



Dott. Geol. Baldini Adriano

Tecnici Incaricati

- Modello Geologico
- Modello Geotecnico Preliminare
- Modello Sismico

Relazione geologica

Geotest

Trevozzo, 6 dicembre 2021

Spett.
Soc. Agricola AL.BE.RO s.r.l.
Via Ferdinando di Borbone
29122 Piacenza (PC)
C.F. e P. IVA: 01498780335

Commitente

Relazione Geologico-Tecnica
relativa al permesso di
costruire convenzionato al
comparto R12a a
destinazione residenziale
sotteso nei Mappali n° 65, 91,
172, 638, 640, 685 e 686 del
Foglio n° 16 della Planimetria
Catastale.

Oggetto



REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA (PC)
COMUNE DI VIGOLZONE

Servizi Geofisici

Servizi Geotecnici

Servizi Geologici

Via E. Fermi, 113 - Trevozzo
29031 Alta Val Tidone (PC)
Tel.: 348 510 7263
info@geotestsr.l.com

geologia tecnica e ambientale
Geotest s.r.l.

Sommario

0) GENERALITÀ.....	1
1) PREMESSA.....	1
2) NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....	3
3) INQUADRAMENTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO.....	4
3.1 Inquadramento Geologico – Geomorfológico Regionale.....	4
3.2 Aspetti Geologici – Geomorfológicos dell'area in esame.....	6
3.3 Idrografia ed Idrogeologia (cenni).....	7
3.4 Pericolosità Geo-ambientale e Strumenti Urbanistici.....	9
4) INDAGINI EFFETTUATE E MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO PRELIMINARE.....	11
4.1 Modello Geologico Geotecnico Preliminare.....	14
5) VERIFICA DEL CARICO LIMITE (SLU) E STIMA DEI CEDIMENTI.....	16
5.1 Dati Generali.....	16
5.2 Coefficienti Sismici (N.T.C.).....	17
5.3 Stratigrafia Terreno.....	18
5.4 Carico Limite Fondazione combinazione $A1+M1+R3$	19
5.5 Stima dei Cedimenti Elastici.....	20
5.6 Stima dei Cedimenti Edometrici.....	21
6) CONCLUSIONI.....	22

Indice delle Tavole e delle Figure

- Fig. 1: Corografia
- Fig. 2: Estratto di Mappa Catastale
- Fig. 3: Ubicazione Indagini Effettuate
- Fig. 4: Estratto Carta Geologica d'Italia 1:50.000-Foglio n. 179
- Fig. 5: Sezione Geologica dalla Carta Geologica d'Italia 1:50.000-Foglio n. 179
- Fig. 6: Estratto Carta Geologica Regionale
- Fig. 7: Estratto Carta degli Aspetti Litologici e Litotecnici - PSC di Vigolzone
- Fig. 8: Estratto Carta degli Aspetti Idrogeologici - PSC di Vigolzone
- Fig. 9: Estratto Carta della pericolosità da alluvione del reticolo secondario collinare e montano - Direttiva 2007/60/CE
- Fig. 10: Estratto Carta del dissesto del PTC
- Fig. 11: Estratto Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali del PTC
- Fig. 12: Estratto Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi - PSC di Vigolzone
- Fig. 13: Estratto Carta della Tutela delle Risorse Idriche del PTC
- Fig. 14: Estratto Carta della Fattibilità geologica - PSC di Vigolzone
- Fig. 15: Estratto Carta Progetto - PSC di Vigolzone
- Fig. 16: Estratto Carta dei Vincoli e delle Tutele Ambientali - PSC di Vigolzone
- Fig. 17: Estratto Carta dei Vincoli e delle Tutele Storiche e Panoramiche - PSC di Vigolzone
- Fig. 18: Estratto Carta dei Vincoli e delle Tutele Ambientali del RUE di Vigolzone
- Fig. 19: Estratto Carta Schema Direttore Rete Ecologica del PTC
- Fig. 20: Estratto Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica dallo studio di Microzonazione Sismica di Vigolzone

Allegati

ALLEGATO 1: PROVE PENETROMETRICHE

ALLEGATO 2: INDAGINI GEOFISICHE DI SUPERFICIE

ALLEGATO 3: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE INDAGINI EFFETTUATE

0) GENERALITÀ

Il sottoscritto Baldini Adriano, iscritto all'Ordine Regionale Geologi dell'Emilia-Romagna al n.749, residente in Trevozzo Comune di Alta Val Tidone - Via E. Fermi n. 113, dipendente di Geotest s.r.l., redige la presente relazione geologico-tecnica in ossequio a quanto sancito dal D.M. 17/01/2018 e dalle altre normative nazionali e regionali in materia di tutela ambientale, e a seguito dello specifico incarico conferitogli dalla Società Agricola AL.BE.RO s.r.l.

1) PREMESSA

Con la presente relazione vengono valutati gli aspetti geologici, geotecnici, geomorfologici, geofisici ed idrogeologici relativi al permesso di costruire convenzionato al comparto R12a a destinazione residenziale. L'area dell'intervento si estende per circa 36.500 mq, dei quali circa 19.000 mq saranno adibiti a lotti edificabili a destinazione residenziale. L'area interessata dal presente studio risulta essere ubicata nella porzione meridionale del territorio comunale, nella periferia nord-orientale della Frazione di Villò (Fig. 1). Nel dettaglio l'areale sul quale si svilupperà l'intervento risulta essere sotteso dai Mappali n° 65, 91, 172, 638, 640, 685 e 686 del Foglio n° 16 della Planimetria Catastale (Fig. 2). Per la descrizione dettagliata dell'intervento si rimanda alla relazione tecnica allegata alla pratica di progetto.

Ad evasione di una vostra specifica richiesta, e con lo scopo di verificare la compatibilità geologico-geotecnica di quanto in progetto, lo scrivente ha eseguito il giorno 02/12/2021 un sopralluogo geologico generale durante il quale sono state raccolte tutte quelle informazioni di carattere geologico-geomorfologico necessarie per procedere ad una corretta valutazione circa la compatibilità tra l'intervento in progetto e la realtà geologica locale. Per verificare l'assetto stratigrafico dell'area e per avere informazioni di massima circa i parametri geotecnici del terreno presente in sito, lo scrivente ha condotto, entro il perimetro d'interesse, le seguenti indagini geostatiche:

Fig. 1: Corografia – CTR 1:5000

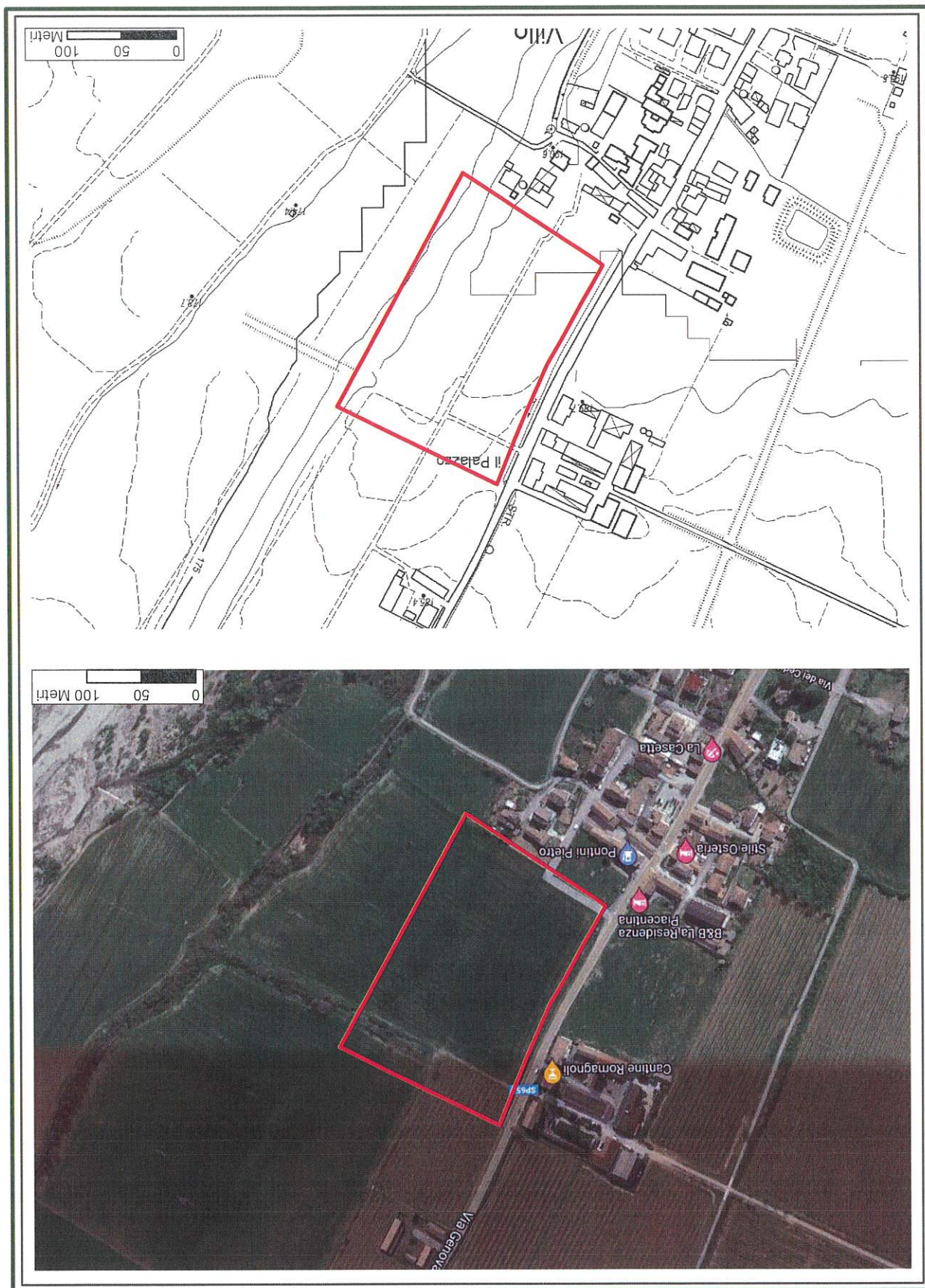
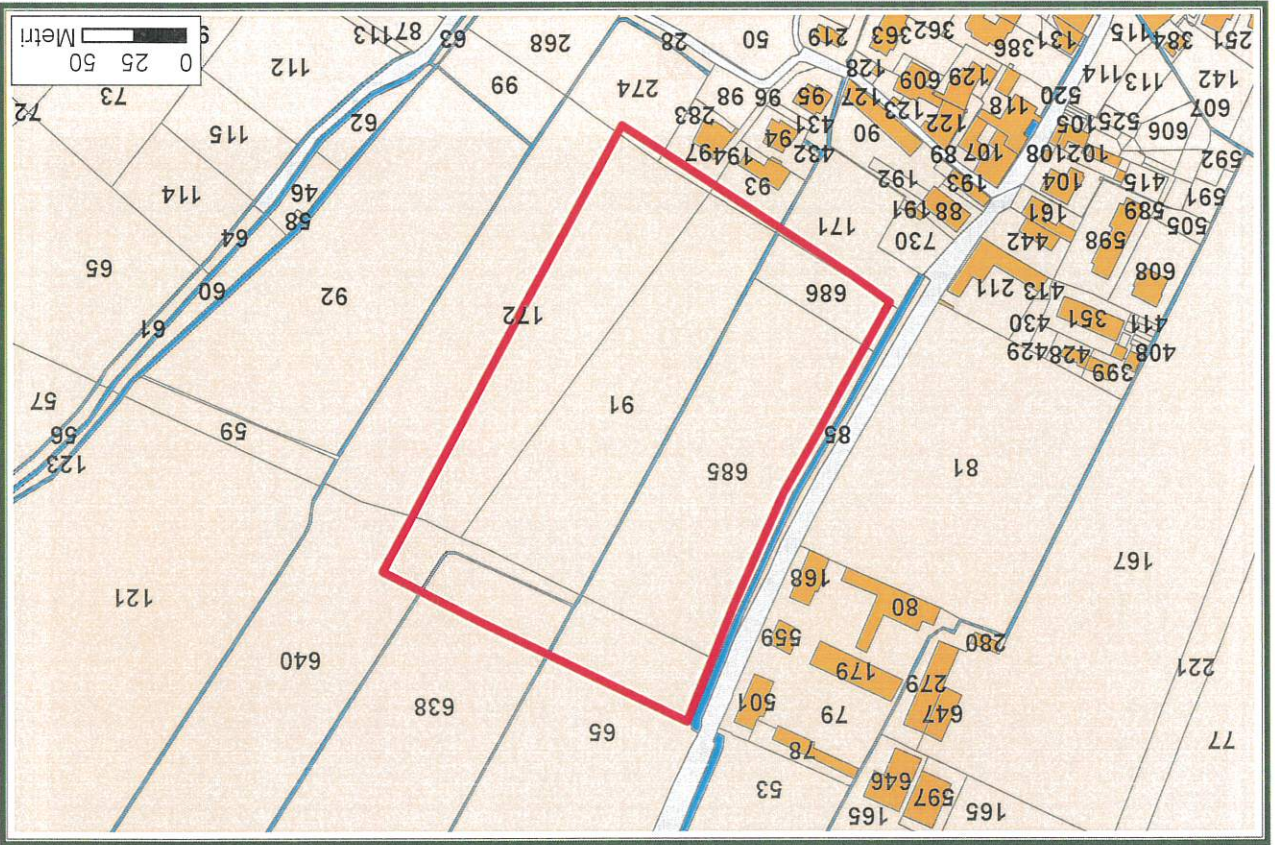


Fig. 2: Estratto di Mappa Catastale





OGGETTO

Comune di Vigolzone (PC)
 Permesso di costruire convenzionato
 al comparto R12a
 a destinazione residenziale

TITOLO

**PLANIMETRIA DELLE INDAGINI
 GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE**

Legenda

- P 2 DPSH
- HV 1 HVSR
- M 1 Prova sismica MASW
- Area dell'intervento



COROGRAFIA



Fig. 3

- n° 6 prove *penetrometriche dinamiche* DPSH con penetrometro Pagani TG 63-200 riportate in **Allegato I**;
- Indagini geofisiche di superficie (trattazione specifica in **allegato 2**) consiste in:

- n 2 prove MASW per la caratterizzazione della categoria di suolo sismico (VSeq)
- n 2 prove HVSR tipo Nakamura per la determinazione della frequenza sito specifica.

Dal confronto dei risultati ottenuti è stato possibile formulare un Modello Geologico-Geotecnico preliminare caratterizzante il primo sottosuolo. Un importante supporto, che integra ed approfondisce la conoscenza del territorio, sono le informazioni bibliografiche e d'archivio disponibili tra cui anche risultanze ottenute in occasione di pregresse indagini geognostiche svolte in aree prossime a quella di interesse e correlabili quindi al contesto geologico locale. I dati a disposizione permettono di delineare, nel loro insieme, una conoscenza di sito approfondita incrementando la risoluzione ed il dettaglio delle informazioni disponibili.

L'insieme delle informazioni raccolte ed il confronto incrociato dei risultati ottenuti hanno consentito di procedere, in un primo tempo, alla modellizzazione geologica e caratterizzazione geotecnica preliminare dei terreni investigati e, successivamente, ad una valutazione e stima preliminare del Carico Limite (SLU) a cui può essere assoggettato il terreno sede di imposta delle fondazioni dei futuri manufatti.

Sinteticamente le indagini eseguite furono sostanziate nelle seguenti operazioni:

- a) rilevamento geologico, geomorfologico ed indagini geognostiche/geofisiche di superficie utili alla modellazione geologica geotecnica ed idrogeologica preliminare sito specifica;
- b) caratterizzazione geomecanica di massima del terreno presente nel sottosuolo dell'area in esame, definizione della categoria di suolo sismico di fondazione e della frequenza sito specifica;
- c) considerazioni geotecniche qualitative e semi-quantitative sull'interazione tra opera/e in progetto ed assetto geologico locale;
- d) valutazioni in merito alla compatibilità tra l'intervento in progetto ed il contesto/pericolosità geambientale/i in cui si inserisce il volume significativo individuato.

2) NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988**
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992**
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996**
strutture metalliche.
- Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996**
Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi
- D.M. 16 Gennaio 1996**
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.**
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.**
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Decreto n. 159 del 14.9.2005**
Normative Tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Eurocodice 7**
Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- Eurocodice 8**
Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- D.M 14/01/2008**
Norme Tecniche per le Costruzioni
- D.M 17/01/2018**
Aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni

3) INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

L'area interessata dal presente studio risulta essere ubicata nella porzione meridionale del territorio comunale, nella periferia nord-orientale della Frazione di Villò, ad una quota media di circa 190 m s.l.m. (Fig. 1).

3.1 Inquadramento Geologico - Geomorfológico Regionale

L'area di indagine ricade entro il Foglio 179 denominato "Ponte dell'Olio" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50 000 (Fig. 4), a cavallo tra i Fogli 71 "Voghera" e 72 "Fiorenzuola d'Arda" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100 000 (1969), nella loro porzione settentrionale. L'area compresa entro il Foglio 179 rientra in quella parte di territorio che costituisce il raccordo tra le successioni poco disturbate del Bacino Terziario Piemontese e quelle intensamente tettonizzate dell'Appennino Settentrionale.

I caratteri geologici e geomorfologici entro cui si sviluppa il territorio comunale di Vigolzone sono il risultato dell'interazione tra le forze geodinamiche, le quali sono responsabili dell'impliamento e sollevamento dei sedimenti marini a seguito di movimenti ricollegabili alle varie fasi tettoniche appenniniche, e le azioni di weathering prodotte dall'esposizione atmosferica degli affioramenti, le quali hanno modellato il territorio circostante (Fig. 5). La fase geodinamica responsabile del sollevamento dell'Appennino Settentrionale, sviluppatasi a partire dal Cretaceo Superiore, è stata testimone di diversi momenti di acme tettonico:

- fase Iliure (Eocene medio);
- fase subliure (Oligocene superiore - Miocene inferiore);
- fase burdigaliana e toscana (Tortoniano);
- fase messiniana e plio-pleistocenica.

Il modello risultante di tale evento viene definito "modello del prisma di accrezione" il quale prevede che le unità paleo-geograficamente più interne siano poste tettonicamente più in alto rispetto a quelle esterne. Tale modello è appunto la conseguenza della subduzione della placca africana al di sotto di quella europea e della conseguente rotazione in senso antiorario del blocco Corso-Sardo (Oligocene) a causa dell'apertura del bacino di retroarco denominato Bacino Algero - Provenzale. In questo contesto geodinamico si ha la formazione di una serie di strutture di tipo fragile (sovrascorimenti e faglie inverse) e di tipo duttile (pieghe spesso rovesce) caratteristiche di una tettonica di tipo compressivo, caratterizzate da una vergenza di tipo appenninica (NW) e assi

strutturali in direzione NE-SW. Le successioni continentali (sostanzialmente quaternarie) non evidenziano, nelle porzioni superficiali affioranti, deformazioni duttili e/o fragili. Questi depositi sono andati progressivamente a suturare i resti del bacino marino padano, attraverso un'alternanza di fasi erosive e deposizionali. Una vasta superficie erosionale separa le successioni continentali di piana e conide alluvionale dai sottostanti depositi marini mio-pleiocenici.

Tali successioni continentali sono state recentemente oggetto di una nuova classificazione gerarchica in modo tale da poter meglio ripartire i depositi quaternari di pianura. La definizione stratigrafica adottata segue un approccio basato sull'identificazione di sequenze di strati delimitati da superfici-tempo e sulla relazione genetica tra sistemi deposizionali coevi.

Si distinguono così due sequenze principali denominate:

- Supersistema del Quaternario marino, costituito da depositi di ambiente marino;
- Supersistema Emiliano-Romagnolo, (sigla "AE"), costituito da depositi continentali.

A sua volta quest'ultimo è suddiviso in:

- Sistema (o Alloformazione) Emiliano-Romagnolo Inferiore "AEI" (Pliocene medio);
- Sistema (o Alloformazione) Emiliano-Romagnolo Superiore "AES" (Pleistocene superiore - Olocene).

Inoltre, la suddivisione tende ad includere altre categorie minori quali i Subintemi e le Unità. Il sistema classificativo delle unità geologico-stratigrafiche assume pertanto un'organizzazione gerarchica che trova corrispondenza con la ciclicità climatico - deposizionale delle fasi glaciali ed interglaciali. Durante le fasi glaciali, i bacini di alimentazione dei corsi d'acqua si trovavano in condizioni di resistasia ed il paesaggio era contraddistinto da azioni erosive prevalenti sulla pedogenesi; si produssero così grandi quantità di detriti che i corsi d'acqua distribuirono più a valle. Durante le fasi interglaciali le condizioni si invertono, e il paesaggio si evolve da condizioni di resistasia a condizioni di biostasia; i corsi d'acqua cominciano così ad incidere le loro alluvioni, creando quelle morfosculture note come terrazze fluviali.

Le importanti traslazioni pleistoceniche dell'edificio appenninico hanno portato le successioni emiliane ad avanzare verso settentrione, accavallandosi sui depositi medio miocenici oggi presenti nel sottosuolo. Anche il bacino padano risulta interessato dalla strutturazione pleio-pleistocenica con una serie di accavallamenti che si spingono verso N, oltre l'attuale corso del Po, costituendo nel loro insieme il cosiddetto "Fronte sepolto dell'Appennino".

3.2 Aspetti Geologici - Geomorfologici dell'area in esame

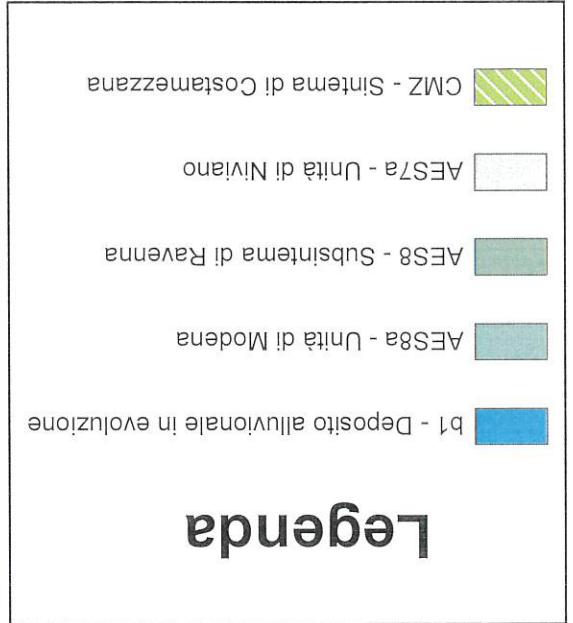
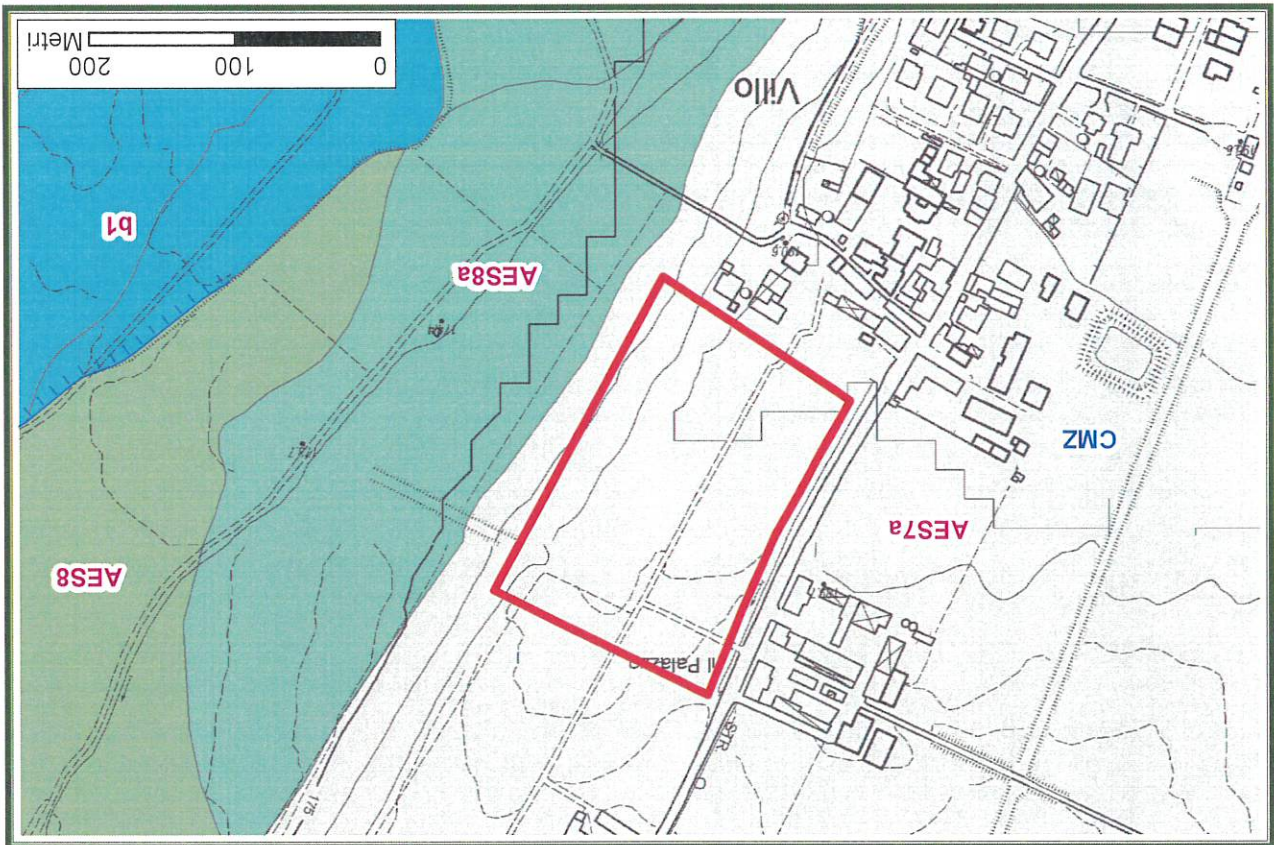
Il territorio comunale di Vigolzone può essere suddiviso in diverse porzioni: quella nord-occidentale che si sviluppa sull'alta pianura emiliana; quella nord-orientale e centrale (alla quale appartiene l'area di studio) corrispondente ad una successione di antichi ripiani terrazzati di origine fluviale immergenti in direzione NNW e delimitati da scarpate di altezza molto variabile, (da pochi metri ad alcune decine di metri); e quella meridionale, modellata in unità tettoniche di età pre-quadernaria con tipica morfologia collinare.

La zona interessata dal presente studio, dal punto di vista geologico e geomorfologico, si trova in corrispondenza di un terrazzo impostato su depositi alluvionali quaternari. Tale "terrazzo" impostato nelle "Alluvioni Medie" progreda con una pendenza media del 0,5% verso nord/norddest e risulta limitato in tale direzione dalla scarpata che fa da raccordo alle geometricamente sottostanti "Alluvioni Recenti ed Attuali" del T. Nure, mentre verso Sud il limite è costituito dalla scarpata delimitante il terrazzo deposizionale impostato sulle "Alluvioni Antiche" mentre a ovest sono presenti i rilievi collinari. Nel dettaglio, i depositi affioranti nell'area oggetto di studio sono stati identificati come appartenenti al Sistema emiliano-romagnolo superiore e più in particolare al Subsistema di Villaverrucchio, *Unità di Niviano "AESTA"* (Fig. 6). I terreni riconducibili a tale Unità, stratigraficamente, sono caratterizzabili come: "Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati: depositi di conoidi ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi di interconoidi. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 4-5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composta e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri; il profilo di alterazione è molto evoluto. Lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri".

In ordine di sovrapposizione tettono-stratigrafica, al di sotto dei depositi appartenenti al ciclo Quaternario Continentale sopra descritti, troviamo i terreni sedimentari continentali e paralicoidi riconducibili al *Sistema di Costamezzana CMZ*. Il Super-sistema Emiliano-Romagnolo giace infatti in discordanza sul Sistema di Costamezzana, di età Pleistocene inferiore, appartenente al Super-sistema del Quaternario Marino, costituito da depositi di piana alluvionale e deltizia.

