3	33	280,96	9	8			14	13				
4	3,2	40	340,56	9	8,2			14	13,2				
4	3,4	50	425,70	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

3

COMMITTENTE: Ing. Giuseppe Herman

CANTIERE: S.P. 57 km 1+900, Vetto (RE)

ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200

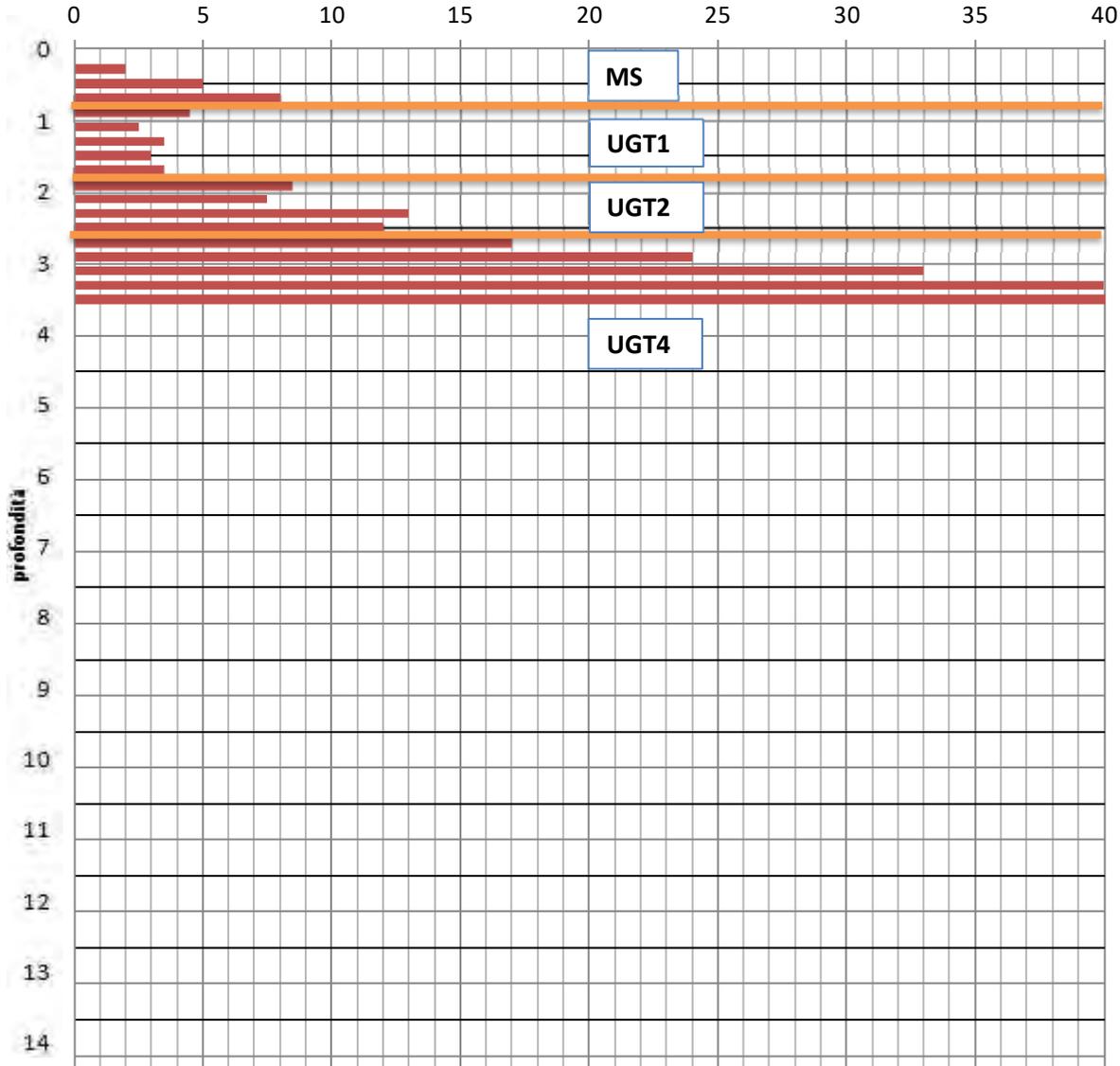
Data: 15/01/2025

OPERATORE: Dott. P. Beretti

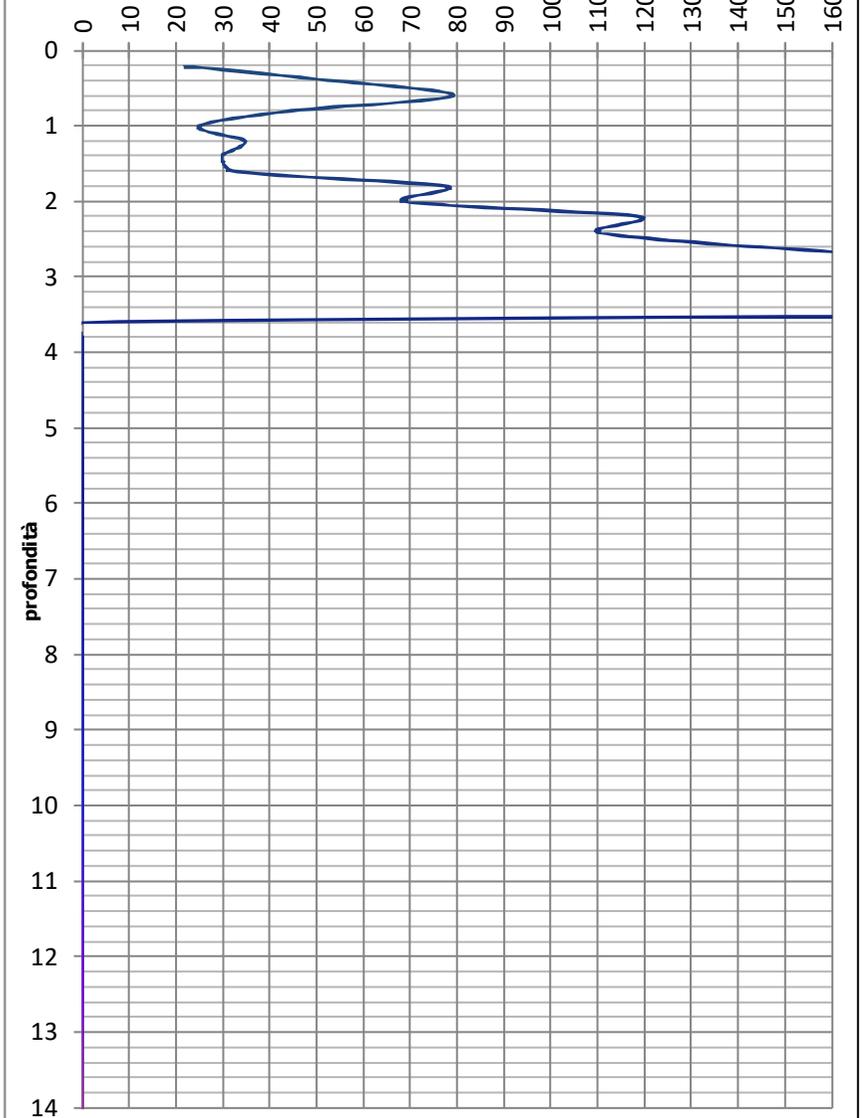
Quota: p.c.