Il sistema di Costamezzana è costituito da limi e limi sabbiosi prevalenti con intercalazioni di sabbie limose, di colore grigio azzurrigno, giallo ocraceo all'alterazione; sono frequenti i livelli ricchi in sostanza organica (prevalentemente frustoli carboniosi) e con presenza di macrofossili di ambiente continentale (Gasteropodi a guscio sottile): depositi di piana alluvionale e deltizia. In corrispondenza dei paleo-apparati fluvio-deltizi principali (T. Tidone, F. Trebbia e T. Nure) sono, al contrario,

CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA - ROMAGNA

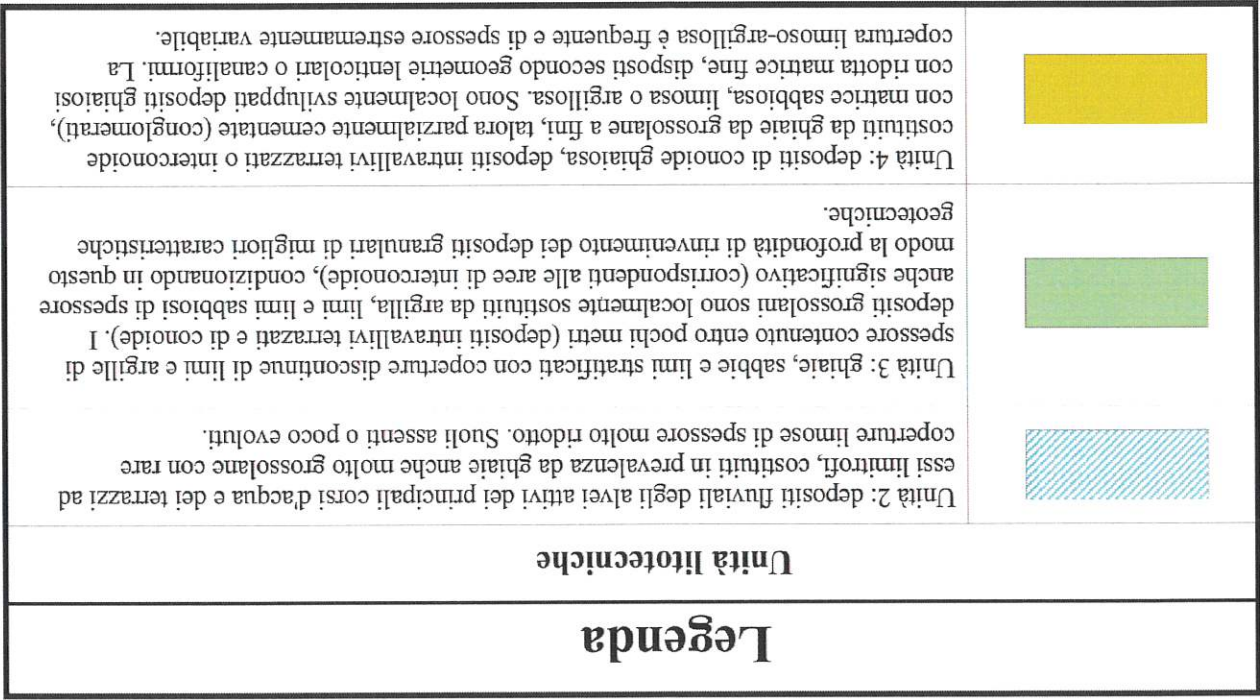


Descrizione tipologica:	Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati; depositi di conoidi ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie; depositi di interconoidi. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 4-5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composta e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri; il profilo di alterazione è molto evoluto. Lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri.
Ambiente:	Piana alluvionale
Ubicazione:	Planura
Descrizione litotecnica:	CS - Sabbie e areniti poco cementate. Sabbie e areniti stratificate con eventuale rara presenza di livelli pelitici, poco cementate.
Dominio:	Padano Adriatico
Gruppo:	B07 Sabbie Gialle

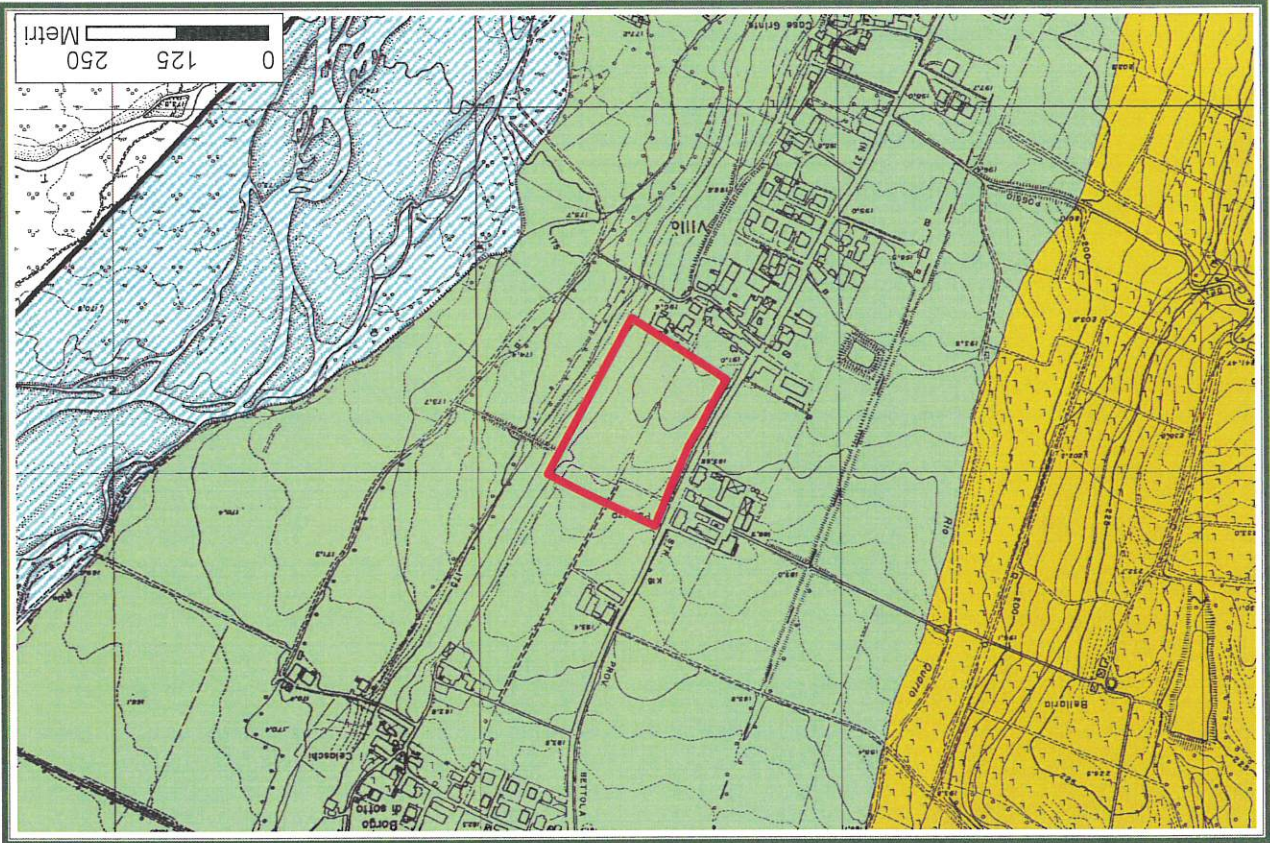
CMZ - Sistema di Costamezzana

Fig. 6: Estratto Carta Geologica Regionale

Fig. 7: Estratto Carta degli Aspetti Litologici e Litotecnici - PSC di Vigolzone



Legenda



ASPETTI LITOLOGICI E LITOTECNICI

preponderanti ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie spesso cementate, di colore grigio-verdastro, ocraceo all'alterazione: depositi di riempimento di canale distributore e, localmente, di conoide alluvionale distale e delta-conoide. Pliocene superiore - Pleistocene inferiore.

Il sistema classificativo delle unità geologico-stratigrafiche e tettoniche assume pertanto un'organizzazione gerarchica che trova corrispondenze con la ciclicità climatico-deposizionale delle fasi glaciali ed interglaciali nonché correlazioni con le unità idrostratigrafiche (in termini di gruppi e complessi acquiferi).

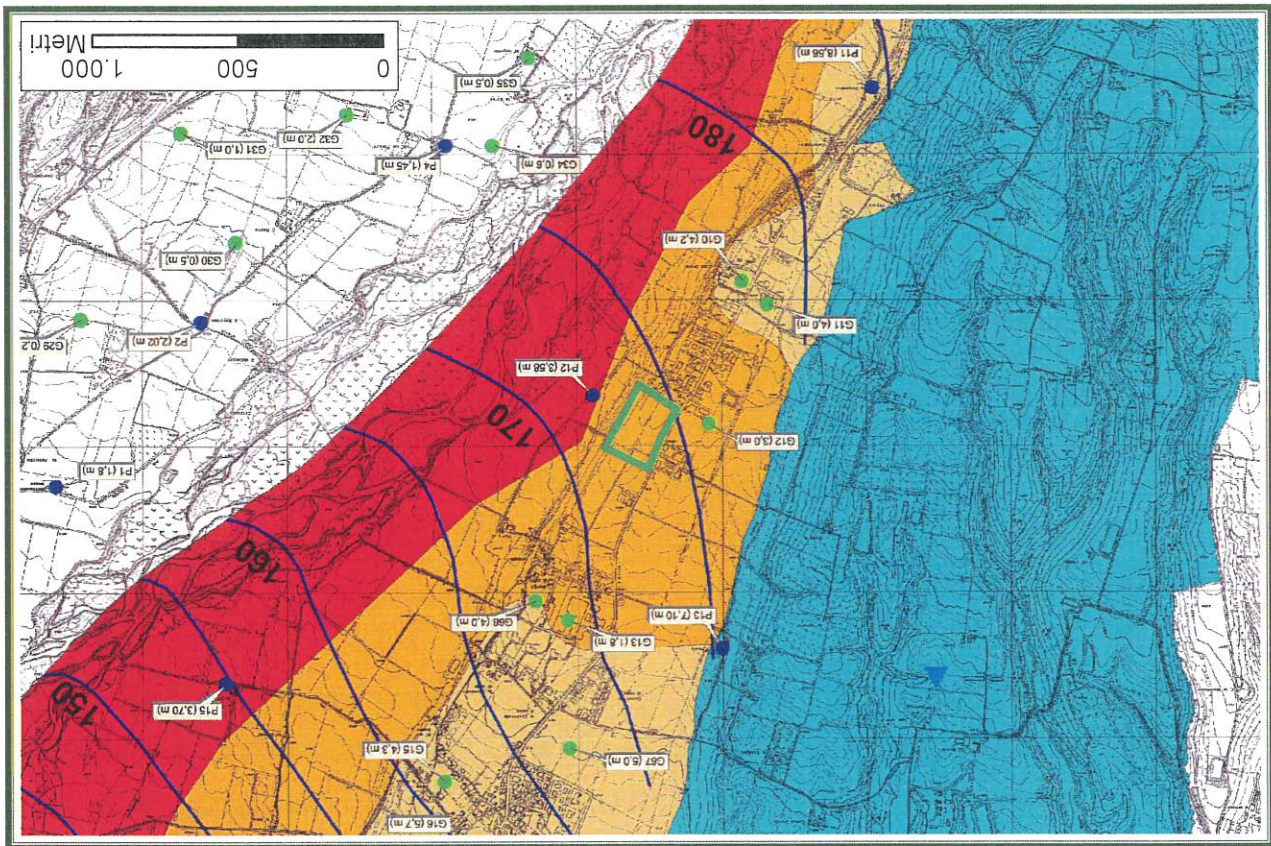
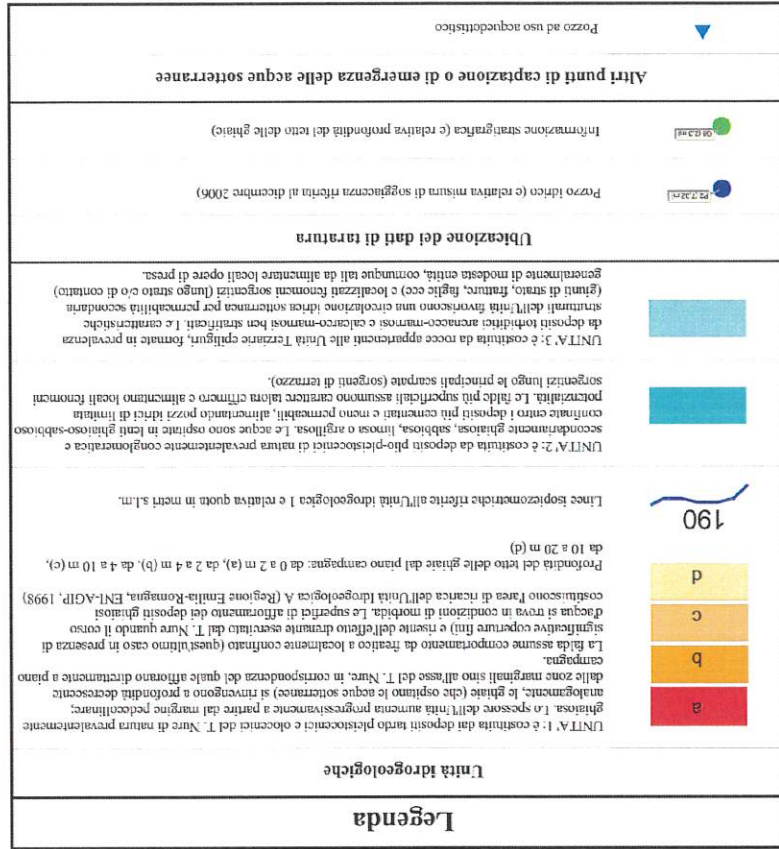
La Carta degli Aspetti Litologici e Litotecnici del PSC (Fig. 7) conferma che il sito è costituito in prevalenza da ghiaie, sabbie e limi stratificati con coperture discontinue di limi e argille di spessore contenuto entro pochi metri (depositi intravallivi terrazzati e di conoide). I depositi grossolani sono localmente sostituiti da argilla, limi e limi sabbiosi di spessore anche significativo (corrispondenti alle aree di interconoide), condizionando in questo modo la profondità di rinvenimento dei depositi granulari di migliori caratteristiche geotecniche.

3.3 Idrografia ed Idrogeologia (cenni)

Il reticolo idrografico presenta come elemento principale il Torrente Nure, ubicato circa 400 m ad est del sito di interesse, a cui si aggiunge una fitta rete di corpi idrici secondari (riti e canali di ordine inferiore) uno dei quali scorre lungo il limite occidentale dell'area di studio. Il T. Nure è caratterizzato da un alveo inciso nel materasso alluvionale avente una conformazione di drenaggio a canali anastomizzati nella pianura pedemontana meridionale, a canale singolo o doppio con andamento rettilineo nella pianura pedemontana settentrionale (procedendo verso valle) e a meandri nel tratto di pianura a crescita verticale.

La suddivisione morfologica del territorio, con distinzione della fascia di pianura e dei terrazzi e della fascia collinare-montana, è utile anche per definire lo schema di circolazione idrica del sottosuolo: le acque sotterranee, infatti, sono ospitate in corpi acquiferi costituiti dagli stessi depositi delle unità terziarie e quaternarie, di permeabilità e trasmissività così caratteristiche da assumere anche il connotato di Unità idrogeologiche. Dalla cartografia idrogeologica del PSC di Vigolzone (Fig. 8), si osserva che l'area oggetto del presente studio è stata inserita entro l'unità idrogeologica n. 1. Tale unità è costituita dai depositi tardo pleistocenici e olocenici del T. Nure di natura prevalentemente

Fig. 8: Estratto Carta degli Aspetti Idrogeologici - PSC di Vigolzone



CARTA IDROGEOLOGICA

ghiaiosa. Lo spessore dell'Unità aumenta progressivamente a partire dal margine pedecollinare; analoga, le ghiaie (che ospitano le acque sotterranee) affiorano a profondità decrescente dalle zone marginali sino all'asse del T. Nure, in corrispondenza del quale affiorano direttamente a piano campagna. La falda assume comportamento da freatico a localmente confinato (quest'ultimo caso in presenza di significative coperture fini) e risente dell'effetto drenante esercitato dal T. Nure quando il corso d'acqua si trova in condizioni di morbida. Le superfici di affioramento dei depositi ghiaiosi costituiscono l'area di ricarica dell'Unità Idrogeologica A (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998). L'Unità in questione costituisce il sistema acquifero tradizionale, interessato da un discreto numero di pozzi, alcuni dei quali utilizzati dal dott. Geol. Emanuele Emani, autore del PSC, durante la campagna di misure piezometriche per ricostruire la superficie di falda e le relative linee di flusso. Dalla ricostruzione delle linee isopiezometriche si rilevano linee di flusso con direzione verso quadranti settentrionali o N-occidentali, evidenziando come il T. Nure costituisca l'asse di drenaggio di tutte le acque sotterranee a partire dal suo sbocco in pianura. La situazione, tuttavia, è riferita ad un periodo di magra del corso d'acqua mentre, in occasione delle principali piene, è ipotizzabile che avvenga, almeno localmente, una inversione del regime di alimentazione. Quanto sopra, pertanto, conferma come il complesso delle acque sotterranee ed il sistema idrografico superficiale (centrato sulla presenza del T. Nure) siano fra loro interconnessi secondo un delicato equilibrio: tale fattore gioca un importante ruolo sull'acquifero in termini di variazioni periodiche della superficie piezometrica e, soprattutto, in termini di regimi di alimentazione. Va rammentato, infatti, come l'Unità in questione costituisca una zona di ricarica degli acquiferi e come l'eventuale infiltrazione di sostanze inquinate possa compromettere anche la qualità delle acque sotterranee di estesi lembi di pianura.

Dalla lettura della carta idrogeologica del PSC (Fig. 8) si evince che la falda in corrispondenza del sito in esame ha una soggiacenza pari a circa 15.0 m dal p.c.

La presenza di orizzonti saturi superficiali, pur non essendo particolarmente rilevante ai fini idrogeologici, è significativa soprattutto dal punto di vista geomorfologico. La variabilità spazio/temporale che caratterizza la falda superficiale può essere condizionata da diversi fattori tra cui la ciclicità del regime climatico stagionale in cui i periodi siccitosi (estate) portano alla depressione del livello piezometrico, mentre i periodi climatici piovosi ne aumentano il livello portando alla coalescenza tra le falde sospese. Anche l'attività antropica potrebbe perturbare l'evoluzione dei processi naturali sovrapponendovi fattori contraddistinti anch'essi da una certa variabilità. La competenza dei corpi idrici presenti nel primo sottosuolo si riconosce quindi nel ruolo

geotecnico (più che in quello idrogeologico): la presenza di orizzonti saturi superficiali, infatti, condiziona le proprietà geomecchaniche del terreno con possibili conseguenze sulle strutture fondazionali interagenti. Gli effetti delle variazioni cicliche nel contenuto naturale di umidità nel terreno interessano in modo particolare i minerali argillosi costituenti che, per struttura, sono più di altri soggetti a variazioni reologiche. Questo fenomeno, schematizzabile in un'alternanza ciclica di umattazione ed essiccamento, può causare locali ed indesiderati cedimenti strutturali, specie nel caso di una errata scelta della quota del piano fondazionale.




3.4 Pericolosità Geo-ambientale e Strumenti Urbanistici

Come evidenziato nelle carte della pericolosità da alluvione della Direttiva 2007/60/CE (Direttiva alluvioni), l'area di studio ricade all'esterno degli scenari di rischio relativamente al reticolo secondario collinare e montano (Fig. 9); nella cartografia del dissesto del PTCP (Fig. 10) in corrispondenza dell'area viene segnalata la presenza di deposito alluvionale terrazzato.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici (Fig. 11) il sito in oggetto ricade in una zona caratterizzata da depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati e substrato roccioso con $V_{S30} < 800$ m/s e assimilabili. Tra gli effetti attesi si segnala l'amplificazione litologica ed è richiesto il II livello di approfondimento.

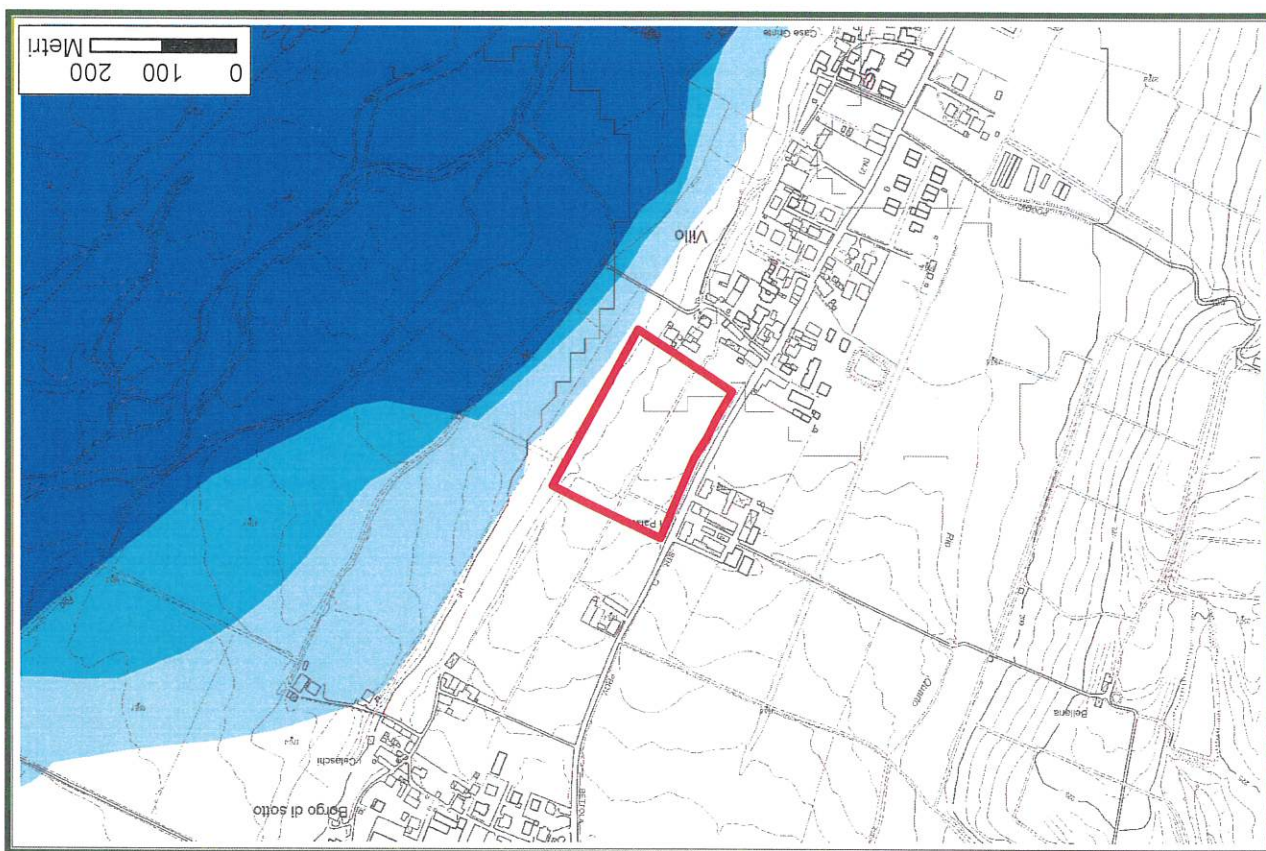
Dall'analisi della Carta della Vulnerabilità degli acquiferi del PSC (Fig. 12) si evince che l'area di studio è caratterizzata da una vulnerabilità da Alta ad Elevata, localmente ridotta in caso di coperture fini di spessore metrico. Anche il PTCP (Fig. 13) conferma l'elevata vulnerabilità e inserisce il sito nel settore di ricarica di tipo A – ricarica diretta.

Nella carta della fattibilità geologica del PSC (Fig. 14), l'area di interesse viene classificata come *“Zona a fattibilità senza particolari limitazioni”*. In tale classe ricadono le aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle particelle. Sono presenti depositi prevalentemente granulari, a comportamento incoerente (con possibili sottili coperture fini) in genere caratterizzati da buona capacità portante. È comunque necessaria una caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni di fondazione per opere di nuova edificazione secondo le N.T.C. 2018. La vulnerabilità dell'acquifero

-  P1 - L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)
-  P2 - M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
-  P3 - H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)

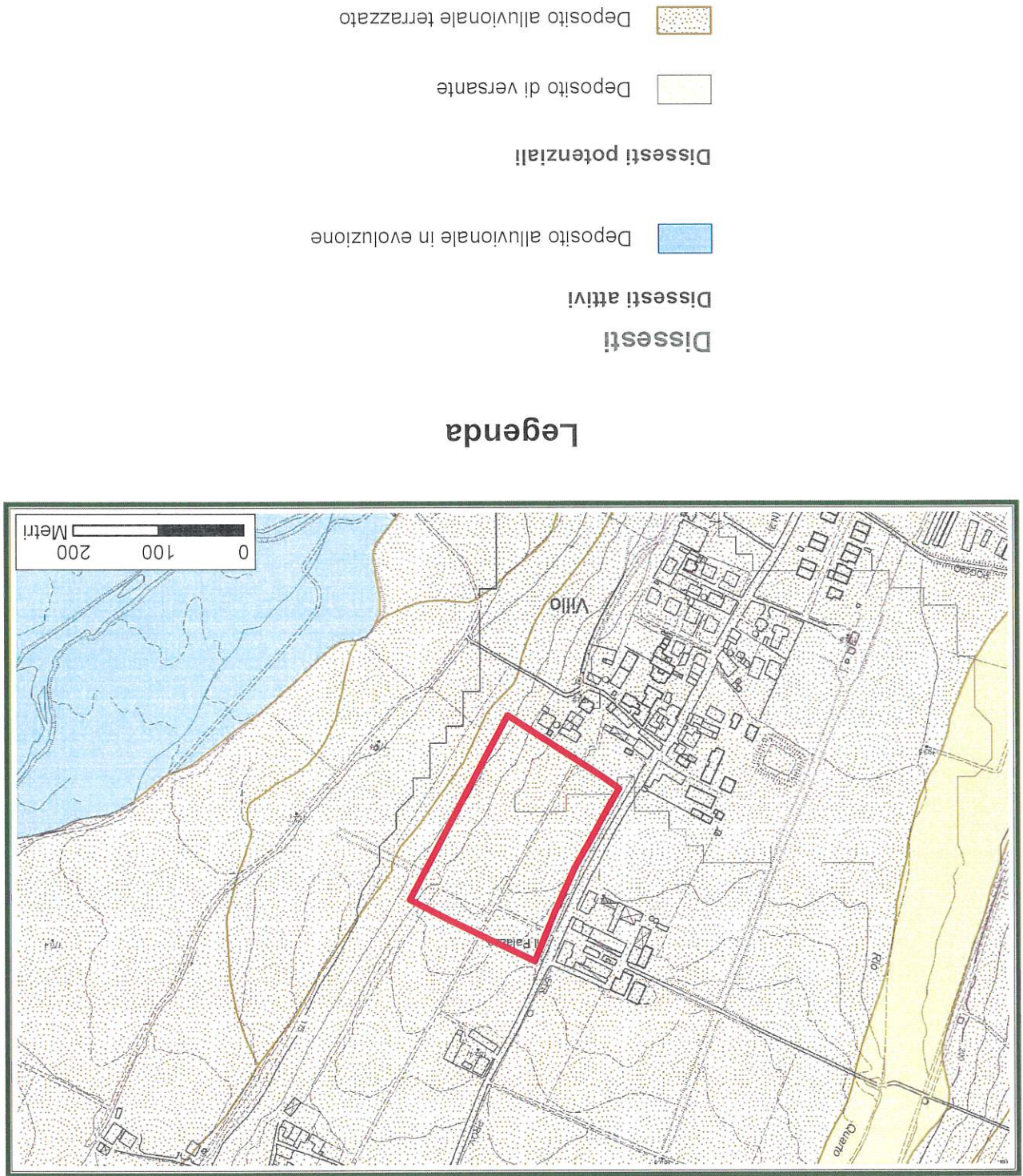
Pericolosità da alluvione del reticolo secondario collinare e montano

Legenda



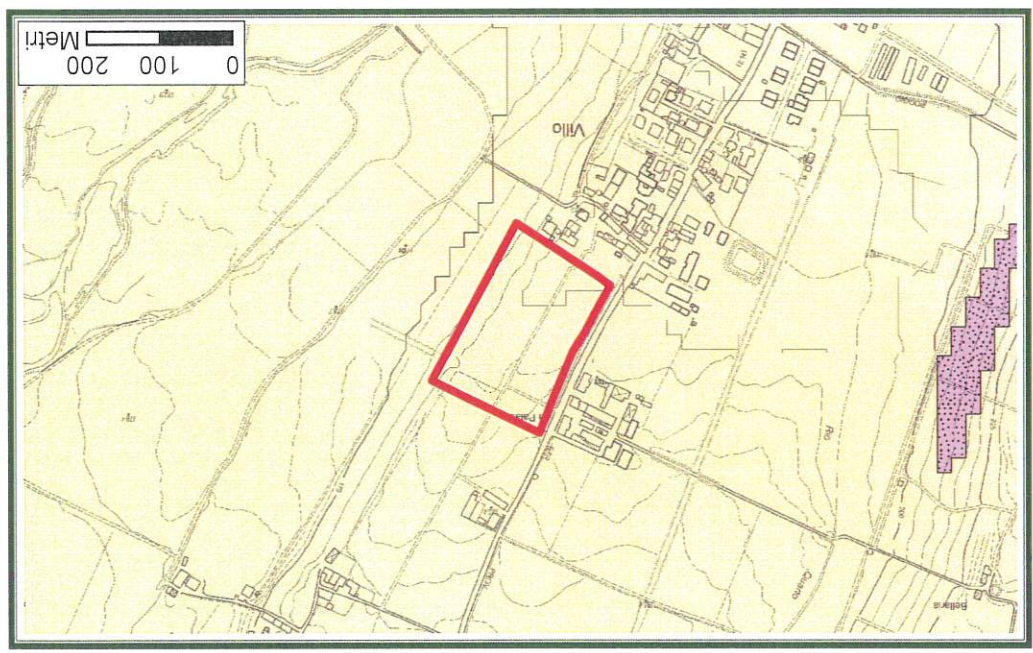
PERICOLOSITÀ DA ALLUVIONE DEL RETICOLO SECONDARIO COLLINARE E MONTANO

Fig. 10: Estratto Carta del dissesto del PTCP



CARTA DEL DISSESTO DEL PTCP

CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI SISMICI LOCALI



Legenda

Depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con $V_{s30} < 800$ m/s e assimilabili



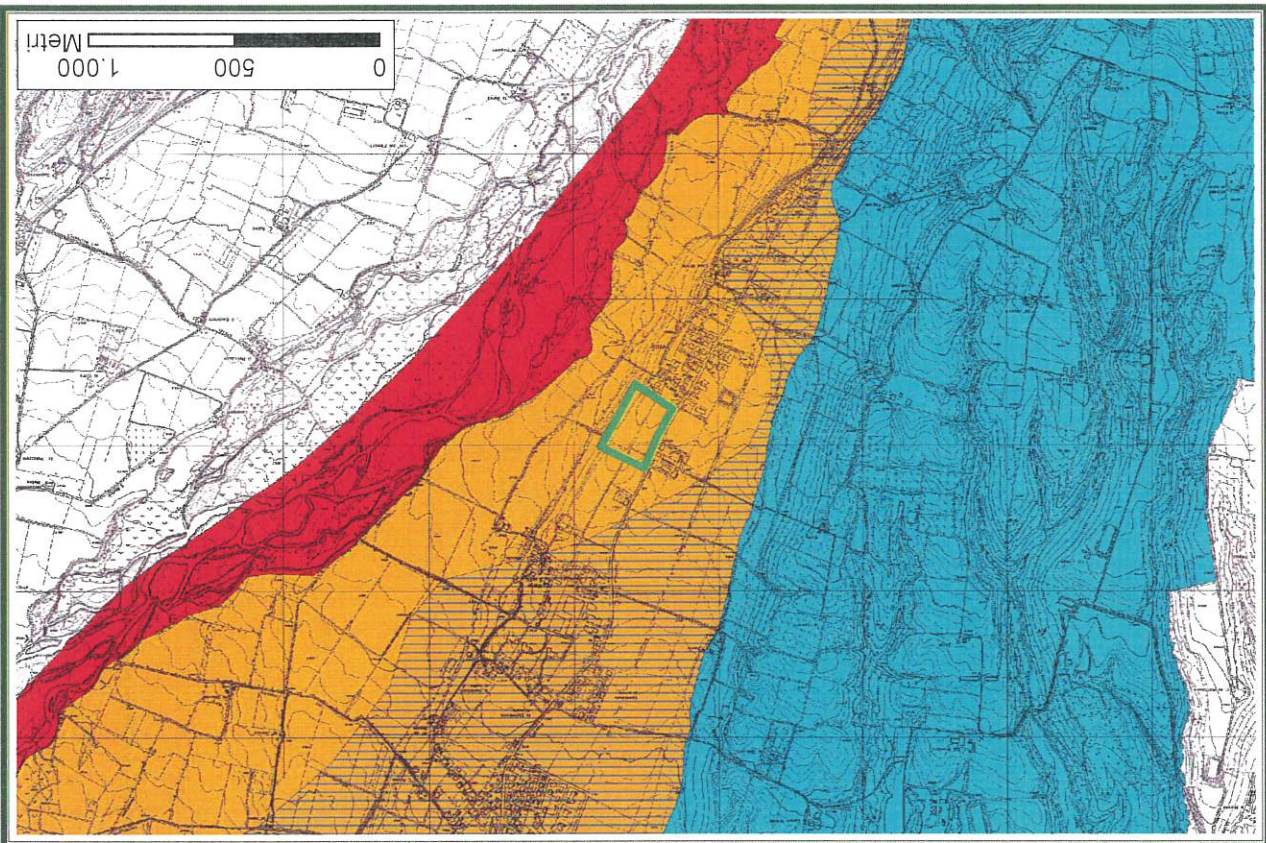
Depositi detritici, depositi alluvionali ghiaiosi, limosi o indifferenziati, substrato roccioso con $V_{s30} < 800$ m/s e assimilabili con inclinazione critica (pendenza $> 15^\circ$ e dislivello ≥ 30 m)



EFFETTI DI SITO		LIVELLO DI APPROFONDIMENTO		CLASSE	
instabilità cedimenti	liquefazione	instabilità di versante	amplificazione litologica	amplificazione topografica	litologica
					F1i
			X	X	F1
			X	X	F2i
			X	X	F2
			X	X	D1
			X	X	SI
		X			CI
	X				S
		X			C
				X	T
			X		I
				X	D
					R
(II, classe D, se si esclude il rischio di liquefazione)					
(II, classe D, se si esclude il rischio di cedimenti)					
(III, classe D, in caso di inclinazione critica degli eventuali orizzonti di alterazione/strutturazione di spessore > 5 m)					
(III, classe D, in caso di orizzonti di alterazione/strutturazione di spessore > 5 m)					
(II, classe D, in caso di orizzonti di alterazione/strutturazione di spessore > 5 m)					
(II, classe D, in caso di orizzonti di alterazione/strutturazione di spessore > 5 m)					

Fig. 11: Estratto Carta delle aree suscettibili di effetti sismici locali del PTCP

CARTA DELLA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI



Legenda

(Criterio di valutazione della vulnerabilità: metodo GOD)


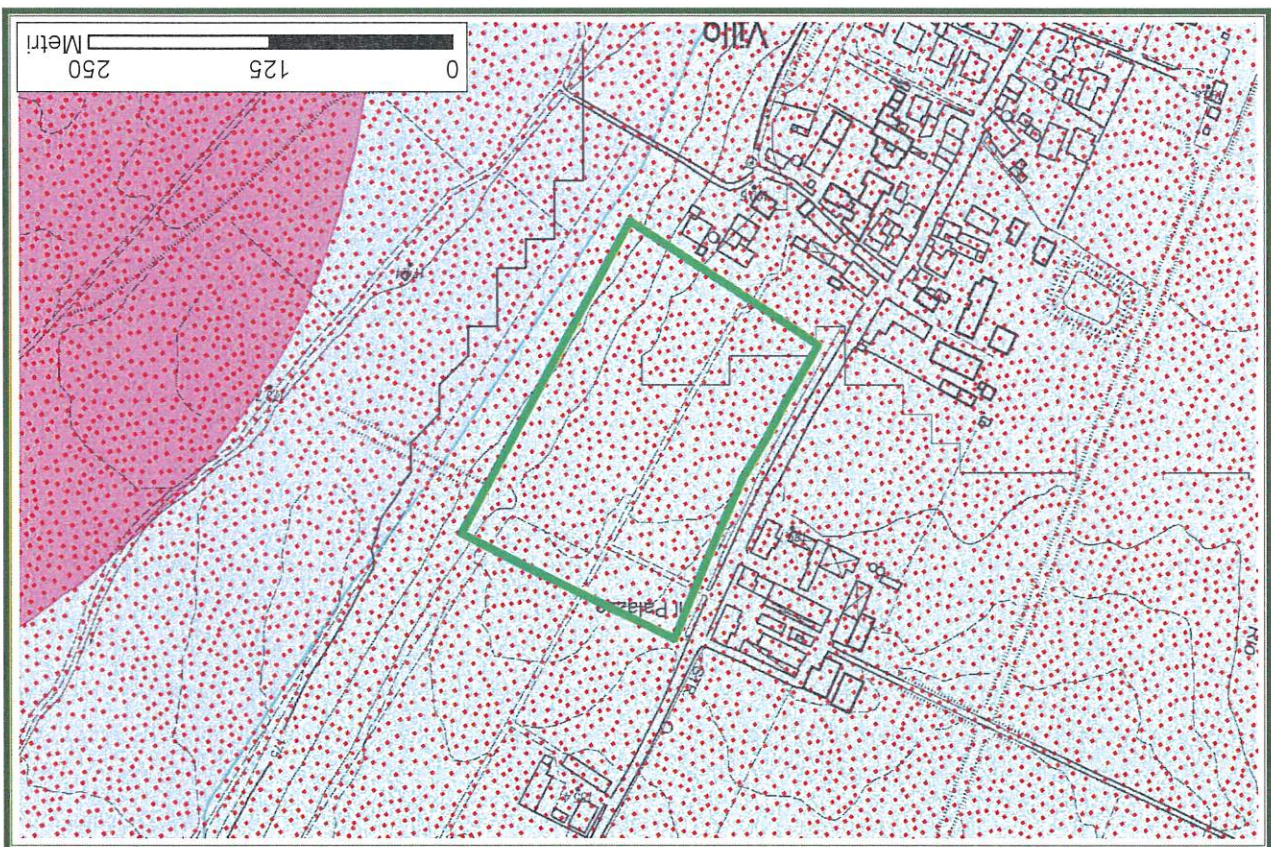
Classe	Soglia media	Litologia insaturo	Tipo di acquifero	Vulnerabilità
	inferiore a 2 metri	ghiaia, generalmente priva di coperture fini	libero	ELEVATA
	a) da 2 a 5 metri b) da 5 a 10 metri c) maggiore di 10 metri	ghiaia con coperture fini di spessore variabile	da libero a localmente confinato	da ALTA a ELEVATA, localmente ridotta in caso di coperture fini di spessore metrico
	variabile	ghiaia (e conglomerati) con consistenti coperture di natura limosa e argillosa	da confinato ad artesiano	da BASSA a MODERATA, locali incrementi degli indici di vulnerabilità in caso di riduzione delle coperture fini
		circolazione idrica sotterranea per permeabilità secondaria in depositi torbiditici arenaceo marnosi e calcareo marnosi		da ELEVATA in corrispondenza delle aree d'infiltrazione a NULLA in assenza di strutture permeabili superficiali di connessione con il circuito acquifero sottostante
		area priva di significativi sistemi acquiferi		

Fig. 12: Estratto Carta della Vulnerabilità degli Acquiferi - PSC di Vigolzone

CARTA DELLA TUTELA DELLE RISORSE IDRICHE



Legenda

Zone di protezione delle acque sotterranee

Area di ricarica

Territorio di pedecollina-pianura

Settore di ricarica di tipo D - Alimentazione laterale subalvea

Settore di ricarica di tipo A - Ricarica diretta

Settore di ricarica di tipo B - Ricarica indiretta

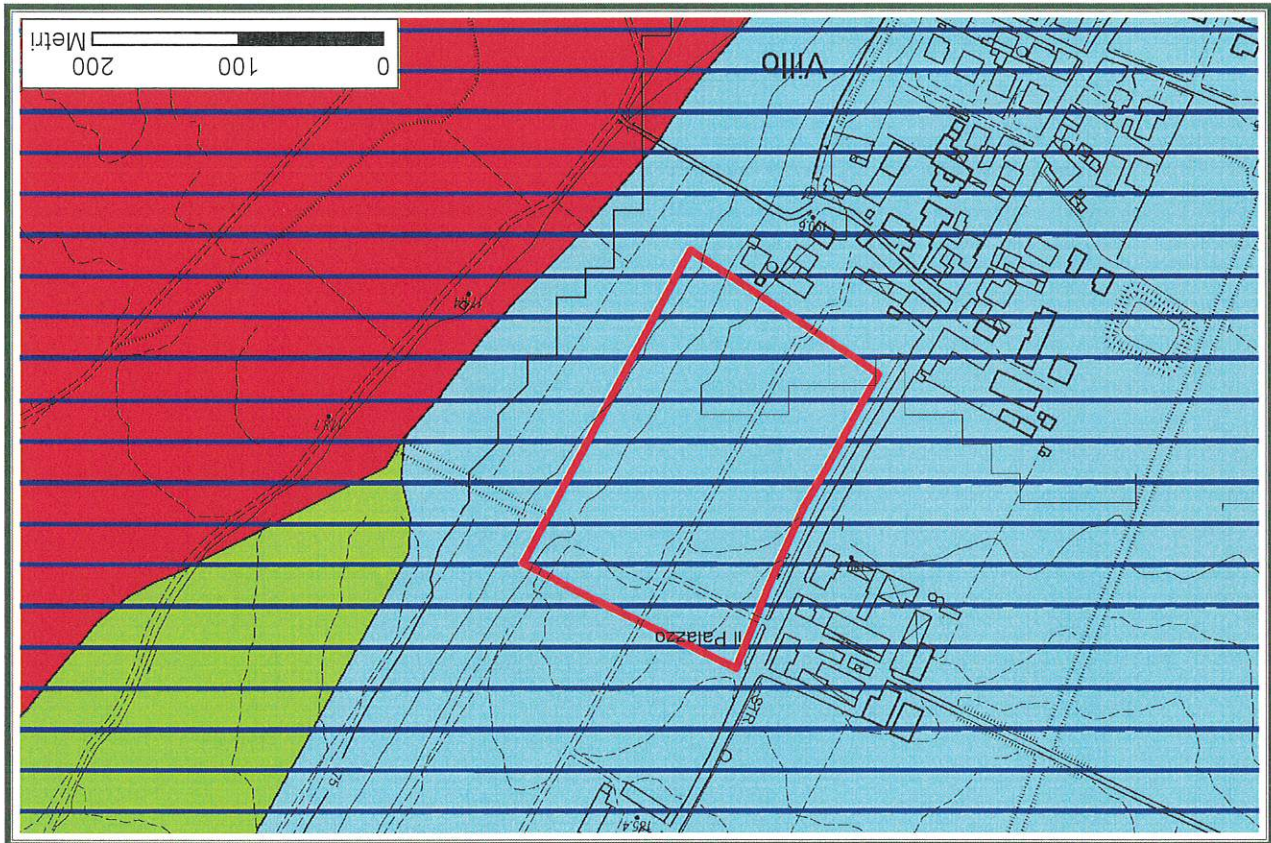
Area critiche

Zone di vulnerabilità intrinseca alta, elevata ed estremamente elevata dell'acquifero superficiale

Fig. 13: Estratto Carta della Tutela delle Risorse Idriche del PTCF

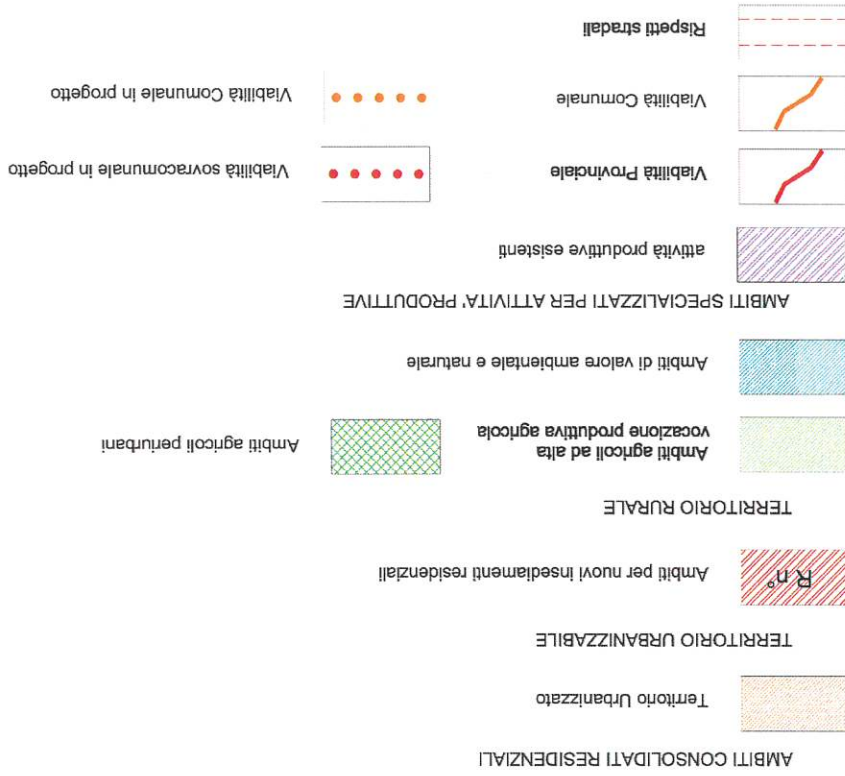
Fig. 14: Estratto Carta della fattibilità geologica - PSC di Vigolzone

Fattibilità geologica in relazione al rischio sismico		
Simbolo	Classi di fattibilità	Considerazioni
	La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate limitazioni connesse a particolari comportamenti del terreno in caso di sisma.	Aree interessate da altri depositi potenzialmente interessati da sistemi (1).
Prescrizioni		Applicazione dei disposti dell'art. 41 dell'Allegato A alla Decisione dell'Assemblea legislativa n. 112 - agosto n. 3121 del 2 maggio 2007 (area che necessano dell'analisi sismica (secondo livello di approfondimento).
Fattibilità geologica con limitazioni		
Simbolo	Classi di fattibilità	Considerazioni
	AREE SPAVOROVOLU ALTERNEDIAMENTO CLASSE 3	Fascia A e B del PAL aree ad elevato rischio di esondazione del T. Nure e di altri corsi d'acqua minori.
	RELATIVAMENTE CONSISTENTE CLASSE 2 B	Fascia C del PAL area a limitato rischio di esondazione solo in occasione di piene eccezionali
Prescrizioni		Applicazione dei disposti delle NTA PAL e del PTCF vigente.
Simbolo	Classi di fattibilità	Considerazioni
	CLASSE 1	Depositi prevalentemente granulari, a comportamento incoerente (con possibili sottili coperture fini) in genere caratterizzati da buona capacità portante.
Prescrizioni		Caratterizzazione geologico-terrena del sito (D.M. 11.03.1988 e s.m.i.) Individuazione di adeguati corpi idrici recettori per le acque meteoriche provenienti da nuovi interventi di urbanizzazione e infrastrutturazione. Tutela qualitativa delle acque sotterranee attraverso puntuali studi di fattibilità nel caso di attività potenzialmente contaminanti (vedi fogliatura, scarti ecc.) Verifica puntuale della quota della falda ai fini della possibile realizzazione di scartanti.
Prescrizioni		Individuazione di adeguati corpi idrici recettori per le acque meteoriche provenienti da nuovi interventi di urbanizzazione e infrastrutturazione. Tutela qualitativa delle acque sotterranee attraverso puntuali studi di fattibilità nel caso di attività potenzialmente contaminanti (vedi fogliatura, scarti ecc.) Verifica puntuale della quota della falda ai fini della possibile realizzazione di scartanti.

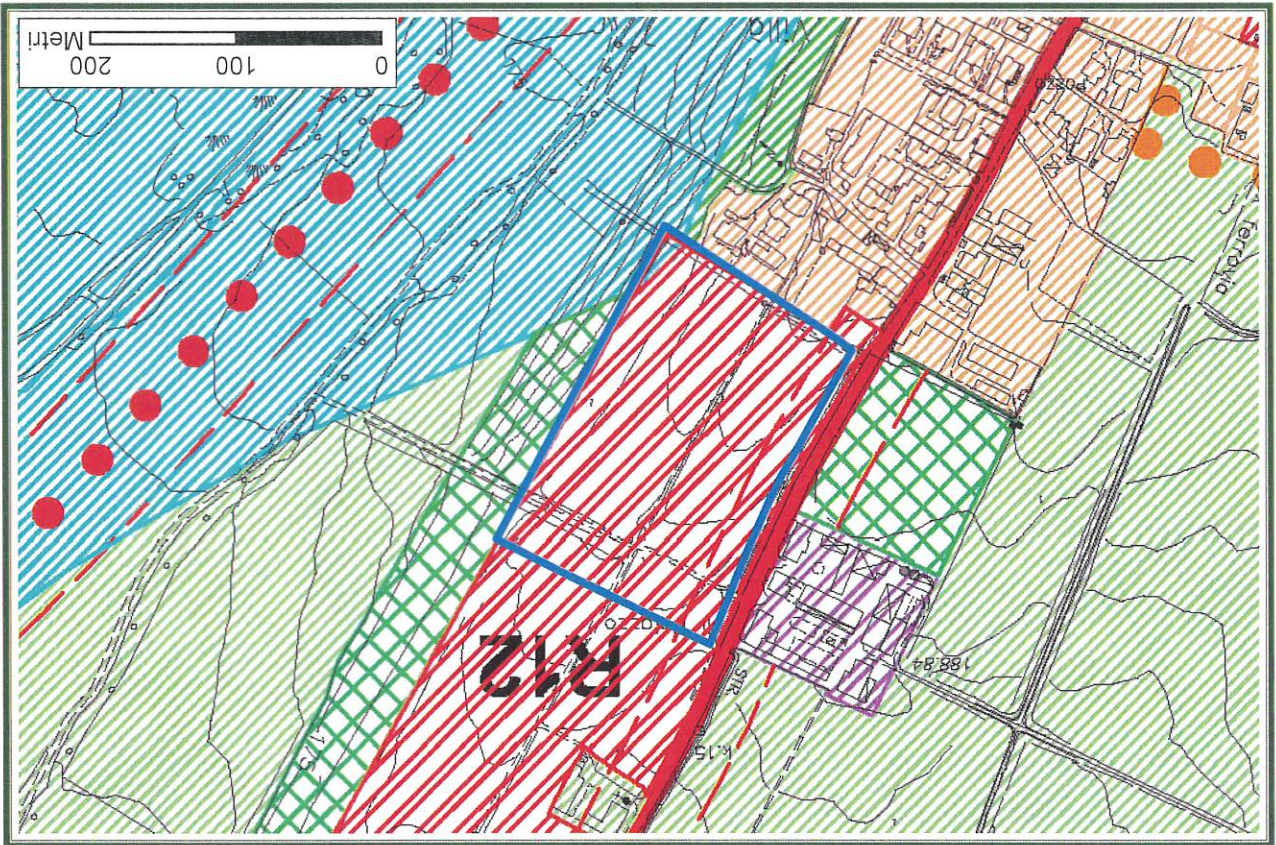


CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA

Fig. 15: Estratto Carta Progetto - PSC di Vigolzone

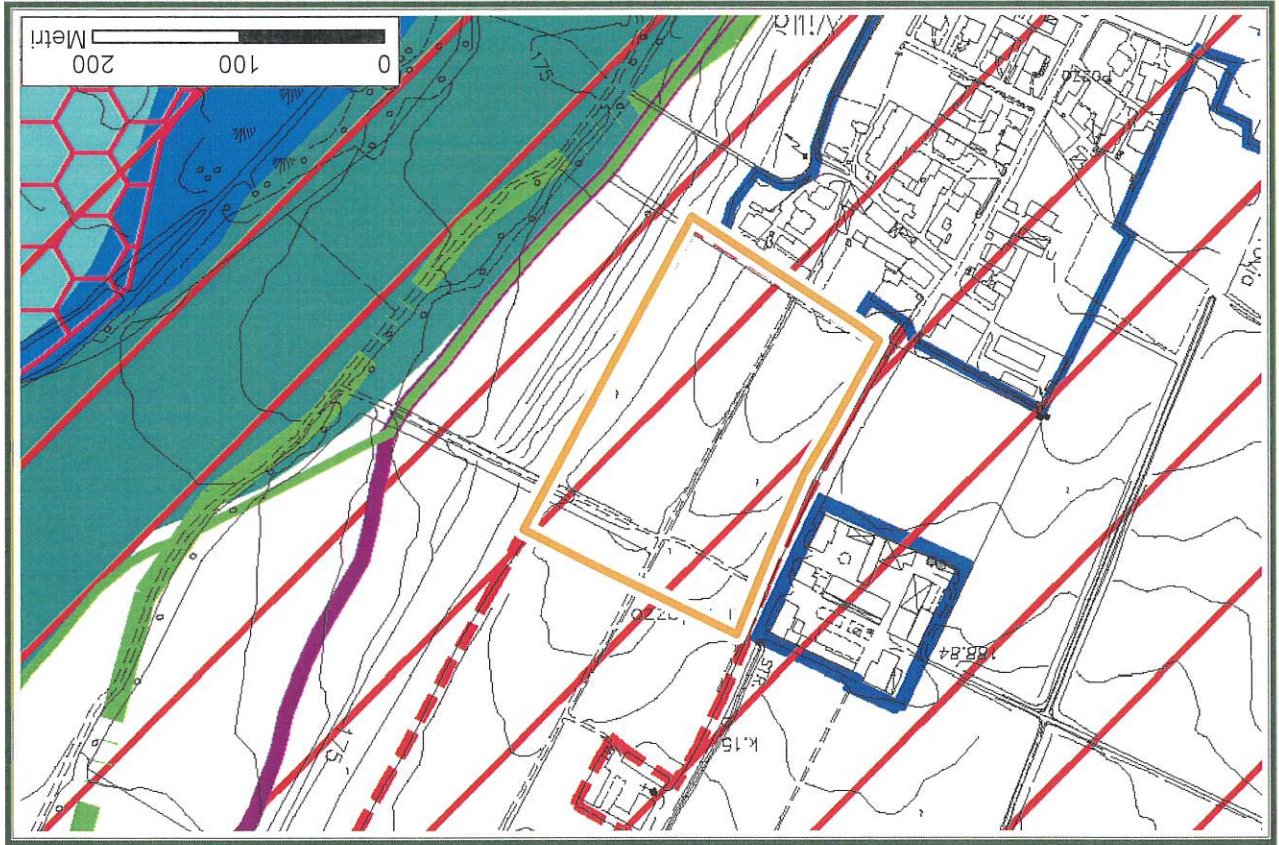


Legenda



CARTA PROGETTO DEL PSC

CARTA VINCOLI E TUTELE AMBIENTALI DEL PSC



Legenda




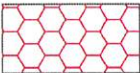








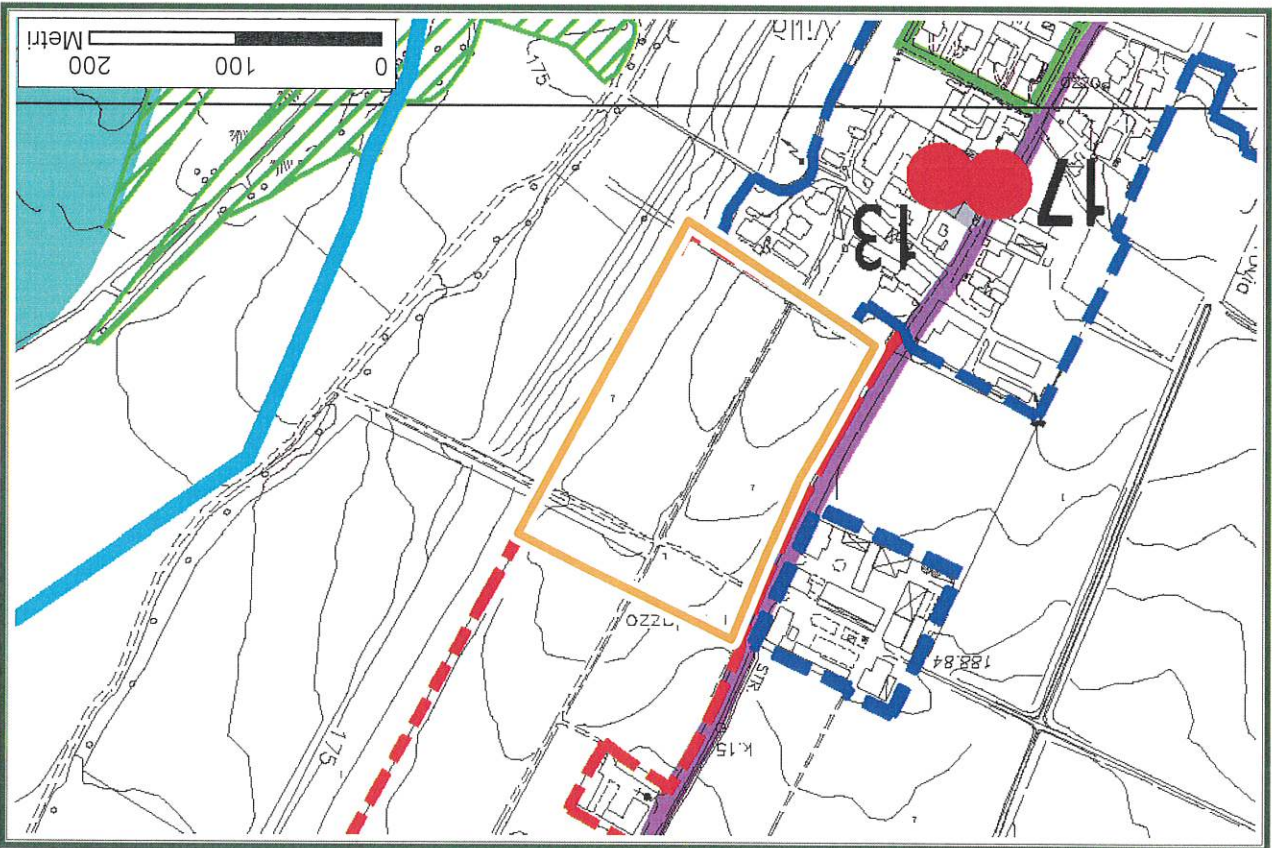
<p>Territorio Urbanizzabile</p> 	<p>Alveo di Piena con Valenza Naturalistica</p> 	<p>Fasce Piano per l'Aspetto Idrogeologico</p> 	<p>Siti di Interesse Comunitario</p> 	<p>Territorio Urbanizzato</p> 	<p>Alveo Inciso</p> 	<p>Zona di Recupero Ambientale Del Sistema Fluviale</p> 	<p>Fasce Piano per l'Aspetto Idrogeologico</p> 	<p>Limite Tra Fascia B e Fascia C</p> 	<p>Zone di Tutela dei Corpi Superficiali e Sotterranei</p> 	<p>Ambiti di Valorizzazione e Gestione del Territorio</p> 	<p>Progetti di recupero, tutela e valorizzazione</p> 
---	---	--	--	---	---	---	--	---	--	---	--

Fig. 16: Estratto Carta dei Vincoli e delle Tutele Ambientali- PSC di Vigolzone

CARTA VINCOLI E TUTELE STORICHE E PANORAMICHE DEL PSC



Legenda

-  PERIMETRO DEL TERRITORIO URBANIZZATO
-  VIABILITA' STORICA - PERCORSO CONSOLIDATO
-  AREE A RISCHIO ARCHEOLOGICO
-  PERIMETRO DEL TERRITORIO URBANIZZABILE