Profondità falda: Foro vuoto

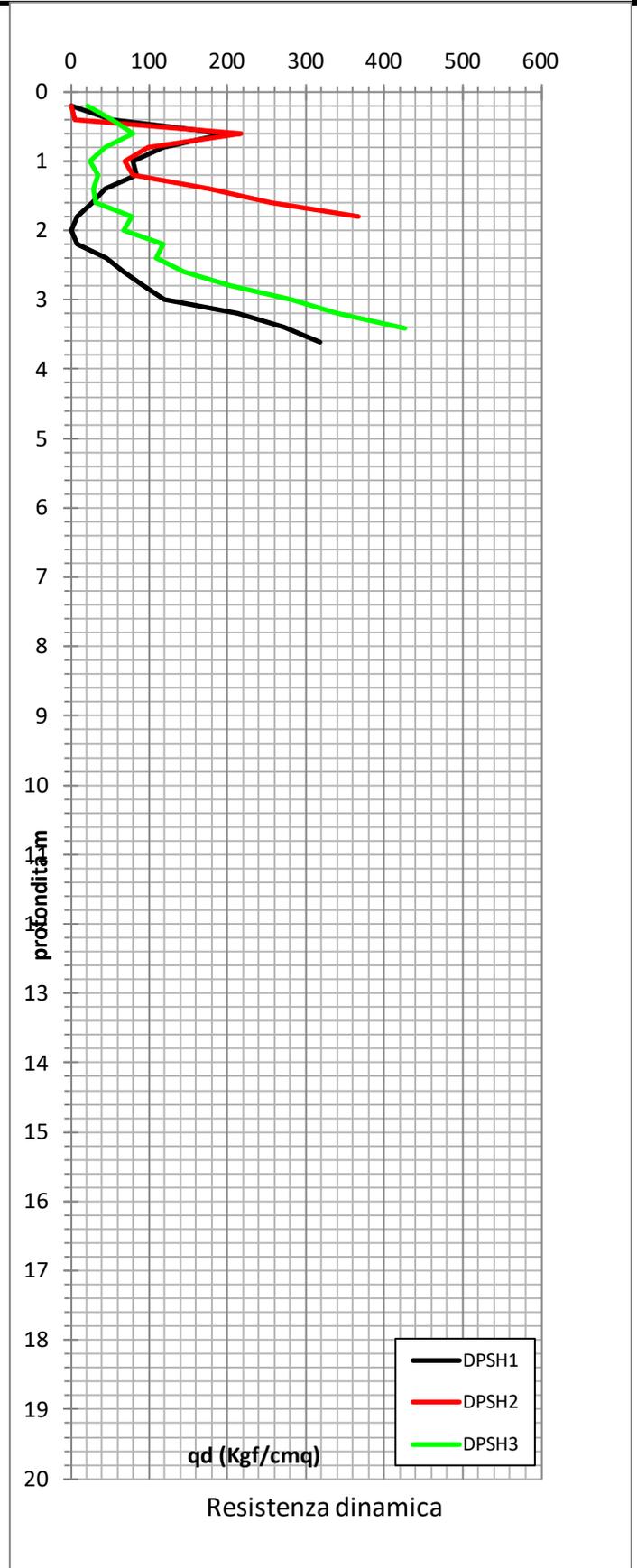
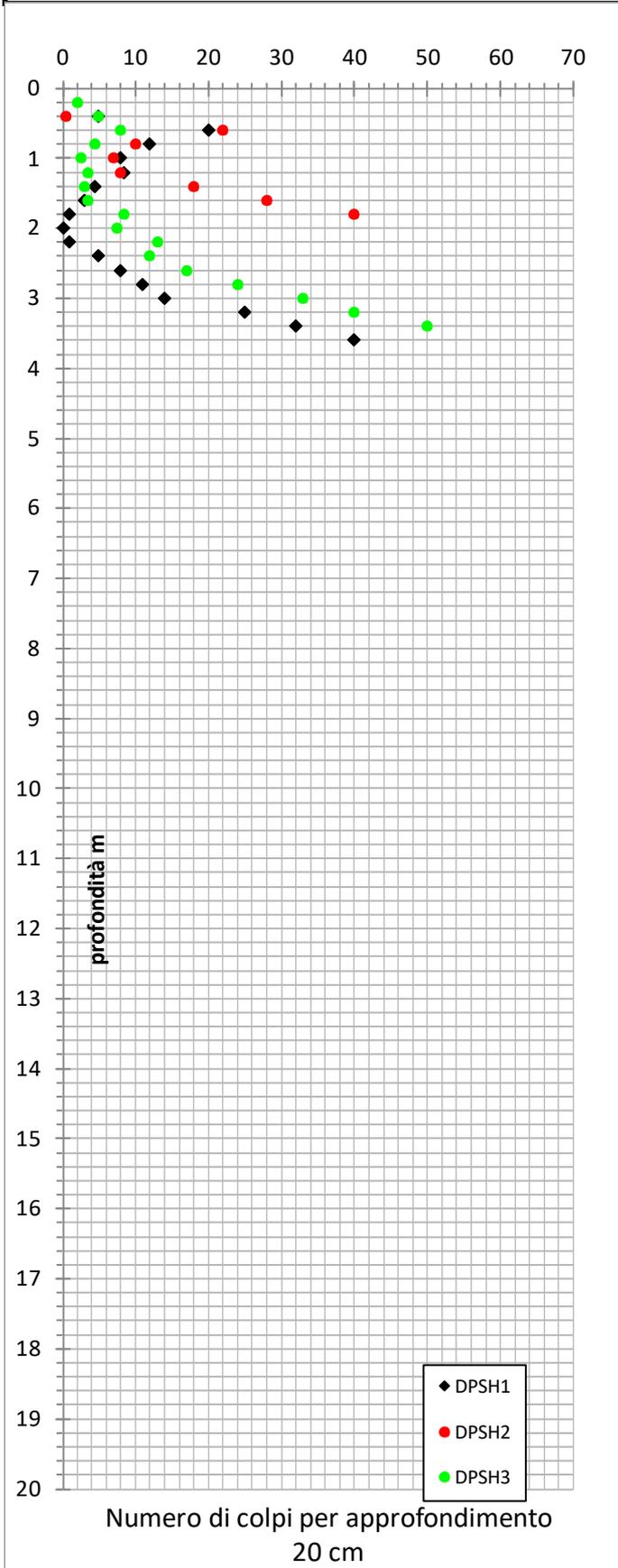
N° colpi per approfondimento di 20 cm



qd (kgf/cm²)



Analisi statistica dati penetrometrici - Dinamiche super pesanti DPSH



N20 (kgf/cm²)					
	MS	UGT1	UGT2	UGT3	UGT4
campioni	11	9	4	3	15
Minimo	0,50	2,50	7,50	0,20	5,00
Massimo	22,00	8,00	13,00	1,00	50,00
Media	9,18	4,39	10,25	0,73	25,67
Moda	5,00	4,50	#N/D	1,00	40,00
Mediana	8,00	3,50	10,25	1,00	25,00
Dev. Stand.	6,43	1,79	2,30	0,38	13,00
Media tronca	8,72	4,39	10,25	0,73	25,38
t student	1,81	1,86	2,35	2,92	1,76
N20k	5,50	3,21	7,78	0,24	19,55

RAPPORTO FOTOGRAFICO

Prove penetrometriche



DPSH1



DPSH2



DPSH3

Prove geofisiche



HVSR1



REMI-MASW