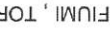


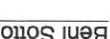

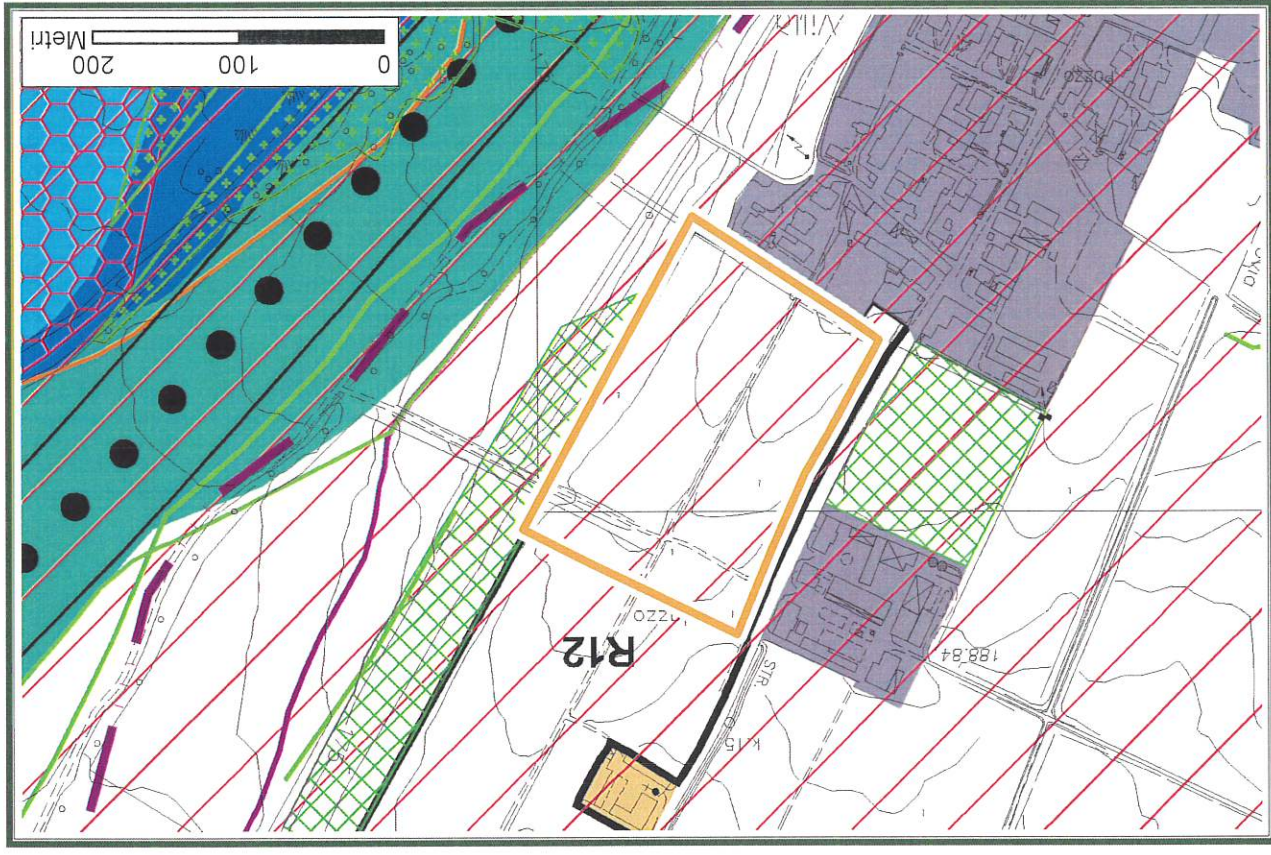
-  BENI CULTURALI IMMOBILI (Art 10 commi 1,3 e 4 ed Art 11 comma 1 D.Lgs 42/2004)
-  VALI D'INTERESSE STORICO - AMBIENTALE
-  TERRITORI COPERTI DA FORESTE E BOSCHI (Art 142 comma 1 lettera g D.Lgs 42/2004)
-  CORSI D'ACQUA PRINCIPALI (alveo inciso)
-  BENI Paesaggistici Sottoposti a Tutela del D.Lgs. 42/04 Parte Terza
-  FUMI , TORRENTI E CORSI D'ACQUA PUBBLICI E RELATIVE FASCE DI RISPETTO (Art 142 comma 1 lettera c D.Lgs 42/2004)
-  13 Antico Mulino di Villò
-  17 Area di rispetto all'antico Mulino di Villò
-  Beni Sottoposti a Tutela del D.Lgs. 42/04 Parte Seconda

Fig. 17: Estratto Carta dei Vincoli e delle Tutele Storiche e Panoramiche - PSC di Vigolzone

Fig. 18: Estratto Carta dei Vincoli e delle Tutele Ambientali del RUE di Vigolzone

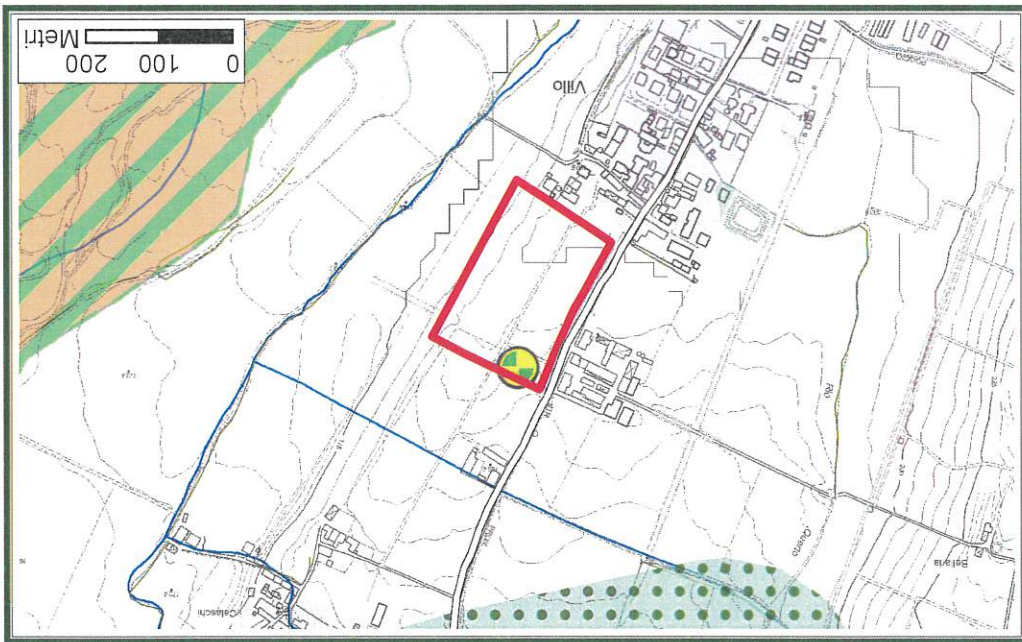


Legenda



CARTA VINCOLI E TUTELE AMBIENTALI DEL RUE

SCHEMA DIRETTORE RETE ECOLOGICA DEL PTCP



Legenda

Elementi funzionali

Nodi ecologici



Ambiti di connessione da consolidare e migliorare in pianura



Varchi insediativi a rischio



Elementi naturali esistenti

Reticolo idrografico

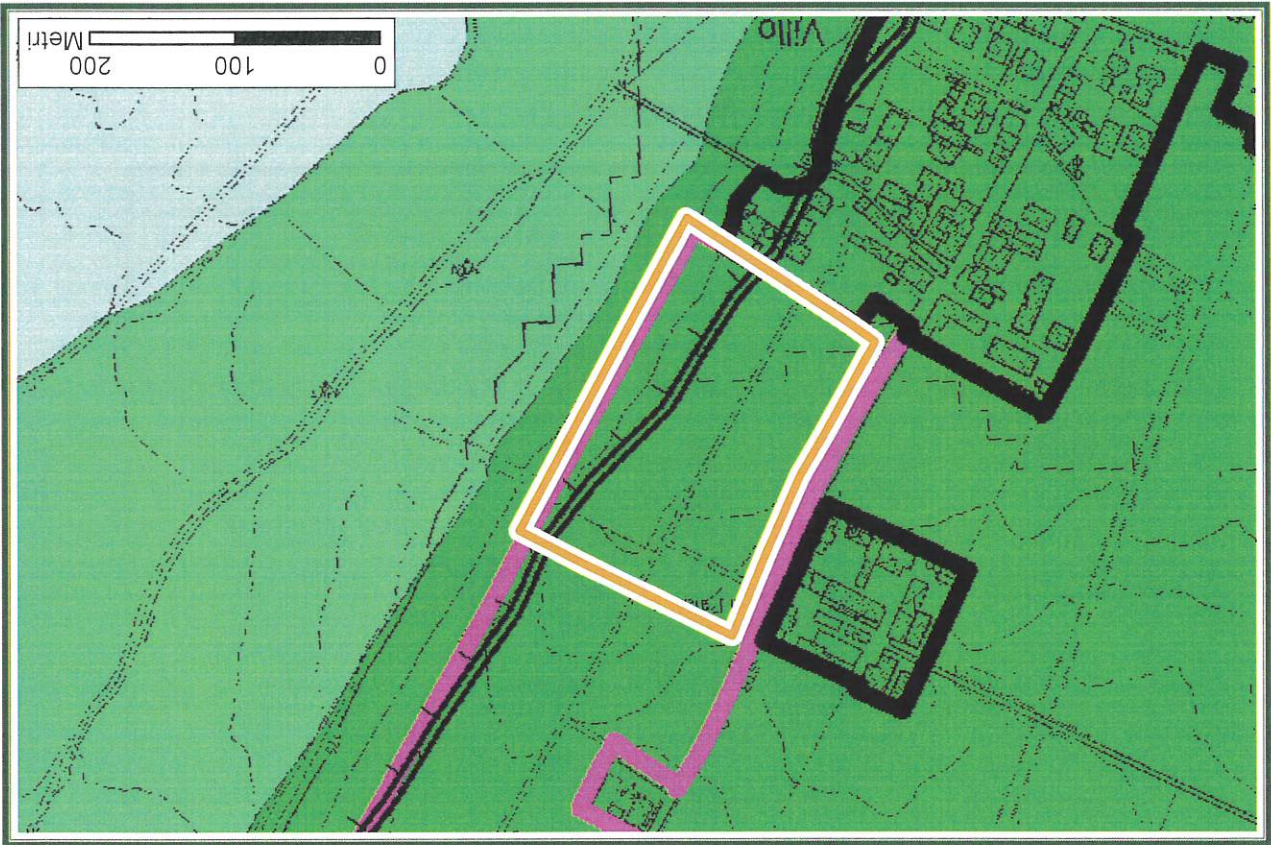


Territorio edificato - sistema insediativo urbano



Fig. 19: Estratto Carta Schema Direttore della Rete Ecologica del PTCP

CARTA DELLE MOPS



Legenda

- Territorio urbanizzato
- Territorio urbanizzabile

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- 2001
Chiate e sabbie sciolte, costituenti alluvioni dell'alveo e dei terrazzi recenti del Torrente Nure.
- 2002
Depositi di piana alluvionale costituiti da ghiaie prevalenti e subordinate ghiaie sabbiose, con copertura limosa discontinua.
- 2003
Depositi di conoide prevalentemente ghiaiosi con copertura limoso-argillosa di spessore plurimetrico.

Forme di superficie

Orlo di terrazzo fluviale (10-20 m)

Fig. 20: Estratto Carta delle Microzonazione Omogenee in Prospettiva Sismica dallo studio di Microzonazione Sismica di Vigolzone

superficiale è da alta ad elevata e si rende quindi necessaria una tutela qualitativa delle acque sotterranee attraverso puntuali studi di fattibilità nel caso di attività potenzialmente contaminanti (rete fognarie, scarichi, ecc.). Nei casi in cui la soggiacenza della falda superficiale sia compresa tra 2 e 5 metri, si deve procedere alla verifica puntuale della quota della falda ai fini della possibile realizzazione di scantinati.

Dalla cartografia di Progetto del PSC di Vigolzone (Fig. 15) si evince che l'area di interesse ricade nell'ambito R 12 destinato a nuovi insediamenti residenziali.

Le Carte dei Vincoli e delle Tutele Ambientali del PSC (Fig. 16), dei Vincoli e delle Tutele Storiche e Panoramiche del PSC (Fig. 17) e dei Vincoli e delle Tutele Ambientali del RUE (Fig. 18) confermano l'appartenenza del sito in esame alle aree urbanizzabili ed alle zone di tutela dei corpi superficiali e sotterranei.

La carta Schema Direttore della Rete Ecologica del PTC (Fig. 19) segnala la presenza di un varco insediativo a rischio.

La Carta delle MOPS (Fig. 20) attribuisce all'area di interesse depositi di conoidi prevalentemente ghiaiosi con copertura limoso-argillosa di spessore plurimetrico. Segnala inoltre la presenza di una scarpata di terrazzo all'interno dell'area.

La scarpata di terrazzo al momento risulta essere caratterizzata da un buon grado di stabilità d'insieme: infatti su di essa sono sorte nel tempo numerose abitazioni (zona a sud/sudovest dell'area in esame). Le considerazioni sopraellesse consentono d'affermare come non sussistano le condizioni predisponenti lo stato di dissesto, così come dettagliato dall'ART. 31 comma 8 e comma 12 delle Norme P.T.C.P.

4) INDAGINI EFFETTUATE E MODELLO GEOLOGICO GEOTECNICO PRELIMINARE

Allo scopo di verificare la fattibilità di quanto in progetto e valutarne la compatibilità rispetto al contesto geologico-idrogeologico in cui si inserisce, lo scrivente ha effettuato, il giorno 02 dicembre 2021, un sopralluogo geologico generale durante il quale sono stati presi in considerazione gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrologici per un intorno significativo del sito in esame.

Osservazione e rilevamento geologico di superficie sono stati integrati con indagini sito specifiche finalizzate alla modellazione geologica ed individuazione delle principali unità litotecniche costituenti il primo sottosuolo dell'area di studio.

La campagna geognostica è consistita nell'esecuzione di:

- n° 6 *prove penetrometriche dinamiche* eseguite con penetrometro Pagani TG 63-200 il quale, tramite un maglio di 63,5 Kg di peso che cade da 75 cm di altezza, infrigge nel terreno una serie di aste lunghe un metro ciascuna all'estremità delle quali vi è una punta standardizzata di 20,43 cm² di sezione. Le letture su passo strumentale (n. di colpi ogni 20 cm di infissione dell'asta), elaborazione e risultati sono riportati in **allegato 1**. La parametrizzazione geomecanica restituita in fase interpretativa costituisce una base per la valutazione preliminare della capacità portante e dei cedimenti attesi sviluppata nel capitolo successivo del presente documento.
- Indagini geofisiche di superficie (trattazione specifica in **allegato 2**) consiste in n° 2 prove MASW per la caratterizzazione della categoria di suolo sismico (V_{Seq}) e n° 2 prove HVSr tipo Nakamura per la determinazione della frequenza sito specifica.

Una preliminare analisi dei contenuti derivanti dallo stato dell'arte nonché il reperimento di documentazione tecnica esistente (esempio pregresse campagne geognostiche correlabili per contesto specifico) costituiscono passi necessari alla comprensione della realtà indagata e, pertanto, alla limitazione del grado di incertezza interpretativa.

Dalla sinergia degli strumenti conoscitivi sopra descritti è stato possibile definire in via preliminare un modello geologico rappresentativo dell'assetto lito-stratigrafico di sito, nonché l'individuazione e caratterizzazione delle principali unità litotecniche interagenti con la struttura in esame.

La campagna di indagini eseguita è stata dimensionata in relazione all'attuale fase di stato progettuale. Ne consegue una finalità ed un grado di definizione del modello geologico coerente con il livello di approfondimento adottato. In considerazione del fatto che la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica è responsabilità del progettista (con riferimento alla normativa nazionale), potranno effettuarsi integrazioni alle prove eseguite sotto indicazione e richiesta di quest'ultimo. Di seguito, per maggior chiarezza sull'argomento, si riportano estratti normativi dedicati alla progettazione geotecnica (DECRETO 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»).

Estratto Articolo 6.2.1 "Caratterizzazione e Modellazione Geologica del Sito"
Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018)

«Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento. In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentazione ricostruita del modello geologico. Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche»;

Estratto Articolo 6.2.2 "Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica"
Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17.01.2018).

"Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo di terreno (parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso). Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. Della definizione del piano delle indagini, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica è responsabile il progettista. I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. Ai fini dell'analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. E' responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica. Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali".

Il modello di sottosuolo schematizzato, può definirsi "Modello geologico – geotecnico preliminare" in quanto oltre a costituire un primo rapporto di prefattibilità ambientale dell'opera, supportato da valutazioni ed indagini geologiche – idrogeologiche, introduce una preliminare definizione del "livello di pericolosità geologica" e del "comportamento" del sito in quanto accompagnato da indagini e prove geotecniche finalizzate al problema specifico, ante operam.

La redazione di un modello geologico-geotecnico "definitivo" potrà essere sviluppata sulla base di un progetto esecutivo ad opera del progettista, mediante disamina approfondita delle "problematiche esaminate" e delle "verifiche analitiche in sede di progettazione esecutiva".

Nel modello proposto, la scelta dei valori caratteristici da attribuire alle grandezze fisiche e meccaniche del terreno si basa sulla valutazione di più fattori: analisi cautelativa dei risultati ottenuti da specifiche prove e misure eseguite in sito, condizioni di stato limite considerato, complessità della realtà geologica sito specifica e pericolosità geologiche riscontrate entro il volume significativo considerato.

Ad integrazione delle conoscenze di sito e a supporto interpretativo delle indagini condotte, sono state inoltre utilizzate le informazioni bibliografiche e d'archivio disponibili.

4.1 Modello Geologico Geotecnico Preliminare

Unità 0. Profondità da 0.0 a 0.6/0.8 metri circa: orizzonte costituito da terreno vegetale di natura litotecnica prettamente coesiva con proprietà geomecchaniche mediocri. Si tralascia la caratterizzazione geomecchanica in quanto non pertinente.

Unità 1. Profondità da 0.6/0.8 a 2.0/4.0 m circa (Non presente nella prova P 4). Si registra un incremento nella resistenza alla penetrazione dinamica legato ad una maggior percentuale della frazione attritiva costituente anche se la componente coesiva rimane non trascurabile (limo debolmente sabbiOSO); ne consegue una difficoltà di semplificazione litotecnica in termini di comportamento prettamente coesivo o granulare. Per tale motivo verrà considerata una duplice natura geomecchanica. La porzione più superficiale di sottosuolo (circa primo metro di profondità) è soggetta a ripetuti cicli stagionali che determinano una variazione nel contenuto naturale di acqua (nei periodi siccitosi il terreno si presenta sovracosolidato). Per terreni in cui i minerali argillosi costituiscono in percentuale non trascurabile, l'alternanza di umettazione ed essiccamento comporta un decadimento delle proprietà fisiche e geomecchaniche del materiale. Generalmente, oltre al metro di profondità tale aspetto può considerarsi trascurabile. I principali parametri geotecnici possono essere così schematizzati: peso unità di volume $\gamma = 1.65/1.70$ T/mc; coesione non drenata $C_u = 4.5/5.0$ T/mq; modulo edometrico $E_d = 65/70$ kg/cmq. modulo di Young $E_y = 55/65$ kg/cmq; angolo di resistenza al taglio $\phi = 22^\circ - 24^\circ$; $N_{spt} = 6.23 - 8.16$.

Unità 2. Profondità da 2,0/4,0 a 2,8/5,6 metri circa. Si registra una diminuzione nella resistenza alla penetrazione dinamica del materiale che evidenzia un comportamento geomecanico di natura coesiva (limo argilloso). Le caratteristiche geomecaniche principali possono così riassumersi: peso unità di volume $\gamma = 1,60/1,65$ T/mc; coesione non drenata $C_u = 3,0/4,0$ T/mq; modulo edometrico $E_d = 30/45$ kg/cmq. $N_{spt} = 3,78-5,0$.

Unità 3. Profondità da 2,8/5,6 a 4,0/7,0 metri circa. Si registra un miglioramento delle caratteristiche geotecniche del materiale dovuto ad un incremento nella componente granulare attritiva, che diventa prevalente su quella fine coesiva (sabbia limosa). I principali parametri geotecnici possono essere così schematizzati: peso unità di volume $\gamma = 1,75/1,80$ T/mc; modulo di Young $E_y = 90/100$ kg/cmq; angolo di resistenza al taglio $= 25^\circ - 27^\circ$. $N_{spt} = 11,91-15,8$.

Unità 4. Profondità oltre i 4,0/7,0 m circa (verticali penetrometriche spinte fino ad un massimo di 8,4 m dal p.c.). Si registra un ulteriore netto miglioramento delle caratteristiche geotecniche del materiale che resta a prevalente componente attritiva (ghiaia sabbiosa). I principali parametri geotecnici possono essere così schematizzati: $\gamma = 1,80/1,90$ T/mc; modulo di Young $E_y = >250$ kg/cmq; angolo di resistenza al taglio $\phi = 35^\circ - 37^\circ$. $N_{spt} = > 32,34$.

Dall'indagine geofisica MASW viene confermata la presenza di materiale di copertura, caratterizzato da una medio-bassa velocità delle onde "S" (V_s), che si estende fino a circa 5,0 m di profondità dal p.c. Più in profondità, fino a circa 10,0-11,0 m dal p.c., un aumento delle velocità è riconducibile alla presenza di materiale granulare complessivamente più compatto ed addensato (litotipi ghiaioso-sabbiosi). A profondità superiori, fino a circa 21,0-22,0 m dal p.c., si assiste ad un netto aumento delle velocità, indicando la presenza di materiali più grossolani e ben addensati. Fra i 21,0-22,0 m e i 27,0-28,0 m circa dal p.c., un'inversione di velocità indica la presenza di una successione costituita da alternanze di materiali grossolani e fini. A profondità superiori, i valori di velocità aumentano nuovamente segnalando la presenza di materiali prevalentemente ghiaiosi ad alto grado di addensamento e con possibile locale presenza di livelli conglomeratici.

Lat./Long. [WGS84]	44,898751/9,661154
Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	10,0 m
Lunghezza fondazione	12,0 m
Profondità piano di posa	1,0 m
Altezza di incastro	1,0 m
Effetto sismico secondo	NTC 2018 (Cascone e Maugeri)

5.1 Dati Generali

La presa visione dello scavo fondazionale da parte dello scrivente costituisce condizione necessaria per confermare l'affidabilità del modello geologico e geotecnico preliminare formulato, nonché le valutazioni relative alla compatibilità del contesto specifico con l'intervento in progetto.

Il Carico Limite, determinato secondo le direttive NTC 2018, è stato calcolato utilizzando la formula di Brinch - Hansen (1970), ed ipotizzando una fondazione superficiale monolitica avente quota fondazionale a -1.0 m rispetto al piano campagna.

Segnalazioni emerse in questa fase verranno valutate e quantificate dal progettista incaricato in fase di progettazione definitiva.

Rimando, lo scopo della verifica preliminare, confinato all'individuazione qualitativa di eventuali problematiche geotecniche del sistema terreno/fondazione, si prenderà in esame solamente un'ipotesi di pressione normale di progetto e non il completo schema delle forze agenti.

La verifica riportata costituisce uno strumento ulteriore per valutare la compatibilità geologica dell'intervento/ in progetto: non assume, pertanto, una valenza ed un significato ingegneristico.

Il presente capitolo illustra l'ipotesi fondazionale preliminare riferita all'intervento/ oggetto della presente relazione.

5) VERIFICA DEL CARICO LIMITE/Stato Limite Ultimo - Formula Brinch-Hansen (EC7-EC8)

5.2 Coefficienti Sismici (N.T.C.)

Dati generali

Tipo opera: 2 - Opere ordinarie
 Classe d'uso: Classe II
 Vita nominale: 50,0 [anni]
 Vita di riferimento: 50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

S.L.	TR	ag	F0	TC*
Stato limite	[anni]	[m/s ²]	[-]	[sec]
S.T.O.	30,0	0,35	2,53	0,21
S.L.D.	50,0	0,43	2,52	0,24
S.L.V.	475,0	1,02	2,53	0,29
S.L.C.	975,0	1,30	2,50	0,30

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L.	amax	beta	kh	kV
Stato limite	[m/s ²]	[-]	[-]	[sec]
S.T.O.	0,42	0,2	0,0086	0,0043
S.L.D.	0,516	0,2	0,0105	0,0053
S.L.V.	1,224	0,24	0,03	0,015
S.L.C.	1,56	0,24	0,0382	0,0191

5.3 Stratigrafia Terreno

Spessore strato [m]	Peso volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m ³]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm ²]	Coesione non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Elastico [Kg/cm ²]	Modulo Edometrico [Kg/cm ²]	Poisson	Coeff. consolidazione primaria [cmq/s]	Coeff. consolidazione secondaria	Descrizioni
0,8	1600,0	1700,0	0,0	0,0	0,0	0,25	29,4	30,0	0,0	0,0	0,0	
2,2	1700,0	1850,0	0	0,0	0,45	62,0	65,0	0,34	0,0	0,0	0,0	
2,0	1650,0	1800,0	0,0	0,0	0,3	30,0	40,0	0,35	0,0	0,0	0,0	
2,0	1750,0	1850,0	26,0	0,0	0,0	90,0	110,0	0,33	0,0	0,0	0,0	
1,4	1900,0	2000,0	35,0	0,0	0,0	250,0	200,0	0,29	0,0	0,0	0,0	

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg.m]	My [Kg.m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	0,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	SISMA	0,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	0,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
4	S.L.D.	0,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	1	1,8	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

5.4 Carico Limite Fondazione combinazione A1+M1+R3

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore forma [Sc]	1,17
Fattore profondità [Dc]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1,0
Fattore inclinazione base [Bc]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0
Carico limite	2,87 Kg/cm ²
Costante di sottofondo	1,15 Kg/cm ³

5.5 Stima dei Cedimenti Elastici

I cedimenti immediati di una fondazione di dimensioni $B \times L$ posta sulla superficie di un semispazio elastico si possono calcolare in base ad una equazione basata sulla teoria dell'elasticità (Timoshenko e Goodier - 1951):

$$\Delta H = q_0 B \left(I_1 \frac{1-\mu}{2} + I_2 \frac{1-\mu}{1-2\mu} \right) I_F \quad (1)$$

dove:

q_0 = Intensità della pressione di contatto

B' = Minima dimensione dell'area reagente,

E e μ = Parametri elastici del terreno.

I_1 = Coefficienti di influenza dipendenti da: L'/B' , spessore dello strato H , coefficiente di

Poisson μ , profondità del piano di posa D ;

Il modulo elastico per terreni stratificati viene calcolato come media pesata dei moduli elastici degli strati interessati dal cedimento immediato.

CEDEMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	0,4 Kg/cm ²	2,0 m	4,0 m	0,0 Kg/cm ²	0,0
Spessore strato	2,0 m				
Profondità substrato roccioso	4,0 m				
Modulo Elastico	0,0 Kg/cm ²				
Coefficiente di Poisson	0,0				
Coefficiente di influenza I1	0,03				
Coefficiente di influenza I2	0,07				
Coefficiente di influenza Is	0,06				
=====					
<i>Cedimento al centro della fondazione</i>					
=====					
Coefficiente di influenza I1	0,01				
Coefficiente di influenza I2	0,04				
Coefficiente di influenza Is	0,03				
Cedimento al bordo	0,73 mm				

5.6 Stima dei Cedimenti Edometrici

Il calcolo dei cedimenti con l'approccio edometrico consente di valutare un cedimento di consolidazione di tipo monodimensionale, prodotto dalle tensioni indotte da un carico applicato in condizioni di espansione laterale impedita.

Il cedimento edometrico viene calcolato per stimare l'entità dei cedimenti a medio e lungo termine (Cedimento di consolidazione + Cedimento viscoso) con il metodo logaritmico di Terzaghi.

Nel caso fondazionale ipotizzato si ottiene:

Pressione normale di progetto $0,4 \text{ Kg/cm}^2$

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	2	0,326	0,238	Edometrico	0,732	--	0,732
3	4	0,651	0,218	Edometrico	1,0875	--	1,0875
4	6	0,986	0,177	Edometrico	0,3217	--	0,3217
5	7,7	1,308	0,142	Edometrico	0,0992	--	0,0992

Cedimento totale $W_t = 2,2 \text{ cm}$

L'esame dei cedimenti evidenzia come questi ultimi, in base all'ipotesi fondazionale fatta, con un carico stimato di $0,4 \text{ Kg/cm}^2$, e considerata l'eterogeneità del sottosuolo assumano un valore di 25 mm circa, di cui 22,0 mm nel medio e lungo periodo mentre 3,0 mm è l'entità del cedimento immediato, simultaneo alle diverse fasi di carico. Si ricorda come il margine di errore afferente la stima dei cedimenti sia piuttosto ampio in quanto si possono verificare differenze pari a circa il $\pm 20\%$ o $\pm 30\%$ rispetto a quanto stimato.

Si lascia comunque il compito al progettista incaricato di verificare la compatibilità tra le strutture in progetto ed i cedimenti attesi nel tempo in funzione dei reali carichi di esercizio.

6) CONCLUSIONI

Date le dimensioni e la tipologia dell'intervento in progetto e valutate le risultanze delle indagini esplorate, si evince come lo stesso non comporti una significativa variazione dell'equilibrio geologico-geomorfologico-idrogeologico della zona risultando quindi essere, nel complesso, **geologicamente compatibile.**

Si raccomanda tuttavia di adottare alcuni interventi cautelativi ed accorgimenti costruttivi di normale uso nella zona:

- La tipologia fondazionale più idonea a conferire le migliori garanzie di stabilità per i futuri manufatti dovrà essere dimensionata in funzione dei reali carichi di esercizio ed in modo da trasmettere al sistema terreno-fondazione delle pressioni compatibili;

- Qualora i cedimenti attesi dovessero essere non compatibili e/o i carichi di esercizio dovessero risultare maggiori di quanto ipotizzato, si dovranno rivedere le caratteristiche delle strutture fondazionali e/o impiegare una differente tipologia di fondazione, da valutarsi in funzione dei reali carichi strutturali, così da assicurare le migliori condizioni di stabilità al manufatto;

- Per quanto possibile cercare di mantenere asciutto il terreno di fondazione, avendo una particolare cura per l'allontanamento delle acque meteoriche, da realizzarsi mediante la costruzione di un efficiente sistema di pluviali che impedisca alle acque di infiltrarsi in aderenza alla fondazione dei futuri manufatti, compromettendo nel tempo la stabilità degli stessi.
- Per ogni singolo intervento edilizio in progetto si dovrà effettuare una specifica indagine geognostica così da redigere una Relazione Geologica, Geotecnica e Geofisica in ottemperanza alle vigenti NTC 2018.

Treviso V.T. 06/12/2021

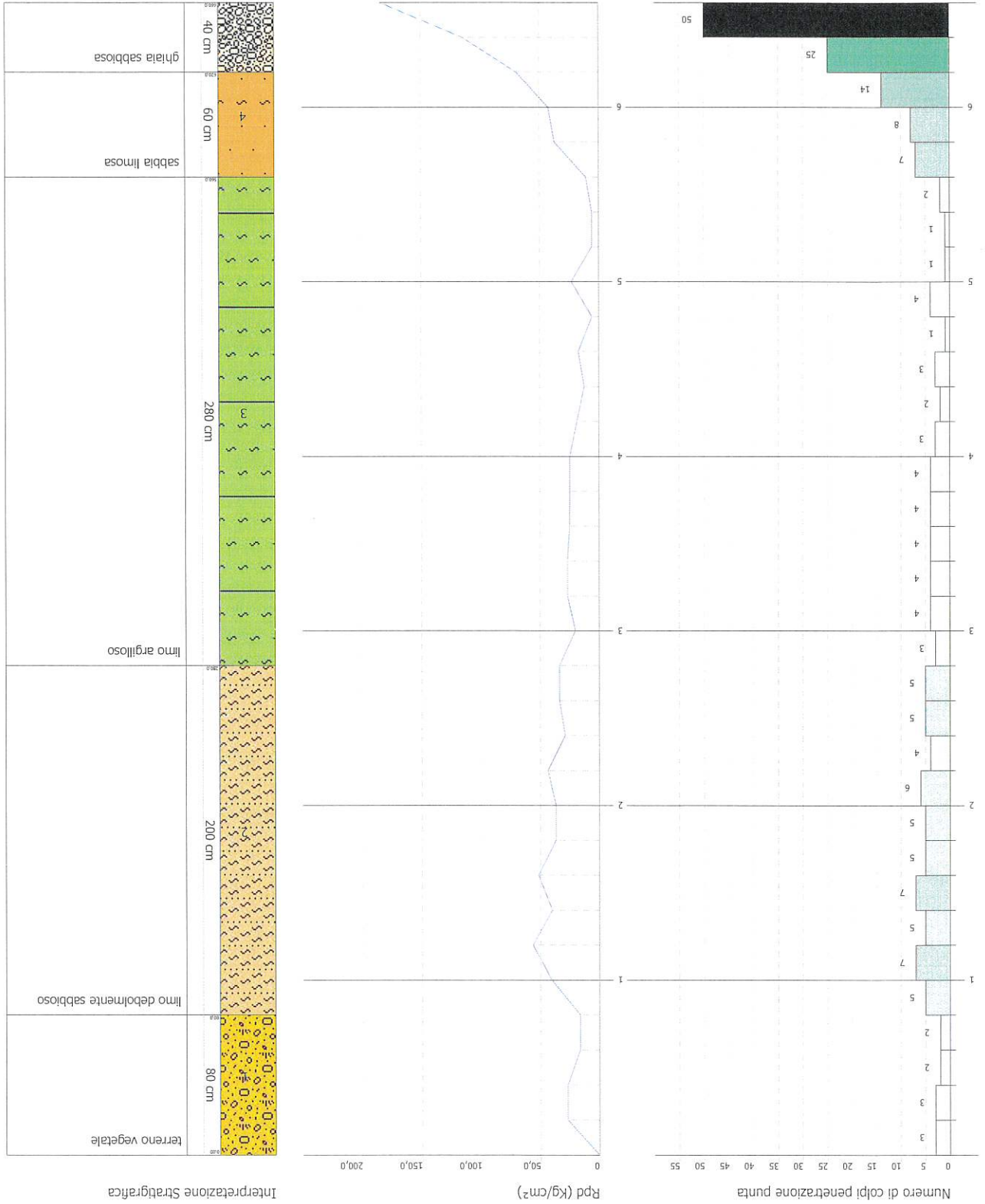
Geotest s.r.l.



Dott. Geologo Adriano Baldini

Prove Penetrometriche

Allegato 1



TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	3,68	0,00-0,80	Schmertmann 1975	0,36
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	Schmertmann 1975	0,78
Strato (3) limo argilloso	4,2	2,80-5,60	Schmertmann 1975	0,41

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	3,68	0,00-0,80	Robertson (1983)	7,36
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	Robertson (1983)	15,88
Strato (3) limo argilloso	4,2	2,80-5,60	Robertson (1983)	8,40

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	3,68	0,00-0,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	39,33
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	82,78
Strato (3) limo argilloso	4,2	2,80-5,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	44,63

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	3,68	0,00-0,80	Apollonia	36,80
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	Apollonia	79,40
Strato (3) limo argilloso	4,2	2,80-5,60	Apollonia	42,00

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Classificazione ACl

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	3,68	0,00-0,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2)	7,94	0,80-2,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3)	4,2	2,80-5,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1)	3,68	0,00-0,80	Meyerhof	1,68
Strato (2)	7,94	0,80-2,80	Meyerhof	1,90
Strato (3)	4,2	2,80-5,60	Meyerhof	1,71

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1)	3,68	0,00-0,80	Meyerhof	1,87
Strato (2)	7,94	0,80-2,80	Meyerhof	1,90
Strato (3)	4,2	2,80-5,60	Meyerhof	1,87

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2)	7,94	0,80-2,80	7,94	Skempton 1986	28,26
Strato (4)	14,21	5,60-6,20	14,21	Skempton 1986	41,56
Strato (5)	55,12	6,20-6,60	55,12	Skempton 1986	84,95

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2)	7,94	0,80-2,80	7,94	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25,91
Strato (4)	14,21	5,60-6,20	14,21	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	29,6
Strato (5)	55,12	6,20-6,60	55,12	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	43,75

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	7,94	Schmertmann (1978) (Sabbie)	63,52
Strato (4) sabbia limosa	14,21	5,60-6,20	14,21	Schmertmann (1978) (Sabbie)	113,68
Strato (5) ghiaia sabbiosa	55,12	6,20-6,60	55,12	Schmertmann (1978) (Sabbie)	440,96

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	7,94	Menzelbach e Malcev (Sabbia media)	73,41
Strato (4) sabbia limosa	14,21	5,60-6,20	14,21	Menzelbach e Malcev (Sabbia media)	101,38
Strato (5) ghiaia sabbiosa	55,12	6,20-6,60	55,12	Menzelbach e Malcev (Sabbia media)	283,84

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	7,94	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO POCO AGI
Strato (4) sabbia limosa	14,21	5,60-6,20	14,21	Classificazione A.G.I.	MODERATAMENTE ADDENSATO NTE
Strato (5) ghiaia sabbiosa	55,12	6,20-6,60	55,12	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO MOLTO

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	7,94	Meyerhof et al.	1,66
Strato (4) sabbia limosa	14,21	5,60-6,20	14,21	Meyerhof et al.	1,86
Strato (5) ghiaia sabbiosa	55,12	6,20-6,60	55,12	Meyerhof et al.	2,26

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturato (t/m ³)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	7,94	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato (4) sabbia limosa	14,21	5,60-6,20	14,21	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
Strato (5) ghiaia sabbiosa	55,12	6,20-6,60	55,12	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,16

Peso unità di volume saturo

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	7,94	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) sabbia limosa	14,21	5,60-6,20	14,21	(A.G.I.)	0,33
Strato (5) ghiaia sabbiosa	55,12	6,20-6,60	55,12	(A.G.I.)	0,24

Modulo di deformazione a taglio dinamico

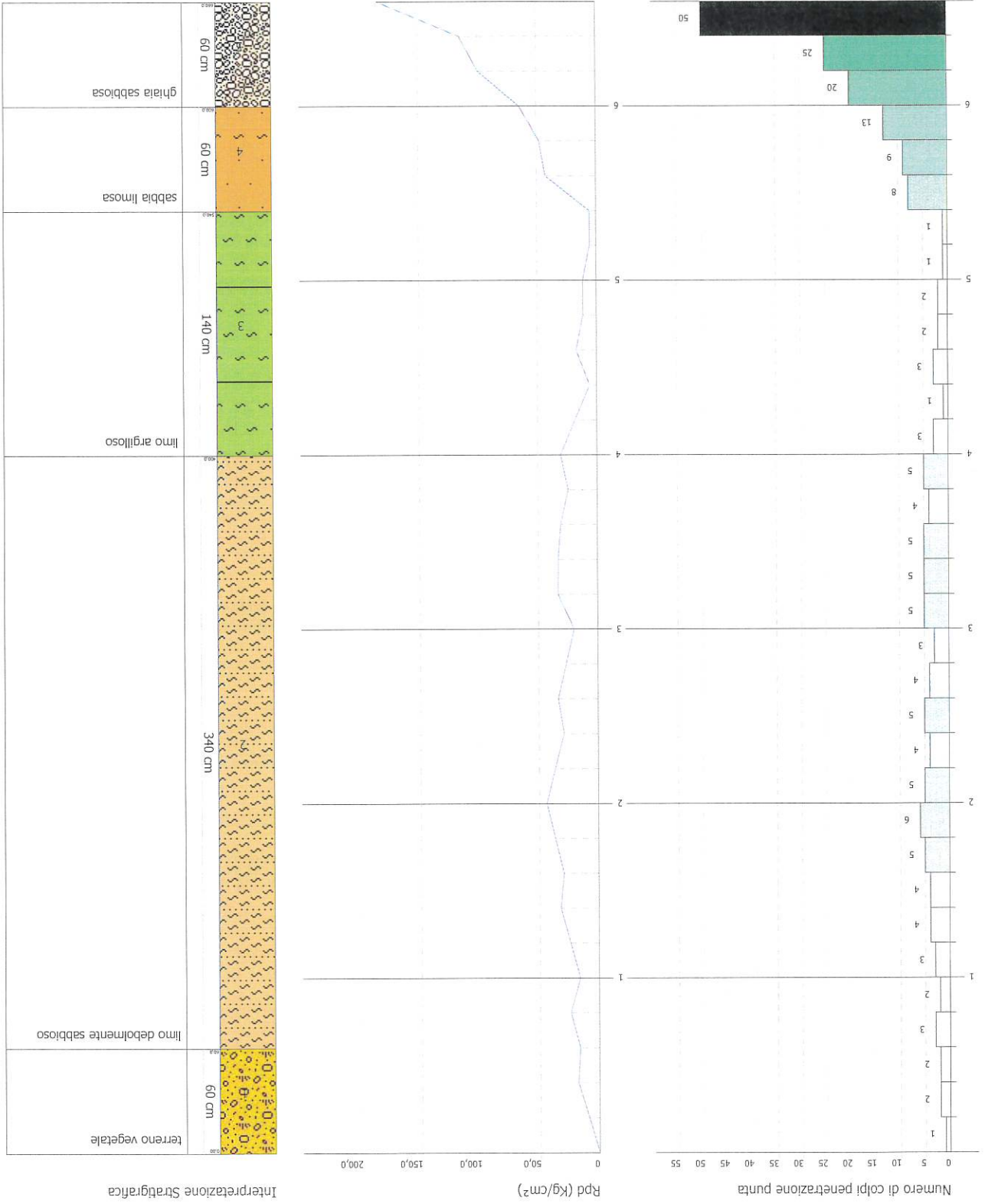
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	7,94	Ohsaki (Sabbie pulite)	455,77
Strato (4) sabbia limosa	14,21	5,60-6,20	14,21	Ohsaki (Sabbie pulite)	787,68
Strato (5) ghiaia sabbiosa	55,12	6,20-6,60	55,12	Ohsaki (Sabbie pulite)	2816,72

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	7,94	Navfac 1971-1982	1,65
Strato (4) sabbia limosa	14,21	5,60-6,20	14,21	Navfac 1971-1982	2,97
Strato (5) ghiaia sabbiosa	55,12	6,20-6,60	55,12	Navfac 1971-1982	8,97

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,94	0,80-2,80	7,94	Robertson 1983	15,88
Strato (4) sabbia limosa	14,21	5,60-6,20	14,21	Robertson 1983	28,42
Strato (5) ghiaia sabbiosa	55,12	6,20-6,60	55,12	Robertson 1983	110,24



ESECUTORE INDAGINI:

Geotest s.r.l.

COMMITTENTE: Società Agricola AL.BE.RO s.r.l.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0,00-0,60	Schmertmann 1975	0,24
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	Schmertmann 1975	0,61
Strato (3) limo argilloso	2,73	4,00-5,40	Schmertmann 1975	0,26

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0,00-0,60	Robertson (1983)	4,90
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	Robertson (1983)	12,46
Strato (3) limo argilloso	2,73	4,00-5,40	Robertson (1983)	5,46

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0,00-0,60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	26,78
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	65,33
Strato (3) limo argilloso	2,73	4,00-5,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	29,64

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0,00-0,60	Apollonia	24,50
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	Apollonia	62,30
Strato (3) limo argilloso	2,73	4,00-5,40	Apollonia	27,30

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0,00-0,60	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) limo argilloso	2,73	4,00-5,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0,00-0,60	Meyerhof	1,60
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	Meyerhof	1,82
Strato (3) limo argilloso	2,73	4,00-5,40	Meyerhof	1,62

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,45	0,00-0,60	Meyerhof	1,86
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	Meyerhof	1,89
Strato (3) limo argilloso	2,73	4,00-5,40	Meyerhof	1,86

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	Skempton 1986	6,23	24,04
Strato (4) sabbia limosa	14,7	5,40-6,00	Skempton 1986	14,7	42,47
Strato (5) ghiaia sabbiosa	46,55	6,00-6,60	Skempton 1986	46,55	77,54

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	Shioi-Fukuni 1982	6,23	24,67
Strato (4) sabbia limosa	14,7	5,40-6,00	Shioi-Fukuni 1982	14,7	29,85
Strato (5) ghiaia sabbiosa	46,55	6,00-6,60	Shioi-Fukuni 1982	46,55	41,42

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Modulo di Young		Modulo di Young (Kg/cm ²)	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo
Strato (2)	6,23	0,60-4,00	6,23
Strato (4)	14,7	5,40-6,00	14,7
Strato (5)	46,55	6,00-6,60	46,55
ghiaia sabbiosa			Schmertmann (1978) (Sabbie)

Modulo Edometrico		Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo
Strato (2)	6,23	0,60-4,00	6,23
Strato (4)	14,7	5,40-6,00	14,7
Strato (5)	46,55	6,00-6,60	46,55
ghiaia sabbiosa			Menzenbach e Malcev (Sabbia media)

Classificazione AGI		Classificazione AGI	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo
Strato (2)	6,23	0,60-4,00	6,23
Strato (4)	14,7	5,40-6,00	14,7
Strato (5)	46,55	6,00-6,60	46,55
ghiaia sabbiosa			Classificazione A.G.I.

Peso unità di volume		Peso Unità di Volume (t/m ³)	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo
Strato (2)	6,23	0,60-4,00	6,23
Strato (4)	14,7	5,40-6,00	14,7
Strato (5)	46,55	6,00-6,60	46,55
ghiaia sabbiosa			Meyerhof et al.

Peso unità di volume saturo		Peso Unità di Volume Saturo (t/m ³)	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo
Strato (2)	6,23	0,60-4,00	6,23
Strato (4)	14,7	5,40-6,00	14,7
Strato (5)	46,55	6,00-6,60	46,55
ghiaia sabbiosa			Terzaghi-Peck 1948-1967

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	6,23	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) sabbia limosa	14,7	5,40-6,00	14,7	(A.G.I.)	0,33
Strato (5) ghiaia sabbiosa	46,55	6,00-6,60	46,55	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico

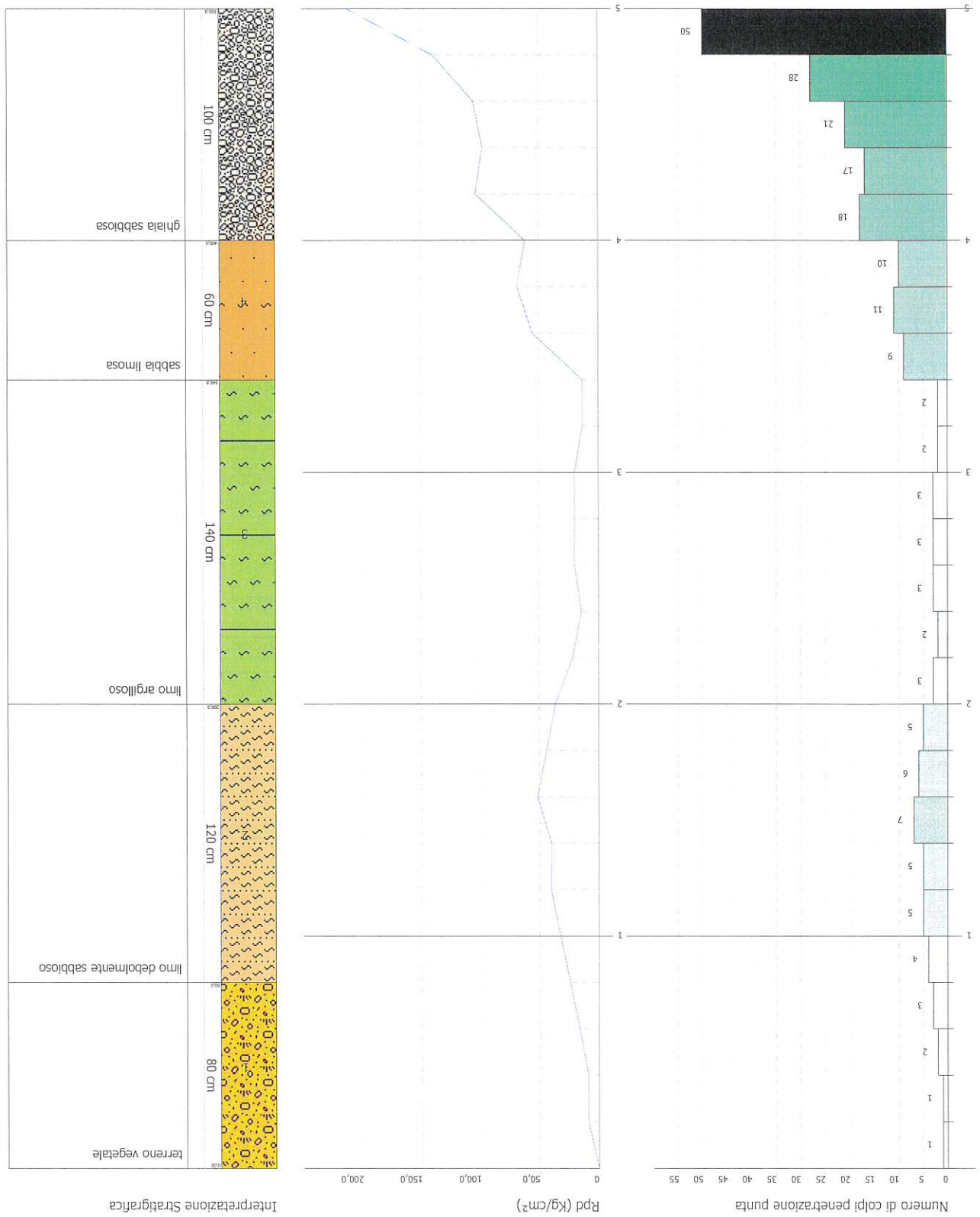
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	6,23	Ohsaki (Sabbie pulite)	362,85
Strato (4) sabbia limosa	14,7	5,40-6,00	14,7	Ohsaki (Sabbie pulite)	813,19
Strato (5) ghiaia sabbiosa	46,55	6,00-6,60	46,55	Ohsaki (Sabbie pulite)	2403,02

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	6,23	Navfac 1971-1982	1,27
Strato (4) sabbia limosa	14,7	5,40-6,00	14,7	Navfac 1971-1982	3,07
Strato (5) ghiaia sabbiosa	46,55	6,00-6,60	46,55	Navfac 1971-1982	7,71

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	6,23	0,60-4,00	6,23	Robertson 1983	12,46
Strato (4) sabbia limosa	14,7	5,40-6,00	14,7	Robertson 1983	29,40
Strato (5) ghiaia sabbiosa	46,55	6,00-6,60	46,55	Robertson 1983	93,10



Interpretazione Stratigrafica

Geotest s.r.l.

COMMITTENTE: Società Agricola AL.BE.RO s.r.l.

ESECUTORE INDAGINI:

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0,00-0,80	Schmertmann 1975	0,25
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	Schmertmann 1975	0,77
Strato (3) limo argilloso	3,78	2,00-3,40	Schmertmann 1975	0,37

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0,00-0,80	Robertson (1983)	5,14
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	Robertson (1983)	15,68
Strato (3) limo argilloso	3,78	2,00-3,40	Robertson (1983)	7,56

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0,00-0,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	28,00
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	81,76
Strato (3) limo argilloso	3,78	2,00-3,40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	40,35

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0,00-0,80	Apollonia	25,70
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	Apollonia	78,40
Strato (3) limo argilloso	3,78	2,00-3,40	Apollonia	37,80

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1)	2,57	0,00-0,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2)	7,84	0,80-2,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3)	3,78	2,00-3,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1)	2,57	0,00-0,80	Meyerhof	1,60
Strato (2)	7,84	0,80-2,00	Meyerhof	1,89
Strato (3)	3,78	2,00-3,40	Meyerhof	1,69

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1)	2,57	0,00-0,80	Meyerhof	1,86
Strato (2)	7,84	0,80-2,00	Meyerhof	1,90
Strato (3)	3,78	2,00-3,40	Meyerhof	1,87

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2)	7,84	0,80-2,00	7,84	Skempton 1986	28,02
Strato (4)	14,7	3,40-4,00	14,7	Skempton 1986	42,47
Strato (5)	39,4	4,00-5,00	39,4	Skempton 1986	71,88

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2)	7,84	0,80-2,00	7,84	Shioi-Fukumi 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25,84
Strato (4)	14,7	3,40-4,00	14,7	Shioi-Fukumi 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	29,85
Strato (5)	39,4	4,00-5,00	39,4	Shioi-Fukumi 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	39,31

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Modulo di Young		Modulo di Young		Modulo di Young		Modulo di Young	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)	Strato (2)	Strato (4)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	7,84	Schmertmann (1978) (Sabbie)	62,72	Strato (2) limo debolmente sabbioso	117,60
Strato (4) sabbia limosa	14,7	3,40-4,00	14,7	Schmertmann (1978) (Sabbie)	117,60	Strato (4) sabbia limosa	117,60
Strato (5) ghiaia sabbiosa	39,4	4,00-5,00	39,4	Schmertmann (1978) (Sabbie)	315,20	Strato (5) ghiaia sabbiosa	315,20

Modulo Edometrico		Modulo Edometrico		Modulo Edometrico		Modulo Edometrico	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Strato (2)	Strato (4)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	7,84	Menzenbach e Malev (Sabbia media)	72,97	Strato (2) limo debolmente sabbioso	72,97
Strato (4) sabbia limosa	14,7	3,40-4,00	14,7	Menzenbach e Malev (Sabbia media)	103,56	Strato (4) sabbia limosa	103,56
Strato (5) ghiaia sabbiosa	39,4	4,00-5,00	39,4	Menzenbach e Malev (Sabbia media)	213,72	Strato (5) ghiaia sabbiosa	213,72

Classificazione AGI		Classificazione AGI		Classificazione AGI		Classificazione AGI	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI	Strato (2)	Strato (4)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	7,84	Classificazione A.G.I	ADDENSATO POCO AGI	Strato (2) limo debolmente sabbioso	ADDENSATO POCO AGI
Strato (4) sabbia limosa	14,7	3,40-4,00	14,7	Classificazione A.G.I	MODERATAME NTE ADDENSATO	Strato (4) sabbia limosa	MODERATAME NTE ADDENSATO
Strato (5) ghiaia sabbiosa	39,4	4,00-5,00	39,4	Classificazione A.G.I	ADDENSATO	Strato (5) ghiaia sabbiosa	ADDENSATO

Peso unità di volume		Peso unità di volume		Peso unità di volume		Peso unità di volume	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Volume (t/m ³)	Strato (2)	Strato (4)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	7,84	Meyerthof et al.	1,65	Strato (2) limo debolmente sabbioso	1,65
Strato (4) sabbia limosa	14,7	3,40-4,00	14,7	Meyerthof et al.	1,87	Strato (4) sabbia limosa	1,87
Strato (5) ghiaia sabbiosa	39,4	4,00-5,00	39,4	Meyerthof et al.	2,20	Strato (5) ghiaia sabbiosa	2,20

Peso unità di volume saturo		Peso unità di volume saturo		Peso unità di volume saturo		Peso unità di volume saturo	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)	Strato (2)	Strato (4)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	7,84	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90	Strato (2) limo debolmente sabbioso	1,90
Strato (4) sabbia limosa	14,7	3,40-4,00	14,7	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95	Strato (4) sabbia limosa	1,95
Strato (5) ghiaia sabbiosa	39,4	4,00-5,00	39,4	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,10	Strato (5) ghiaia sabbiosa	2,10

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	7,84	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) sabbia limosa	14,7	3,40-4,00	14,7	(A.G.I.)	0,33
Strato (5) ghiaia sabbiosa	39,4	4,00-5,00	39,4	(A.G.I.)	0,28

Modulo di deformazione a taglio dinamico

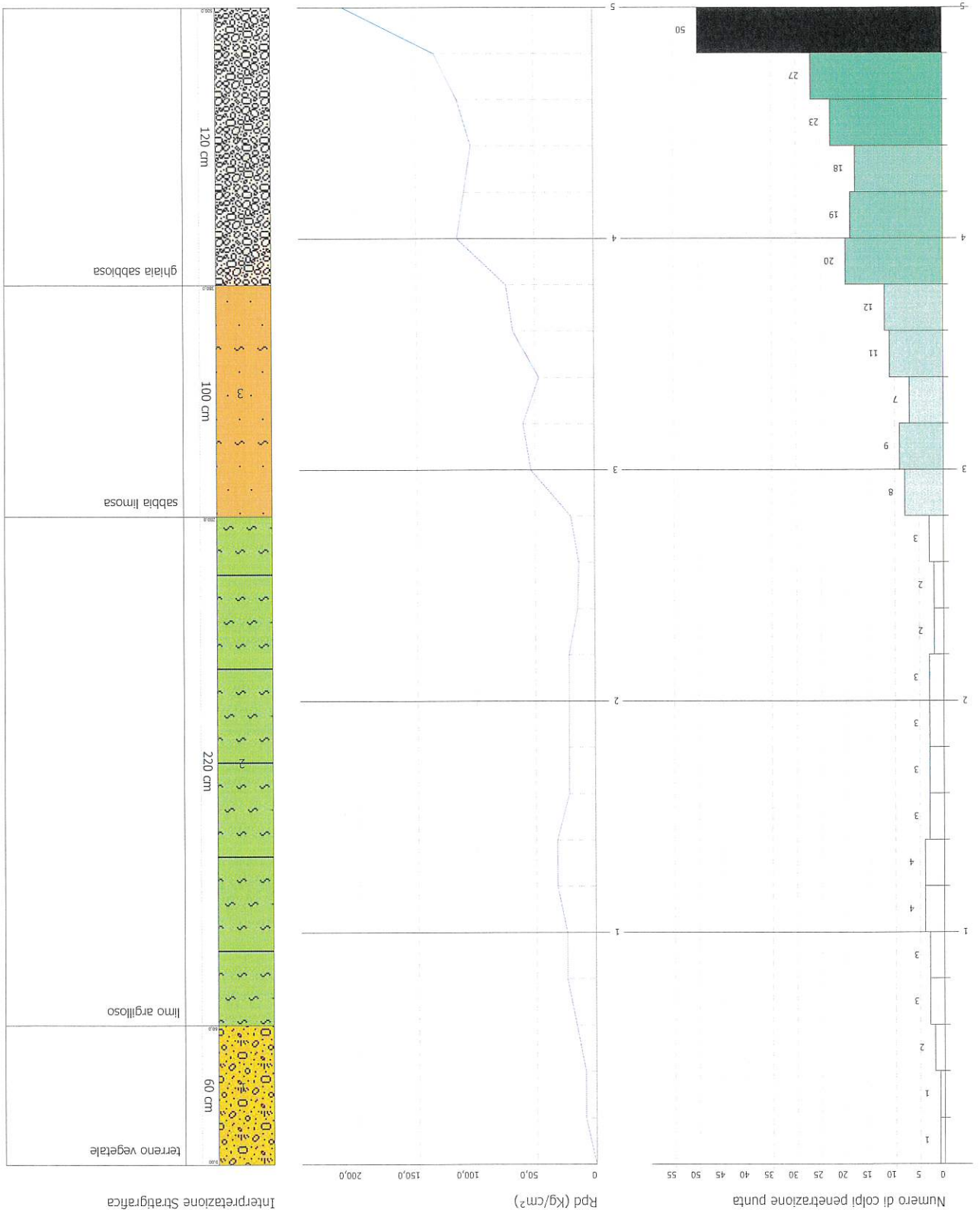
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	7,84	Ohsaki (Sabbie pulite)	450,37
Strato (4) sabbia limosa	14,7	3,40-4,00	14,7	Ohsaki (Sabbie pulite)	813,19
Strato (5) ghiaia sabbiosa	39,4	4,00-5,00	39,4	Ohsaki (Sabbie pulite)	2054,38

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	7,84	Navfac 1971-1982	1,63
Strato (4) sabbia limosa	14,7	3,40-4,00	14,7	Navfac 1971-1982	3,07
Strato (5) ghiaia sabbiosa	39,4	4,00-5,00	39,4	Navfac 1971-1982	6,82

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,84	0,80-2,00	7,84	Robertson 1983	15,68
Strato (4) sabbia limosa	14,7	3,40-4,00	14,7	Robertson 1983	29,40
Strato (5) ghiaia sabbiosa	39,4	4,00-5,00	39,4	Robertson 1983	78,80



Geotest s.r.l.

COMMITTENTE: Società Agricola AL.BE.RO s.r.l.

ESECUTORE INDAGINI:

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 4

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	1,96	0,00-0,60	Schmertmann 1975	0,19
Strato (2) limo argilloso	4,41	0,60-2,80	Schmertmann 1975	0,43

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	1,96	0,00-0,60	Robertson (1983)	3,92
Strato (2) limo argilloso	4,41	0,60-2,80	Robertson (1983)	8,82

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	1,96	0,00-0,60	Trofimenkov (1974); Mitchell e Gardner	21,78
Strato (2) limo argilloso	4,41	0,60-2,80	Trofimenkov (1974); Mitchell e Gardner	46,77

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	1,96	0,00-0,60	Apollonia	19,60
Strato (2) limo argilloso	4,41	0,60-2,80	Apollonia	44,10

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	1,96	0,00-0,60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (2) limo argilloso	4,41	0,60-2,80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	1,96	0,00-0,60	Meyerhof	1,56
Strato (2) limo argilloso	4,41	0,60-2,80	Meyerhof	1,72

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Peso unità di volume saturo		Peso unità di volume saturo	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione
Strato (1)	1,96	0,00-0,60	Meyerhof
Strato (2)	4,41	0,60-2,80	Meyerhof
			1,87

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa		Densità relativa	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione
Strato (3)	13,82	2,80-3,80	Skempton 1986
Strato (4)	38,47	3,80-5,00	Skempton 1986
			71,13

Angolo di resistenza al taglio

Angolo d'attrito		Angolo d'attrito	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione
Strato (3)	13,82	2,80-3,80	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)
Strato (4)	38,47	3,80-5,00	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)
			39,02

Modulo di Young

Modulo di Young (Kg/cm ²)		Modulo di Young (Kg/cm ²)	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione
Strato (3)	13,82	2,80-3,80	Schmertmann (1978) (Sabbie)
Strato (4)	38,47	3,80-5,00	Schmertmann (1978) (Sabbie)
			307,76

Modulo Edometrico

Modulo Edometrico (Kg/cm ²)		Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione
Strato (3)	13,82	2,80-3,80	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
Strato (4)	38,47	3,80-5,00	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
			209,58

Classificazione AGI

Classificazione AGI		Classificazione AGI	
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione
Strato (3)	13,82	2,80-3,80	Classificazione AGI
Strato (4)	38,47	3,80-5,00	Classificazione AGI
			ADDENSATO

ALLEGATO 1 - ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (3) sabbia limosa	13,82	2,80-3,80	13,82	Meyerhof et al.	1,85
Strato (4) ghiaia sabbiosa	38,47	3,80-5,00	38,47	Meyerhof et al.	2,19

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m ³)
Strato (3) sabbia limosa	13,82	2,80-3,80	13,82	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
Strato (4) ghiaia sabbiosa	38,47	3,80-5,00	38,47	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,09

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Poisson
Strato (3) sabbia limosa	13,82	2,80-3,80	13,82	(A.G.I.)	0,33
Strato (4) ghiaia sabbiosa	38,47	3,80-5,00	38,47	(A.G.I.)	0,28

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (3) sabbia limosa	13,82	2,80-3,80	13,82	Ohasaki (Sabbie pulite)	767,35
Strato (4) ghiaia sabbiosa	38,47	3,80-5,00	38,47	Ohasaki (Sabbie pulite)	2008,76

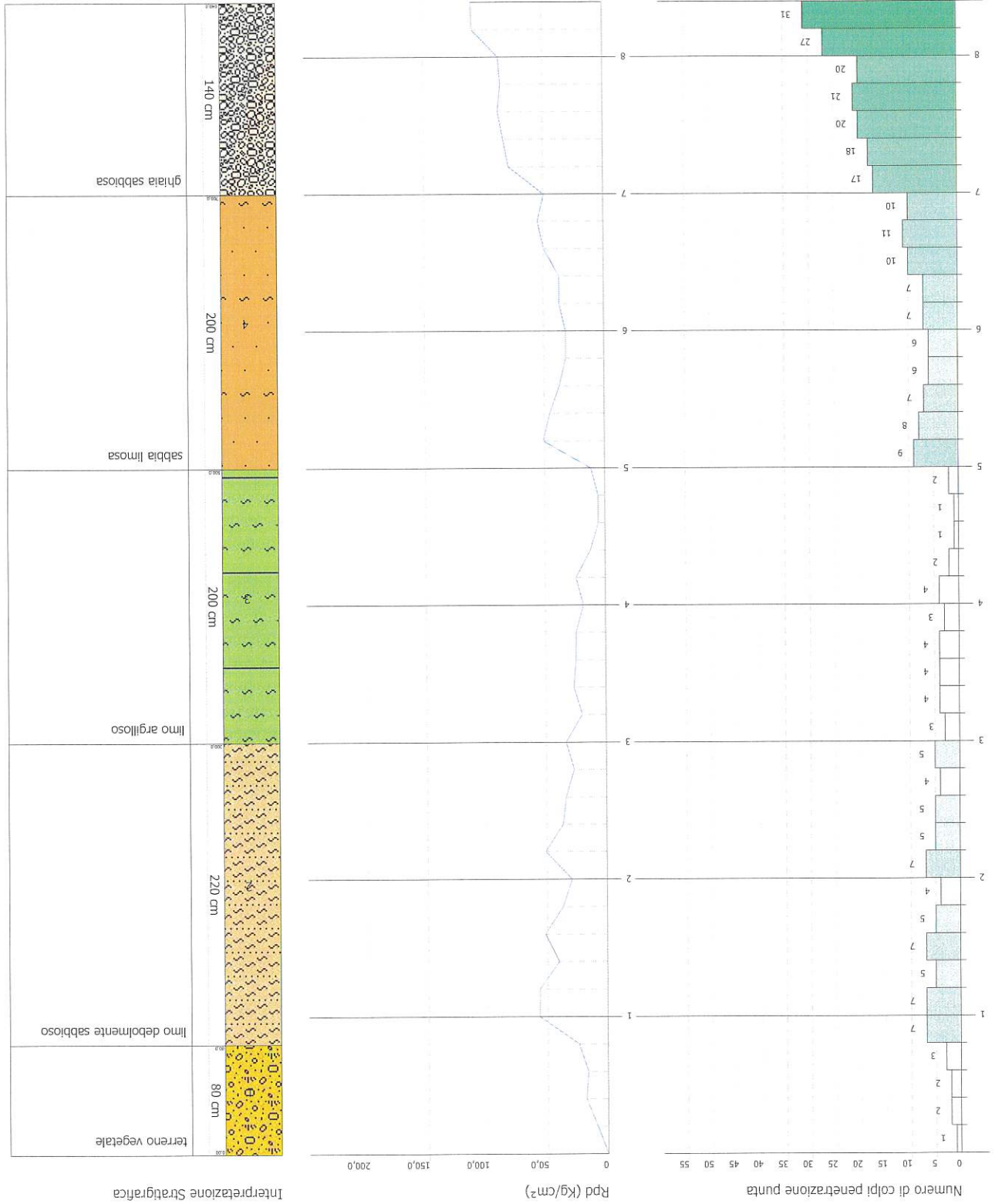
Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (3) sabbia limosa	13,82	2,80-3,80	13,82	Navfac 1971-1982	2,89
Strato (4) ghiaia sabbiosa	38,47	3,80-5,00	38,47	Navfac 1971-1982	6,70

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (3) sabbia limosa	13,82	2,80-3,80	13,82	Robertson 1983	27,64
Strato (4) ghiaia sabbiosa	38,47	3,80-5,00	38,47	Robertson 1983	76,94

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)



ESECUTORE INDAGINI:

Geotest s.r.l.

COMMITTENTE: Società Agricola AL.BE.RO s.r.l.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 5

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0,00-0,80	Schmertmann 1975	0,28
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	Schmertmann 1975	0,80
Strato (3) limo argilloso	4,12	3,00-5,00	Schmertmann 1975	0,40

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0,00-0,80	Robertson (1983)	5,88
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	Robertson (1983)	16,32
Strato (3) limo argilloso	4,12	3,00-5,00	Robertson (1983)	8,24

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0,00-0,80	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	31,78
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	85,02
Strato (3) limo argilloso	4,12	3,00-5,00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	43,81

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0,00-0,80	Apollonia	29,40
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	Apollonia	81,60
Strato (3) limo argilloso	4,12	3,00-5,00	Apollonia	41,20

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0,00-0,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Strato (3) limo argilloso	4,12	3,00-5,00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0,00-0,80	Meyerhof	1,63
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	Meyerhof	1,91
Strato (3) limo argilloso	4,12	3,00-5,00	Meyerhof	1,71

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,94	0,00-0,80	Meyerhof	1,86
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	Meyerhof	2,10
Strato (3) limo argilloso	4,12	3,00-5,00	Meyerhof	1,87

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	8,16	Skempton 1986	28,78
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Skempton 1986	37,05
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Skempton 1986	65,79

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	8,16	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	26,06
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28,37
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	37,02

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debole	8,16	0,80-3,00	8,16	Schmertmann (1978) (Sabbie)	65,28
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Schmertmann (1978) (Sabbie)	95,28
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Schmertmann (1978) (Sabbie)	258,72

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debole	8,16	0,80-3,00	8,16	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	74,39
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	91,12
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	182,24

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) limo debole	8,16	0,80-3,00	8,16	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume
Strato (2) limo debole	8,16	0,80-3,00	8,16	Meyerhof et al.	1,66
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Meyerhof et al.	1,79
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Meyerhof et al.	2,16

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume Saturato (t/m ³)
Strato (2) limo debole	8,16	0,80-3,00	8,16	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,06

Peso unità di volume saturato

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	8,16	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	(A.G.I.)	0,33
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	(A.G.I.)	0,29

Modulo di deformazione a taglio dinamico

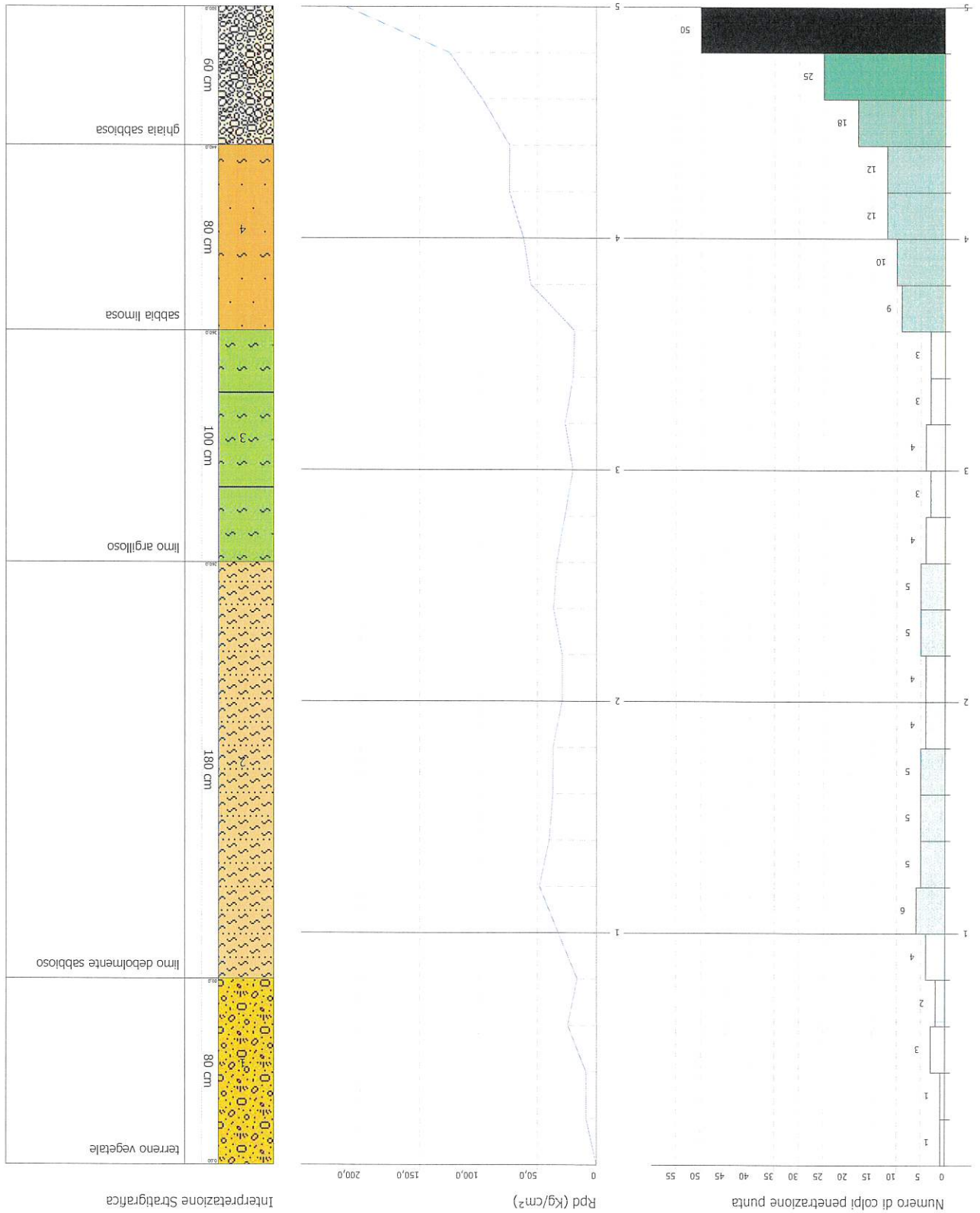
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	8,16	Ohsaki (Sabbie pulite)	467,63
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Ohsaki (Sabbie pulite)	667,22
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Ohsaki (Sabbie pulite)	1706,35

Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \text{SigmaH}/P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	8,16	Navfac 1971-1982	1,70
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Navfac 1971-1982	2,50
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Navfac 1971-1982	5,93

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	8,16	0,80-3,00	8,16	Robertson 1983	16,32
Strato (4) sabbia limosa	11,91	5,00-7,00	11,91	Robertson 1983	23,82
Strato (5) ghiaia sabbiosa	32,34	7,00-8,40	32,34	Robertson 1983	64,68



Geotest s.r.l.

COMMITTENTE: Società Agricola AL.BE.RO s.r.l.

ESECUTORE INDAGINI:

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P 6

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0.00-0,80	Schmertmann 1975	0,25
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	Schmertmann 1975	0,69
Strato (3) limo argilloso	5	2,60-3,60	Schmertmann 1975	0,49

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0.00-0,80	Robertson (1983)	5,14
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	Robertson (1983)	14,06
Strato (3) limo argilloso	5	2,60-3,60	Robertson (1983)	10,00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0.00-0,80	Trofimukov (1974), Mitchell e Gardner	28,00
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	Trofimukov (1974), Mitchell e Gardner	73,49
Strato (3) limo argilloso	5	2,60-3,60	Trofimukov (1974), Mitchell e Gardner	52,79

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0.00-0,80	Apollonia	25,70
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	Apollonia	70,30
Strato (3) limo argilloso	5	2,60-3,60	Apollonia	50,00

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0,00-0,80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) limo argilloso	5	2,60-3,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0,00-0,80	Meyerhof	1,60
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	Meyerhof	1,86
Strato (3) limo argilloso	5	2,60-3,60	Meyerhof	1,76

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato (1) terreno vegetale	2,57	0,00-0,80	Meyerhof	1,86
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	Meyerhof	1,90
Strato (3) limo argilloso	5	2,60-3,60	Meyerhof	1,88

TERRENI INCOERENTI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	7,03	Skempton 1986	26,05
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Skempton 1986	44,44
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Skempton 1986	76,76

Densità relativa

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	7,03	Shioi-Fukumi 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25,27
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Shioi-Fukumi 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	30,39
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Shioi-Fukumi 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	41,14

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Modulo di Young					
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debole	7,03	0,80-2,60	7,03	Schmertmann (1978) (Sabbie)	56,24
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Schmertmann (1978) (Sabbie)	126,40
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Schmertmann (1978) (Sabbie)	364,56

Modulo Edometrico					
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debole	7,03	0,80-2,60	7,03	Malcov (Sabbia media)	69,35
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Malcov (Sabbia media)	108,47
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Malcov (Sabbia media)	241,24

Classificazione AGI					
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) limo debole	7,03	0,80-2,60	7,03	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume					
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m ³)
Strato (2) limo debole	7,03	0,80-2,60	7,03	Meyerhof et al.	1,62
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Meyerhof et al.	1,90
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Meyerhof et al.	2,22

Peso unità di volume saturo					
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume Saturo (t/m ³)
Strato (2) limo debole	7,03	0,80-2,60	7,03	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,95
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,14

ALLEGATO 1 – ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	7,03	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	(A.G.I.)	0,32
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	(A.G.I.)	0,26

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	7,03	Ohsaki (Sabbie pulite)	406,49
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Ohsaki (Sabbie pulite)	870,26
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Ohsaki (Sabbie pulite)	2355,44

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	7,03	Navfac 1971-1982	1,45
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Navfac 1971-1982	3,28
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Navfac 1971-1982	7,58

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (2) limo debolmente sabbioso	7,03	0,80-2,60	7,03	Robertson 1983	14,06
Strato (4) sabbia limosa	15,8	3,60-4,40	15,8	Robertson 1983	31,60
Strato (5) ghiaia sabbiosa	45,57	4,40-5,00	45,57	Robertson 1983	91,14

Indagine Geofisica di Superficie

Allegato 2

Servizi Geofisici

Servizi Geotecnici

Servizi Geologici

Via E. Fermi, 113 - Treviso
29031 Alta Val Tidone (PC)
Tel.: 348 510 7263
info@geotestsrli.com

geologia tecnica e ambientale
Geotest s.r.l.

PROVA SISMICA
MULTICANALE MASW

Indagine Geofisica

PLANIMETRIA DELLE
INDAGINI



LEGENDA

M1
Prova sismica Masw



Il metodo M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo secondo uno stendimento lineare.

Tale metodo di indagine è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente parallelamente all'array). Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 30 m ed i 50 m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente e presenta una maggiore affidabilità per profondità di circa 20 m.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

1.2 CENNI METODOLOGICI

Su incarico dello Studio Associato Arch. Oddi e per conto della Commitenza, sono state condotte il 2 dicembre 2021, n. 2 prove geofisiche mediante metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), presso Località Villò in comune di Vigolzone (PC).

L'utilizzo di tale metodologia ha permesso di ricavare le velocità delle onde di taglio S , le quali hanno consentito il calcolo del valore del parametro V_{s30} , necessario per la definizione della categoria di suolo di fondazione come previsto da normativa vigente "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 17 Gennaio 2018).

1.1 PREMessa

PROVA SISMICA MULTICANALE MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)





La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano anche gli strati più profondi del suolo.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale.

L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza (Stokoe II and Santamarina, 2000): onde di Rayleigh con diversa lunghezza d'onda forniscono informazioni a diverse profondità del sito. Le informazioni sulla velocità delle onde di taglio Vs del sito fornite, sono da intendersi come informazioni medie lungo la profondità.

Il risultato finale del processo di elaborazione è il profilo verticale delle velocità delle onde S.

I vantaggi della tecnica M.A.S.W. possono essere così riassunti:

1. particolarmente indicata per terreni attenuanti ed ambienti rumorosi;
2. è in grado di evidenziare inversioni di velocità nel profilo di velocità;
3. buona risoluzione.

I limiti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli, orizzontali ed omogenei, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata dalla presenza di pendenze significative superiori a 20°. Si rammenta, in ogni caso, che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.



L'elaborazione dei dati con il metodo M.A.S.W. prevede tre principali fasi di lavoro:

1. la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica;
3. la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , agendo sui parametri sotto elencati mediante loro modifica fino a raggiungere la sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato:

3.1 spessore strati considerati (h_{esimo});

3.2 velocità delle onde di taglio (V_s) e delle onde di compressione (V_p) o, in alternativa alle velocità V_p , è possibile assegnare il coefficiente di Poisson (σ);

3.3 densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo.

Generalmente l'operatore simula un modello geotecnico sintetico iniziale definendo un certo numero di strati ed assegnando a ciascuno di essi il corrispettivo valore del peso dell'unità di volume e del coefficiente di Poisson. Le principali variabili al raggiungimento del miglior fitting fra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica, saranno pertanto lo spessore dei singoli strati (h_{esimo}) e la corrispettiva velocità (V_s).

La curva di dispersione teorica ottenuta manualmente tramite intervento attivo dell'utente nella definizione di un primo modello di sottosuolo (e quindi di profilo di velocità delle onde di taglio verticali), si affianca una combinazione automatica di ricerca del profilo di velocità / modello di sottosuolo ottimale. Quest'ultima si affida ad un algoritmo di ricerca globale o locale per minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

Il processo descritto è detto "**di Inversione**" e consiste, appunto, nella modifica reiterata dei parametri del modello geotecnico sintetico fino ad avvicinare il più possibile (tendenza alla sovrapposizione) la curva di dispersione teorica con quella sperimentale ed ottenere il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% ed il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due pertanto, il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e la definizione di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida dal punto di vista ingegneristico.



1.3 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E MODALITÀ ESECUTIVE

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati consiste in un sismografo a 24 canali *ECHO 12-24/2010 della "Ambrogeo"*, n° 12 geofoni verticali con periodo proprio di 4,5 Hz, mazzetta batteante di 8 kg dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger del sismografo, piastra di batteria in alluminio 15x15x2,5 cm, batteria ricaricabile 12V, cavo per sismica a rirrazione 75 mt con 12 takeouts a 5 metri di intervallo.



Seismograph ECHO 24/2010 Seismic Unit

AMBR GEO Strumenti per Geofisica

- Monitor
- Number of channels: 24
- A/D Conversion: 24 bits
- Dynamic range: 130dB @1ms PG=0dB
- Cross talk: >90db
- Preampify gain: 0db, 6db, 12db, 24db, 30 db, 36 db
- Frequency response: 0 to 6KHz (30KSPS), 0 to 4,8KHz (15KSPS), 0 to 3KHz (7,5KSPS), 0 to 1,5KHz (3,5KSPS), 0 to 800Hz (2KSPS), 0 to 400Hz (1KSPS)
- Acquisition and display filter: Low Cut Out 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 200, 280, 400 Hz
- Sampling interval: 32us, 64us, 128us, 256us, 480us, 960us
- Record length: 16000 samples
- Stacking trigger accuracy: 1/32 of samples interval
- Distortion (THD): 0,0004 %
- Max input signal: 2Vp, 0Db
- CMR: 110dB (ICM =60Hz, IDATA = 30KSPS
- Noise: 0,25uV, 2ms, 36Db
- Pre-trigger data: 524ms @ 32us sample interval
- Delay: 0 to 2500ms step 10ms
- Temperature range: -30°C/+70°C
- Power: 12 V
- Continuous recording: HVSR
- Output format: SEG-Y/SG2 / SAF (SESAME ASCII FORMAT)
- Connector: 51-pin Bendix connector - NKZ7-pin Cannon connector



51 pins connector





Figura 1: Sismografo Echo 24/2010 Seismic UNIT Ambrogeo



La geometria di acquisizione ha previsto stendimenti di 12 geofoni spazati di 5 m (distanza intergeofonica) con offset sorgente di 5 m (distanza di energizzazione dal primo geofono).
La configurazione temporale di acquisizione è consistita in durata di acquisizione pari a 1002.3 msec e periodo di campionamento 0.478 msec.

Si ricorda che il punto di determinazione del profilo delle Vs in profondità, si riferisce al centro dello stendimento geofonico.

I dati sismici registrati in campagna sono stati elaborati utilizzando il software "winMASW 2018 versione Academy della Elicosoft" il quale consente l'operazione di processing mediante "modellazione diretta" e fitting tra la curva di dispersione e lo spettro di velocità ottenuto dai dati acquisiti per arrivare ad un modello del profilo verticale Vs il più coerente possibile con l'andamento della curva di dispersione sperimentale misurata.



1.4 ELABORAZIONE DATI

I dati sismici registrati in campagna, sono stati elaborati utilizzando il software "winMASW 2018 versione Academy della Elisoft". In una prima fase è stata calcolata la velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale.

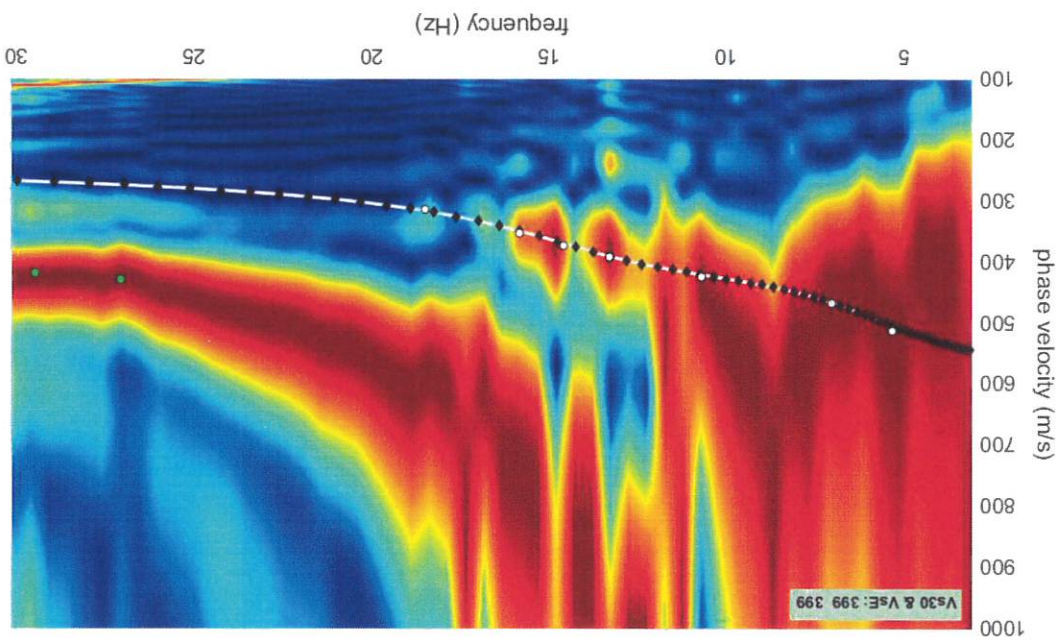


Figura 2: Grafico velocità di fase-frequenza e curva di dispersione della prova 1

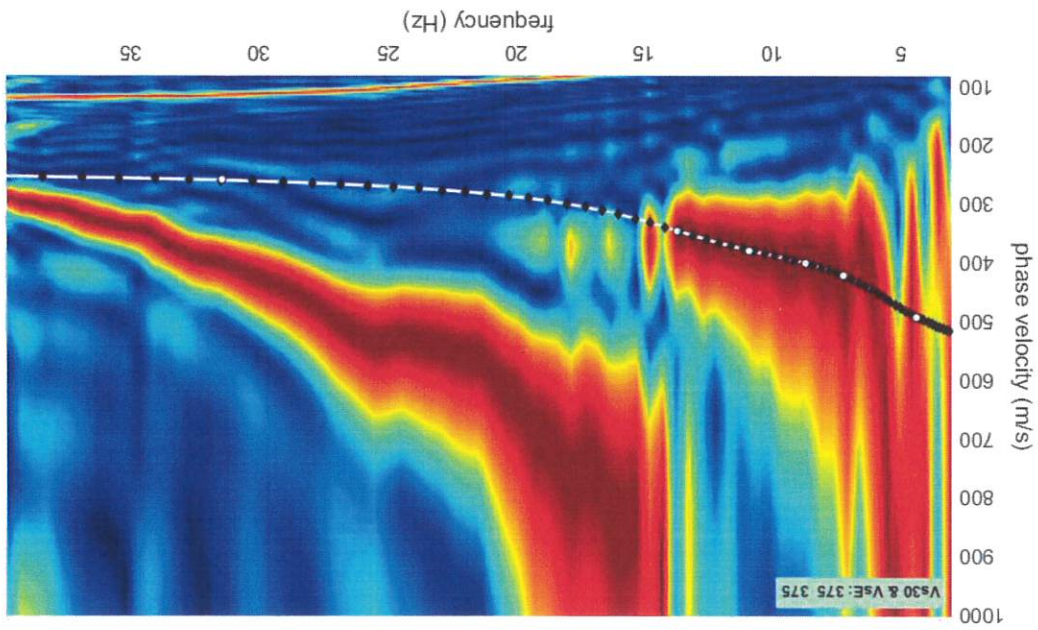
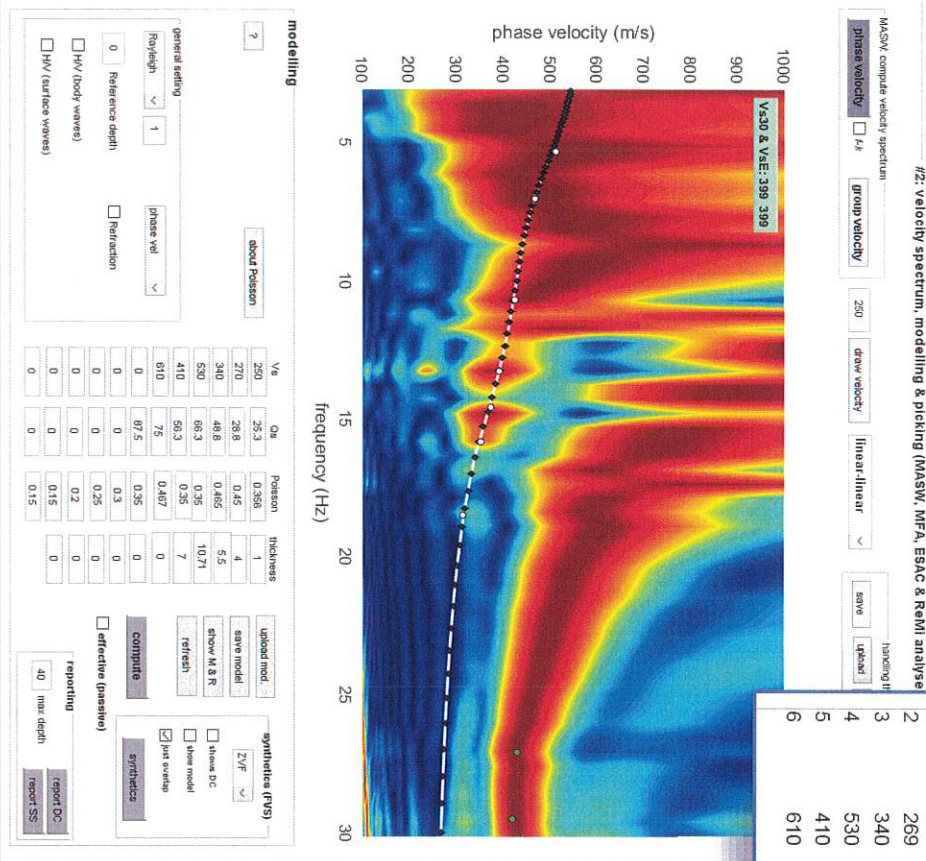
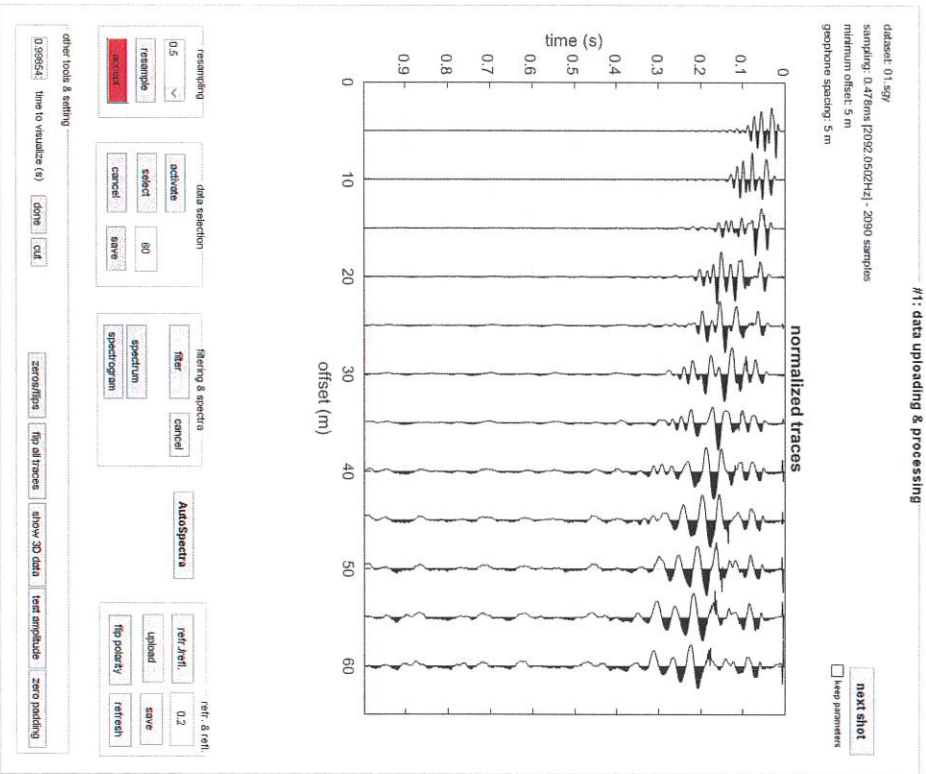


Figura 3: Grafico velocità di fase-frequenza e curva di dispersione della prova 2



Successivamente è stato definito il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente, per ciascun strato individuato, i seguenti parametri: spessore h , velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p o, in alternativa, il coefficiente di Poisson (σ) e il peso dell'unità di volume. Lo scopo è quello di ottenere un modello di velocità, e quindi di siltosuoio, a cui corrisponda una curva di dispersione numerica che si sovrapponga (o avvicini) alla velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale.

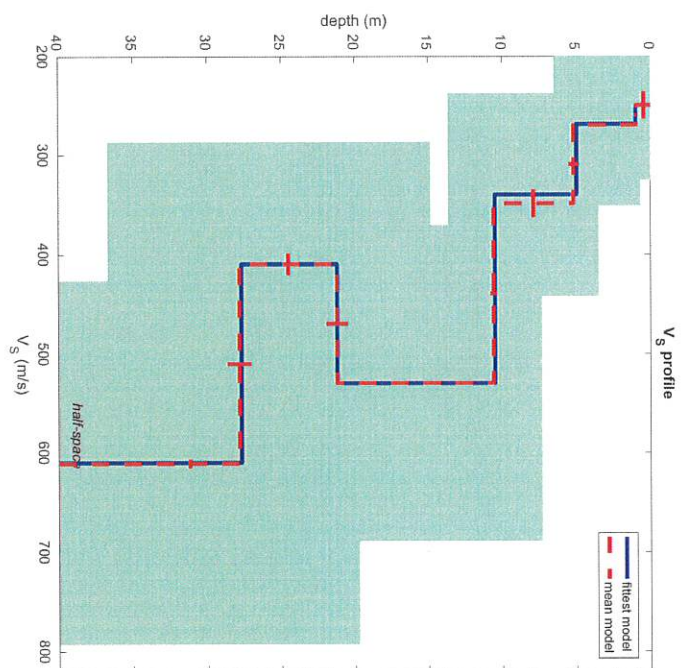
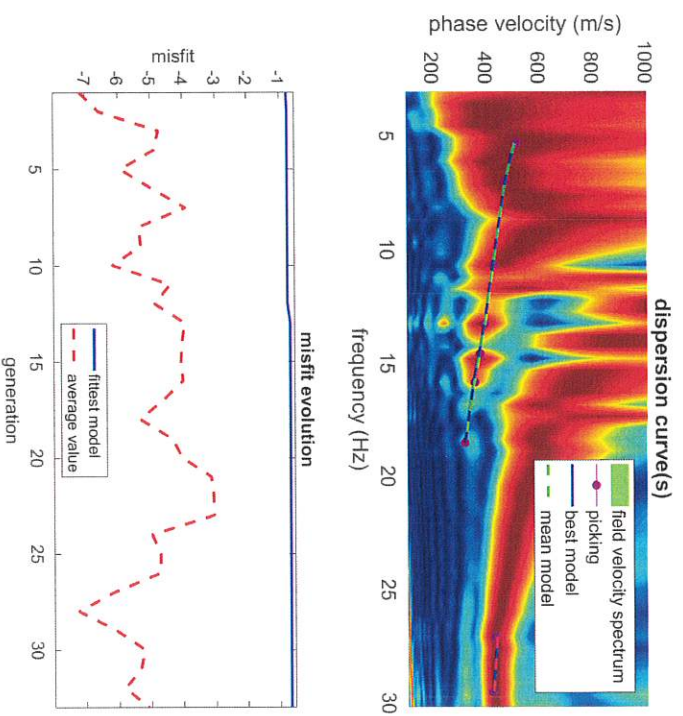


best model

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	250	1	1
2	269	4	5
3	340	5.5000	10.5000
4	530	10.7100	21.2100
5	410	6.5054	27.7154
6	610	0	0

www.winmasw.com

Figura 4: Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità calcolato (prova 1)



dataset: 01.sgy
 dispersion curve: pik1.cdp
 Vs30 & VSE (best model): 401 401 m/s
 Vs30 & VSE (mean model): 401 401 m/s

www.wimsw.com

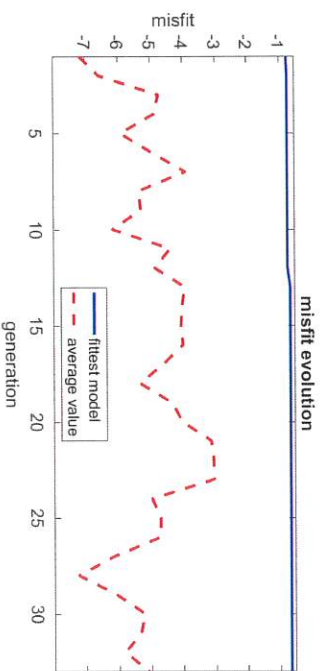
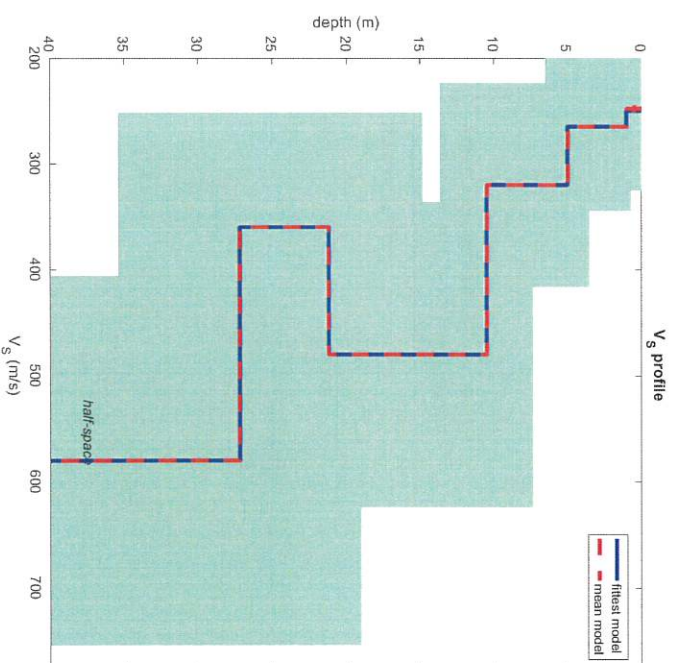
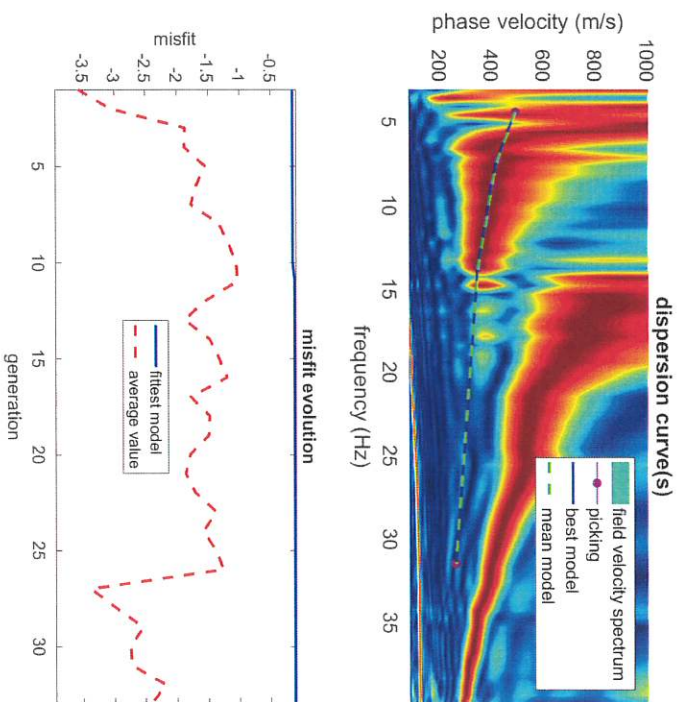


Figura 6: Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A destra Profilo verticale V_s successivo al processo di inversione (Prova 1)



dataset: 06.sgy
 dispersion curve: pik1.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 375 375 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 374 374 m/s

www.wilmasw.com

Figura 7: Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A destra Profilo verticale Vs successivo al processo di inversione (Prova 2)

Quadro d'insieme delle prove MASW

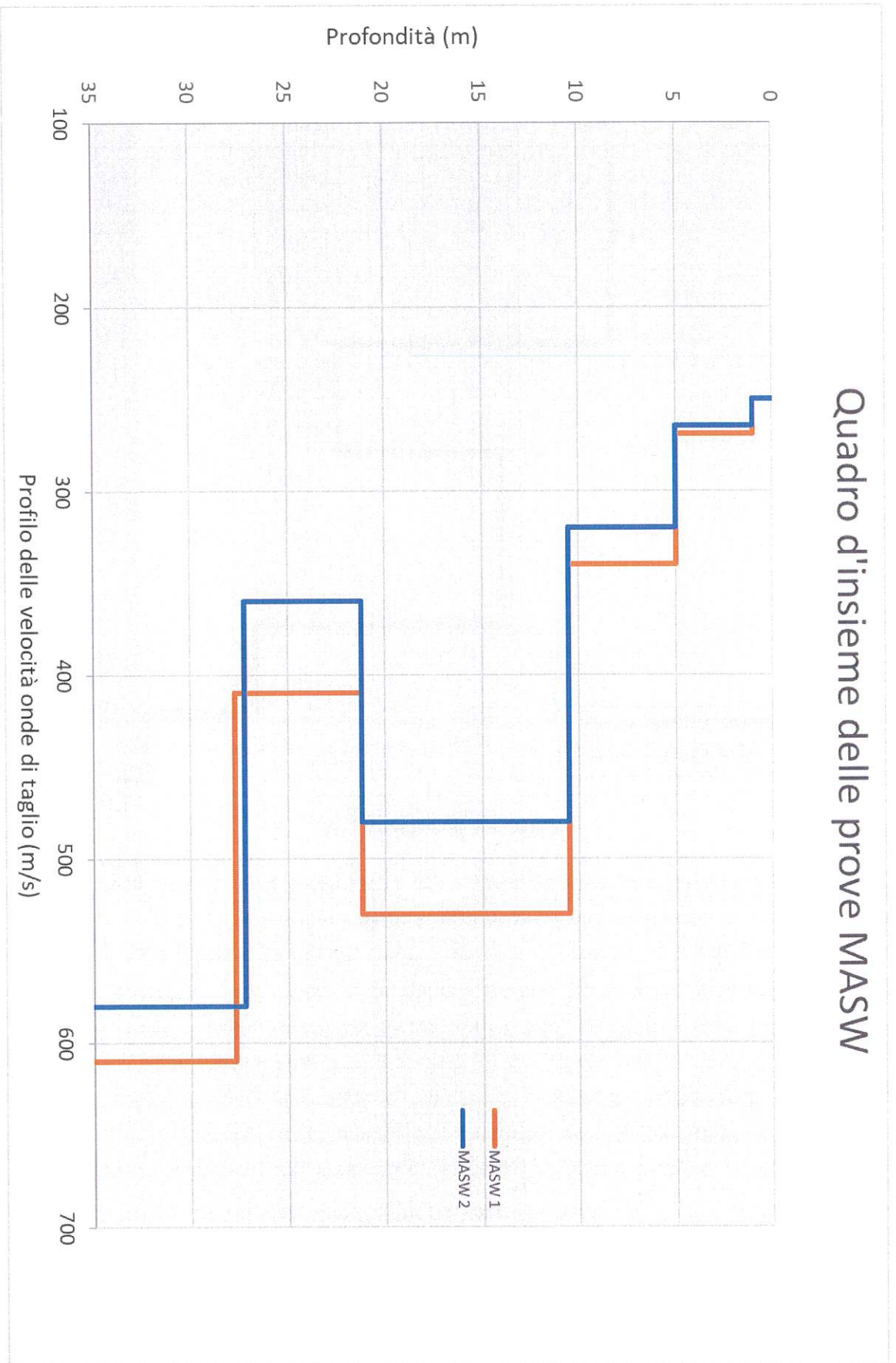


Figura 8: Quadro d'insieme delle prove MASW



1.5 ANALISI DEI RISULTATI

Per ciascuna delle 2 prove effettuate, i dati sismici acquisiti ed elaborati, hanno consentito di interpretare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 30 m dal p.c.

Tale risultato costituisce un importante supporto nell'interpretazione della successione litostratigrafica di sito. L'indagine geofisica M.A.S.W., unitamente alle risultanze di prove geognostiche (tra cui penetrometrie dinamiche e/o statiche) nonché di informazioni bibliografiche e d'archivio, consente la definizione dei principali orizzonti geotecnici. La velocità di propagazione delle onde di taglio costituisce un parametro geomeccanico del mezzo attraversato, pertanto fornisce indicazioni sulle caratteristiche e sullo stato dello scheletro del materiale stesso (le velocità variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti): generalmente la velocità delle onde di taglio aumenta in corrispondenza di materiali addensati e con buone caratteristiche geomeccaniche, mentre diminuisce in materiali poco consistenti e con scadenti caratteristiche geotecniche.

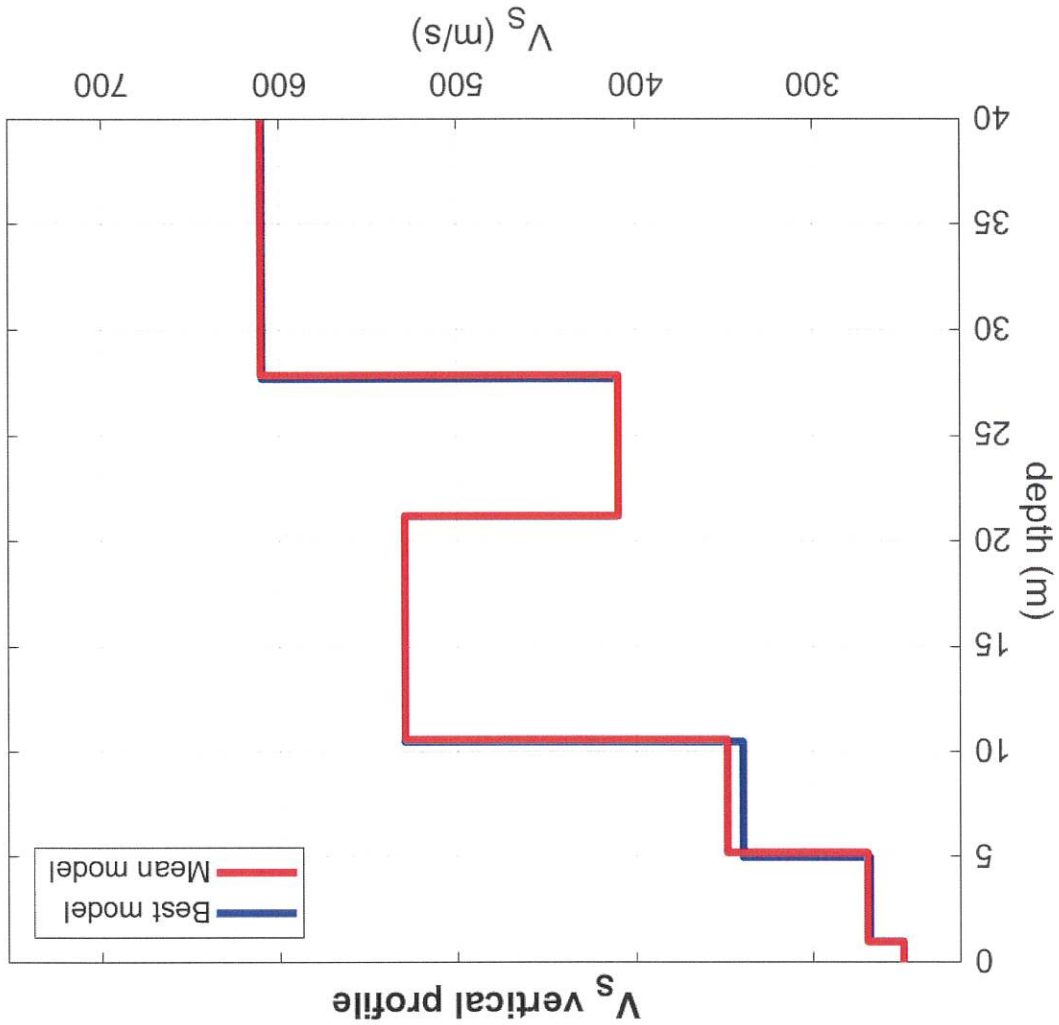


Figura 9: Profilo verticale di velocità delle onde "S" (Vs) - Prova 1

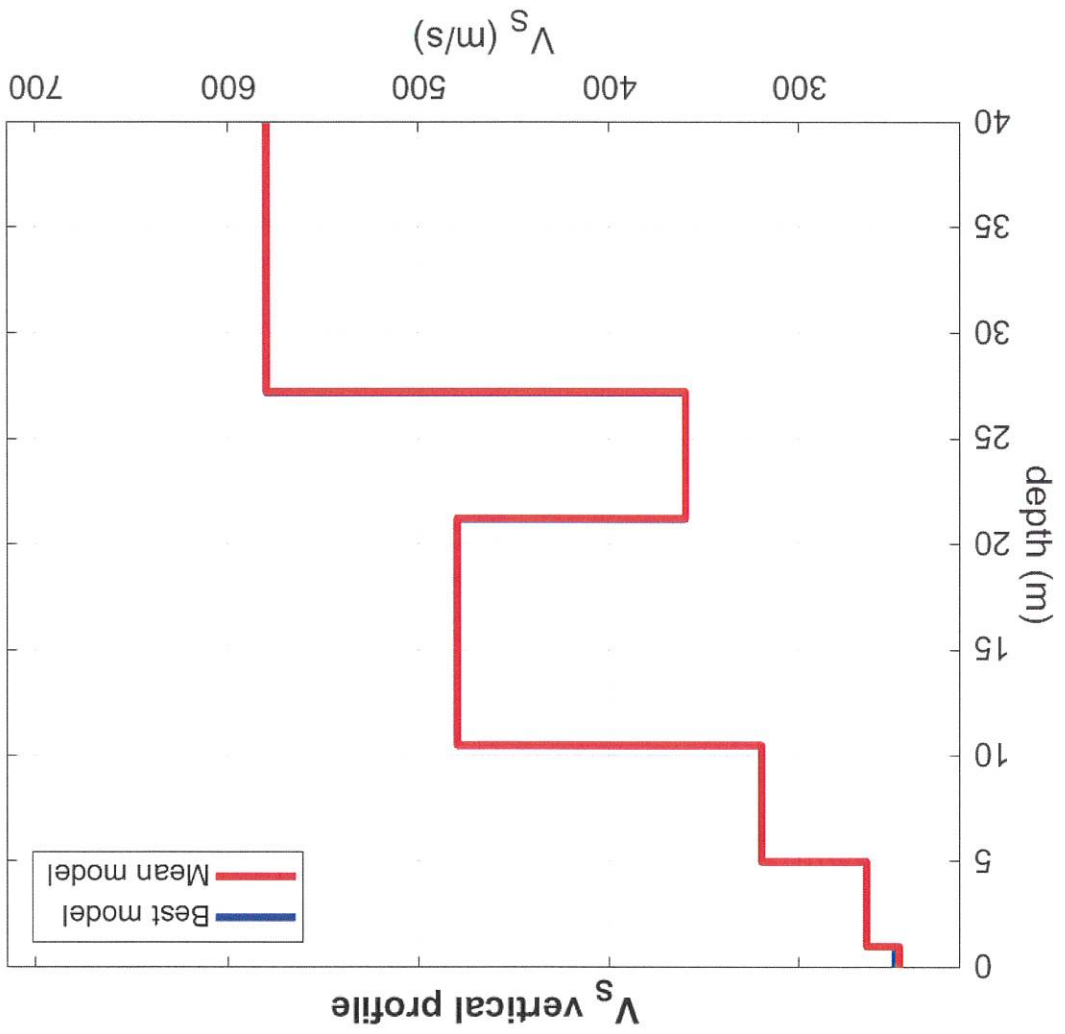


Figura 10: Profilo verticale di velocità delle onde "S" (V_s) - Prova 2



1.6 CONSIDERAZIONI INTERPRETATIVE CONCLUSIVE

I risultati delle prove MASW appaiono coerenti con l'assetto geologico sito specifico. In ottemperanza a quanto definito dalla vigente normativa "Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018", la classificazione di suolo sismico relativo al sito oggetto di studio, è stata ottenuta sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

h_i : spessore dell'*i*-esimo strato;
 $V_{s,i}$: velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;
 N : numero di strati;
 H : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nei depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità (da intendersi i primi 30 m di profondità rispetto al piano fondazionale ovvero, velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, considerando come quota di riferimento il piano fondazionale p.f. = 0 m). In altri termini, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Nei depositi con profondità H del substrato inferiore a 30 m la classificazione del sottosuolo dovrà effettuarsi in base del calcolo del V_s relativo a 30 m ma la classificazione del sottosuolo dovrà effettuarsi in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (rispetto al piano di imposta) entro lo spessore H del substrato, caratterizzato da V_s non inferiori a 800 m/s; per strati con $V_s \geq 800$ m/s posti a profondità inferiore ai 30 m si considera infatti solo tale profondità.



Tabella per la classificazione del suolo di fondazione

Prove eseguite	Profondità da p.c.	Vs equivalente (m/sec)	Categoria di sottosuolo	Vs equivalente (m/sec)	Categoria di sottosuolo
MASW 2	-2.0 m	Vs30, eq = 396	B	Vs25, eq = 374	B
	-1.0 m	Vs30, eq = 386	B	Vs26, eq = 368	B
	0 m	Vs30, eq = 375	B	Vs27, eq = 362	B
MASW 1	-2.0 m	Vs30, eq = 426	B	Vs26, eq = 406	B
	-1.0 m	Vs30, eq = 414	B	Vs27, eq = 398	B
	0 m	Vs30, eq = 401	B	Vs28, eq = 390	B



Categoria	Descrizione	Vs min [m/sec]	Vs max [m/sec]
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.	800	-
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.	360	800
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.	180	360
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.	100	180
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.	-	-



Su incarico conferito dallo Studio Associato Arch. Oddi, sono state eseguite il 2 dicembre 2021, n. 2 indagini geofisiche mediante il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW, presso Località Villò in comune di Vigolzone (PC). Dall'esame dei profili verticali di velocità delle onde "S" (Vs) ottenuti, è stato possibile caratterizzare sismicamente l'area di studio, qualificando e quantificando le caratteristiche geosismiche dei terreni coinvolti. I modelli sismo-stratigrafici restituiti, hanno mostrato un'apprezzabile correlatività con l'assetto geologico della zona; a seguire le considerazioni e deduzioni scaturite:

- I profili di velocità ricostruiti presentano un andamento sostanzialmente simile denotando una buona omogeneità litostratigrafica dell'area;
- I primi 5.0 m di profondità circa, sono costituiti da materiale di copertura a medio-bassa velocità ($V_s < 270$ m/s);
- Dal 5.0 m fino a circa 10.0-11.0 metri, i valori di Vs aumentano attestandosi intorno ai 320-340 m/s per la presenza di materiale granulare complessivamente più compatto ed addensato. Trattasi verosimilmente di litotipi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi;
- Più in profondità, fino a circa 21.0-22.0 metri, i valori di velocità aumentano nettamente, indicando la presenza di materiali più grossolani e ben addensati;
- Fra 21.0-22.0 e 27.0-28.0 metri, si registra un'inversione di velocità con valori che diminuiscono in corrispondenza di una successione costituita da alternanze di materiali grossolani e fini;
- Oltre i 27.0-28.0 metri Vs aumenta nuovamente segnalando la presenza di materiali prevalentemente ghiaiosi ad alto grado di addensamento e con possibile presenza di livelli conglomeratici;
- I valori di Vs eq calcolati rispetto a diversi scenari fondazionali (vedi tabella dedicata), definiscono una categoria di suolo fondazionale di tipo "B".

Treviso V.T., 06 dicembre 2021

Dott. Geol. Adriano Baldini



Geotest s.r.l.

Dott. Geol. Sara Bozzini



MISURA DEI RAPPORTI
SPETTRALI HVSR

Indagine Geofisica



MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA)

1.1 CENNI METODOLOGICI

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSr) è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico, quali il Giappone, per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Tale metodo si basa sulla misura del microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo presente in qualsiasi punto della superficie terrestre, che consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

Il microtremore naturale del suolo, agendo da oscillatore naturale, permette tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti.

La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989, A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33) per lo studio delle amplificazioni di sito, assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato sovrice su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- I microtremori sono generati da sorgenti locali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;
- Le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;
- La componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;
- Il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

della Vs30.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR senza quantitative informazioni sulle Vs ottenute da misure Masw / Esac-ReMi, e un solido ancoraggio di taratura, non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione

Le misure HVSR permettono inoltre, se associate a misure di dispersione delle onde di superficie (Masw, Esac, ReMi ecc.), di vincolare il profilo Vs e quindi di ottenere una ricostruzione più "robusta" del profilo di velocità e raggiungere profondità non direttamente raggiungibili dalle altre prove.

sismiche.

- **H** è la profondità dello strato sismico in corrispondenza di un netto aumento di velocità
- **VS** è la velocità media delle onde di taglio;

dove:

$$f_0 = \frac{H}{V_s}$$

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze **H/V**, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 10 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione **f₀**.

- *Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;*
- *Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);*
- *Stratigrafia sismica passiva;*
- *Vs30 da fit vincolato della curva H/V;*
- *Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.*

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:



1.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E MODALITA' DI ACQUISIZIONE

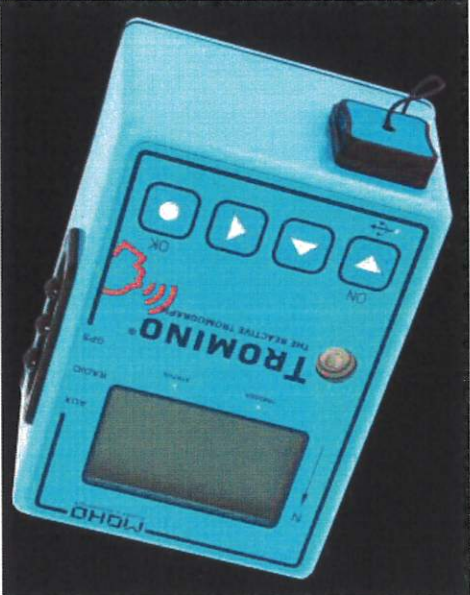
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato "TROMINO® BLU", tromografo digitale di ultima generazione.

"TROMINO®" è uno strumento compatto, ultra leggero che opera in alta risoluzione.

Al suo interno racchiude:

- 3 canali velocimetrici a guadagno variabile
- 3 canali accelerometrici
- 1 canale analogico
- ricevitore GPS
- modulo radio ricevente/trasmittente (per la sincronizzazione tra diverse unità)
- sistema di trigger radio (per prove MASW e simili)

Possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz. Nel caso specifico, le 2 registrazioni hanno avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.



- 3 canali velocimetrici a guadagno e sensibilità variabile: dal microtremore (fino a ± 0.5 mm/s) alle vibrazioni forti (fino a ± 5 cm/s)
- 3 canali accelerometrici (± 2 g)
- 1 canale analogico (es. trigger esterno per MASW e rifrazione)
- frequenze di lavoro [0.1, 1024] Hz su tutti i canali con conversione A/D a 24 bit reali
- ricevitore GPS con antenna interna o esterna per posizionamento e sincronizzazione tra diverse unità
- modulo radio trasmittente e ricevente integrato per sincronizzazione tra diverse unità e trasmissione di allarmi (es. superamento di soglie)

- Sampling frequency (Hz): 64
- Window length (sec): 20
- Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.5Hz
- Tapering (%): 5
- Smoothing (%): 10

1.3.2 DATA PROCESSING

- Località = Loc. Villò 29020 – Vigolzone (PC)
- Station Coordinates HVS1 = 009°39.6689 E, 44°53.8750 N
- Station Coordinates HVS2 = 009°39.7157 E, 44°53.9631 N

1.3.1 DATA ACQUISITION

Di seguito i risultati ottenuti dall'elaborazione delle prove effettuate:

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software winMASW 2018 versione Academy della Eliosoft.

1.3 ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI



Figura 4: Prova HVSR_2 dati originali e dati "puliti"

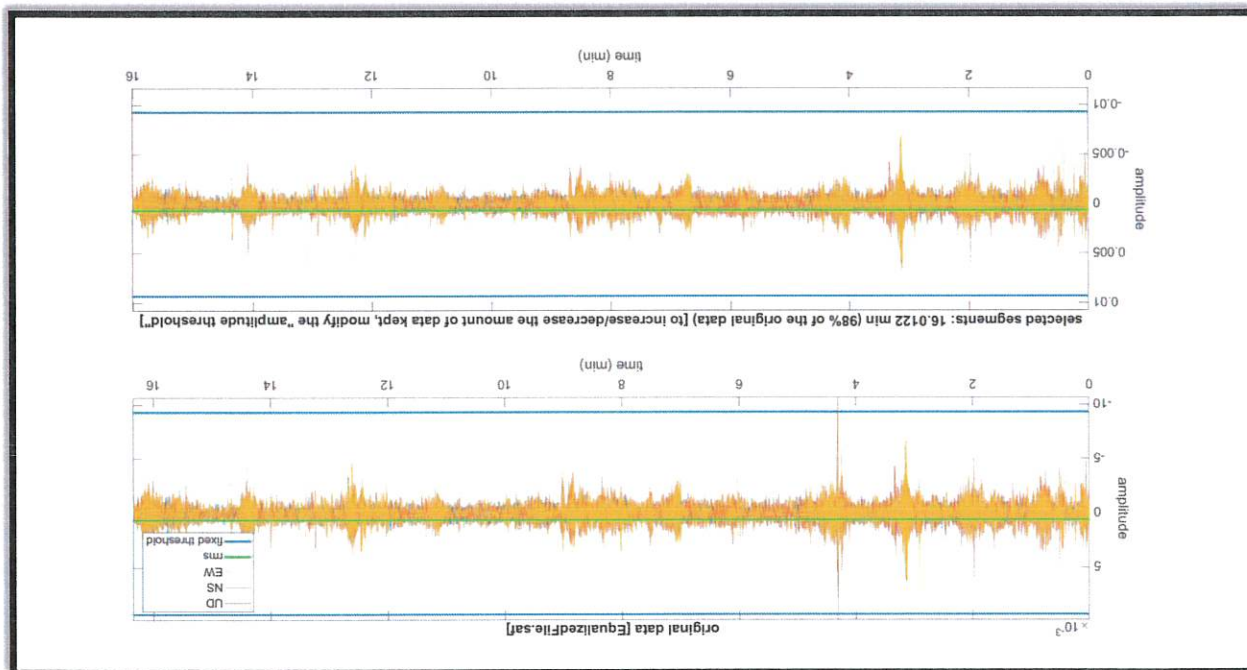
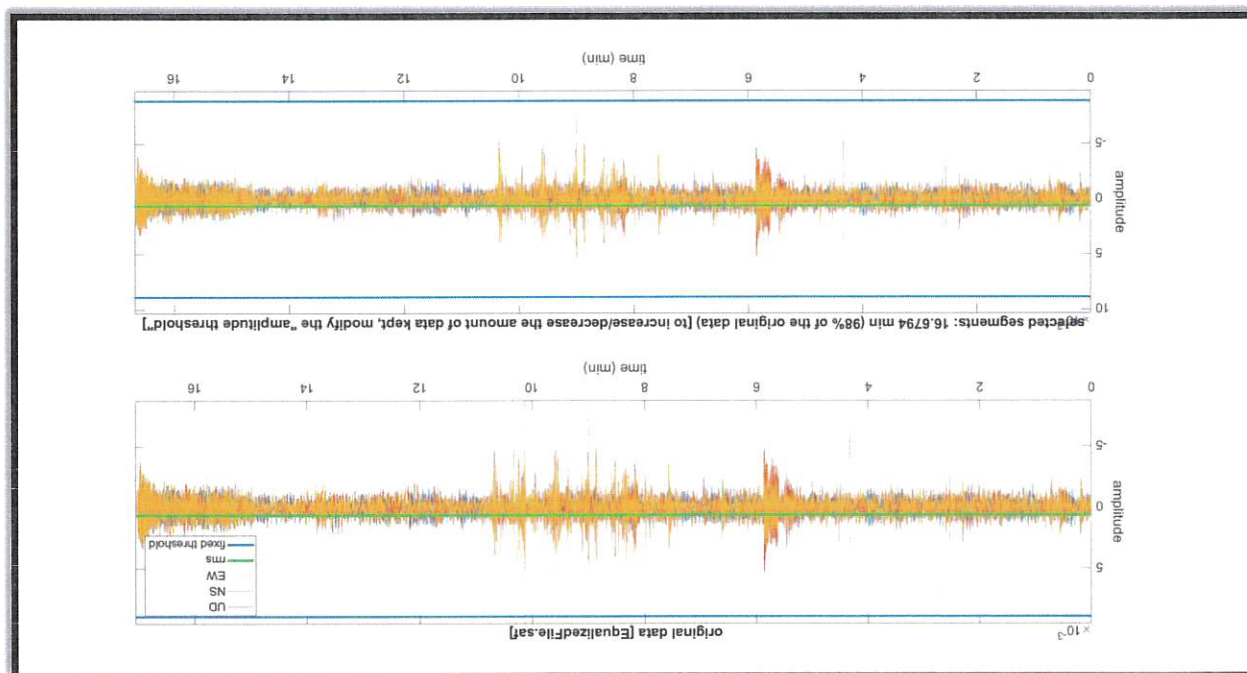


Figura 3: Prova HVSR_1 dati originali e dati "puliti"



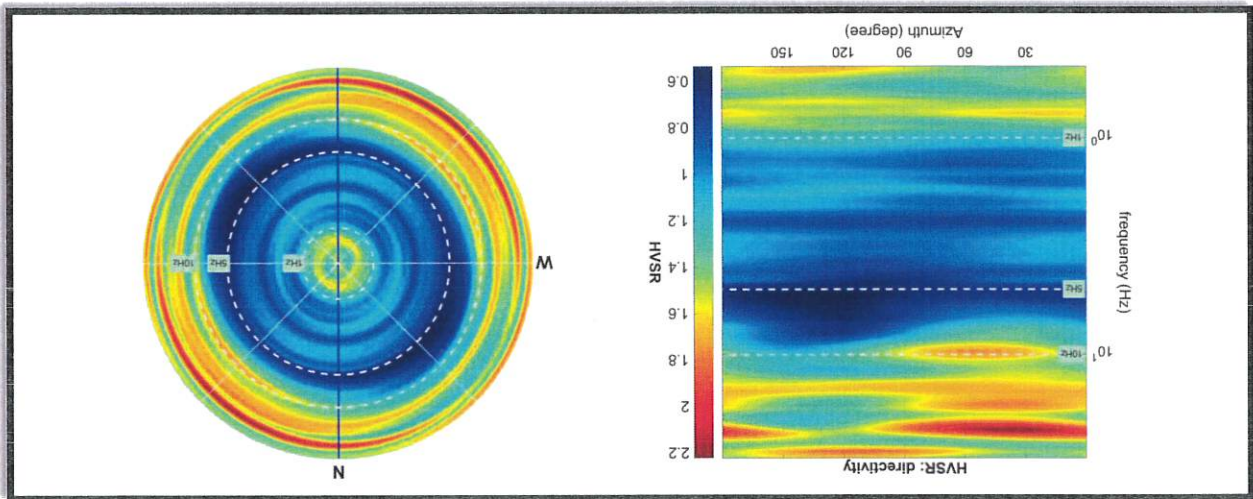


Figura 5: Prova HVSR_1 directivity

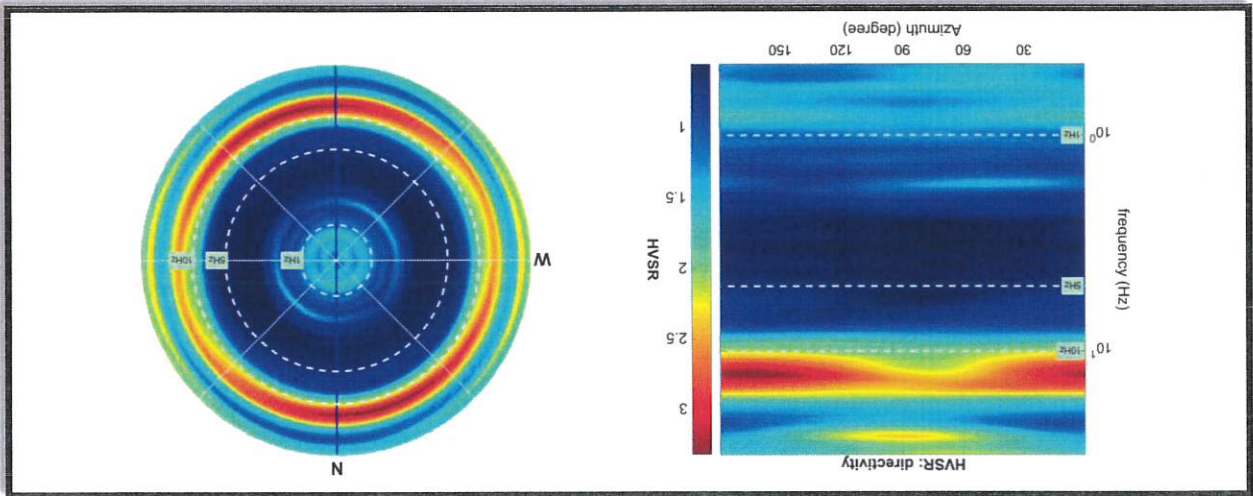


Figura 6: Prova HVSR_2 directivity

Per consentire un più agevole confronto fra le prove, i risultati delle stesse sono stati riportati in un unico grafico.

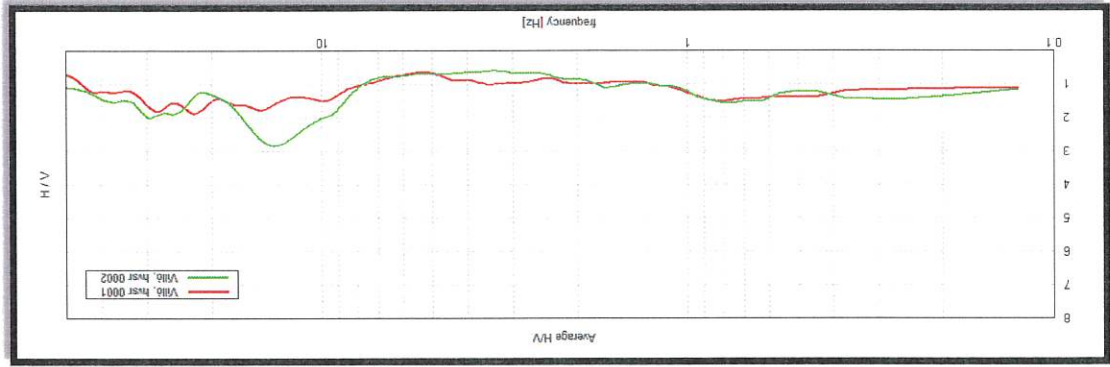


Figura 7: Quadro d'insieme delle prove HVSR - "Grilla"



1.4 ELABORAZIONE ED ANALISI DEI DATI con "Grilla"

I dati sismici acquisiti sono stati elaborati anche con il software "Grilla".

Il programma consente di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimosione dell'effetto di sottosuolo;
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni;
- Estrapolazione del profilo di velocità Vs mediante inversione della prova HVSR

Si precisa che il profilo di velocità ottenuto, costituisce una stima qualitativa ed approssimativa. I valori di Vs rappresentano quantità mediate sfruttando l'applicazione di formule empiriche.

L'affidabilità del modello proposto è proporzionale al dettaglio conosciuto del contesto geologico-stratigrafico locale. Da una corretta predisposizione dei dati di partenza per la stima del profilo di Vs, ne scaturisce quindi una migliore rappresentatività del profilo ottenuto nonché l'individuazione dell'interfaccia/e costituente il/i contrasto/i di impedenza principale del sito investigato.

Sul piano operativo si procede "fittando" (ovvero approssimando il più possibile) la curva sperimentale misurata HVSR, con una curva teorica costruita a partire da un modello di sottosuolo ipotizzato. Generalmente le prospezioni geofisiche sono supportate da indagini geotecniche propedeutiche alla caratterizzazione geotecnica sito specifica (per esempio prove penetrometriche). Le informazioni sperimentali e bibliografiche disponibili, rappresentano una prima taratura per vincolare i dati di input degli orizzonti più superficiali del modello teorico.

A partire da un profilo di primo tentativo semplificato, i parametri che definiscono il modello verranno, pertanto, variati fino all'individuazione del set che minimizza la differenza fra la curva H/V sperimentale e quella H/V sintetica.

Si perrà ad un modello stratigrafico-sismico dell'andamento di Vs con la profondità dal quale ricavare il valore di V_{s_eq} attraverso la media ponderata del contributo dei vari orizzonti.



Strumento: TEB-0510/0-19

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 02/12/21 10:16:16 Fine registrazione: 02/12/21 10:36:16

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Posizione GPS: 009°39.6689 E, 44°53.8750 N (169.0 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di

acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 8

Durata registrazione: 0h20'00"

Analizzato 77% tracciato (selezione manuale)

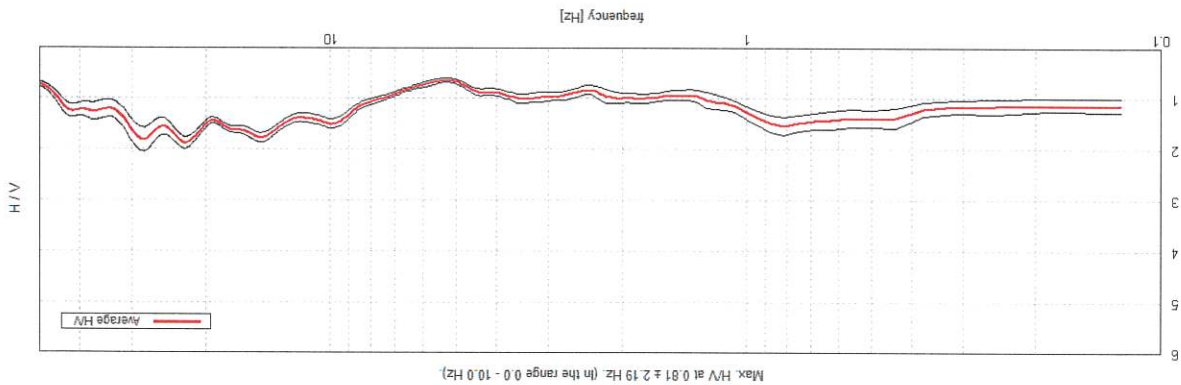
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestra: 13 s

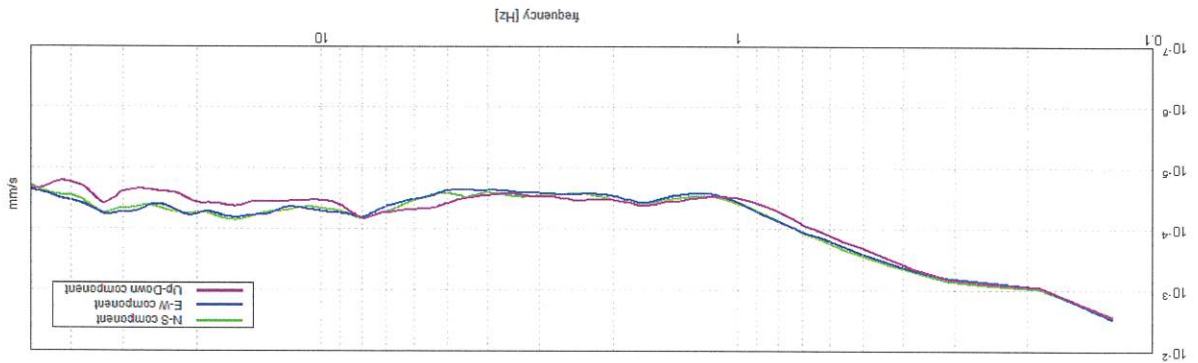
Tipo di lisciamto: Triangular window

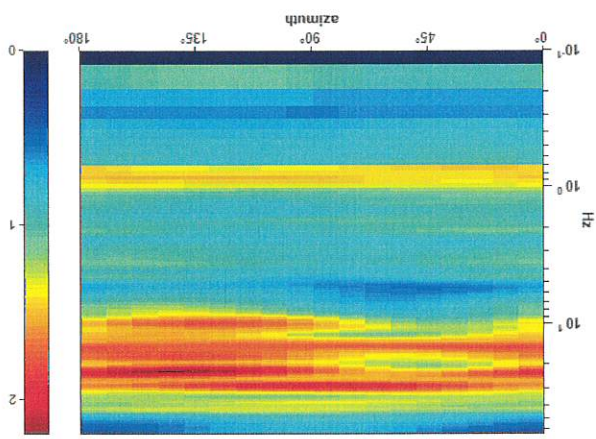
Lisciamto: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

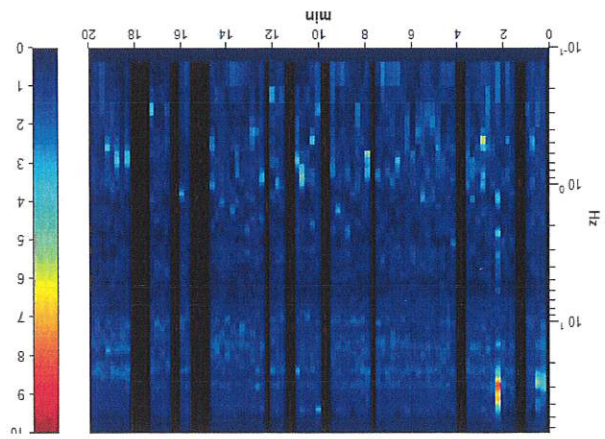


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





DIREZIONALITA' HV



SERIE TEMPORALE HV

Picco H/V a 0.81 ± 2.19 Hz (nell'intervallo 0.0 - 10.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile		[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]
$f_0 > 10 / L_w$	OK	0.81 > 0.77
$n_c(f_0) > 200$	OK	749.9 > 200
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	OK	Superato 0 volte su 20
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro		[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	NO	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	NO	
$A_0 > 2$	NO	1.54 > 2
$f_{picco}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	NO	$ 2.69774 < 0.05$
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	NO	2.19191 < 0.12188
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK	0.1761 < 2.0

L_w	lunghezza della finestra	
n_w	numero di finestre usate nell'analisi	
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi	
f	frequenza attuale	
f_0	frequenza del picco H/V	
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V	
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0	
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f	
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^-) < A_0/2$	
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$	
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa	
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$	
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$	

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Strumento: FEB-0510/01-19

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 02/12/21 10:16:16 Fine registrazione: 02/12/21 10:36:16

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Posizione GPS: 009°39.6689 E, 44°53.8750 N (169.0 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di

acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 8

Durata registrazione: 0h20'00"

Analizzato 74% tracciato (selezione manuale)

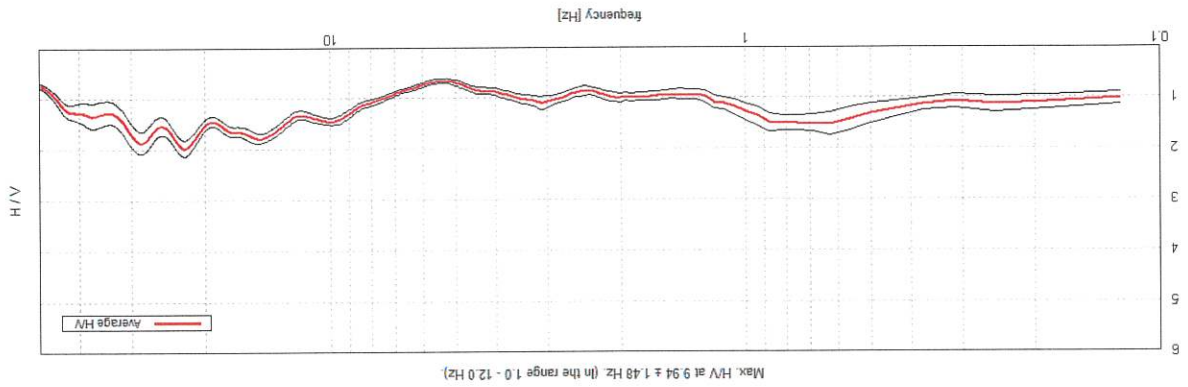
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestra: 15 s

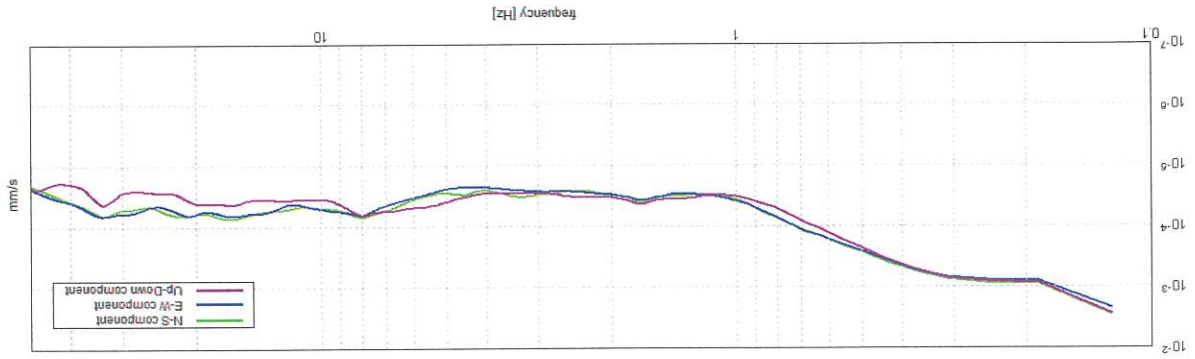
Tipo di lisciamiento: Triangular window

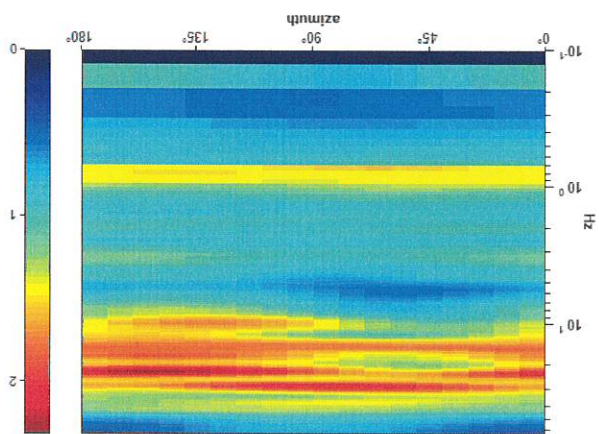
Lisciamiento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

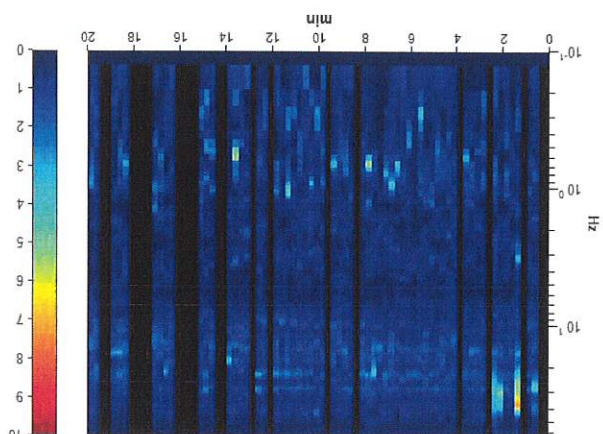


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





DIREZIONALITA' HV



SERIE TEMPORALE HV

Picco H/V a 9.94 ± 1.48 Hz (nell'intervallo 1.0 - 12.0 Hz).

<p>Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]</p>	
$f_0 > 10 / L_w$	OK
$n_c(f_0) > 200$	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	OK
<p>Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]</p>	
Esiste f- in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$	OK
Esiste f+ in $[f_0, 4f_0] A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$	NO
$A_0 > 2$	NO
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	NO
$\sigma_t < \varepsilon(f_0)$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	OK

f_0	5.938 Hz
$n_c = L_w / n_w$	
f	
frequenza attuale	
frequenza del picco H/V	
deviazione standard della frequenza del picco H/V	
σ_t	
$\varepsilon(f_0)$	
A_0	
ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0	
ampiezza della curva H/V alla frequenza f	
$A_{H/V}(f)$	
f-	
frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f-) < A_0/2$	
f+	
frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f+) < A_0/2$	
$\sigma_A(f)$	
deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa	
deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$	
$\sigma_{\log H/V}(f)$	
$\theta(f_0)$	

Valori di soglia per σ_t e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Strumento: TEB-0510/01-19

Formato dati: 32 byte

Fondo scala [mV]: 89

Inizio registrazione: 02/12/21 14:11:06 Fine registrazione: 02/12/21 14:31:06
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Posizione GPS: 009°39.7157 E, 44°53.9631 N (173.3 m)

(tempo UTC sincronizzato al primo campione di registrazione): non disponibile in questo modo di

acquisizione + 0 + 0 campioni

Num. satelliti: 8

Durata registrazione: 0h20'00"

Analizzato 63% tracciato (selezione manuale)

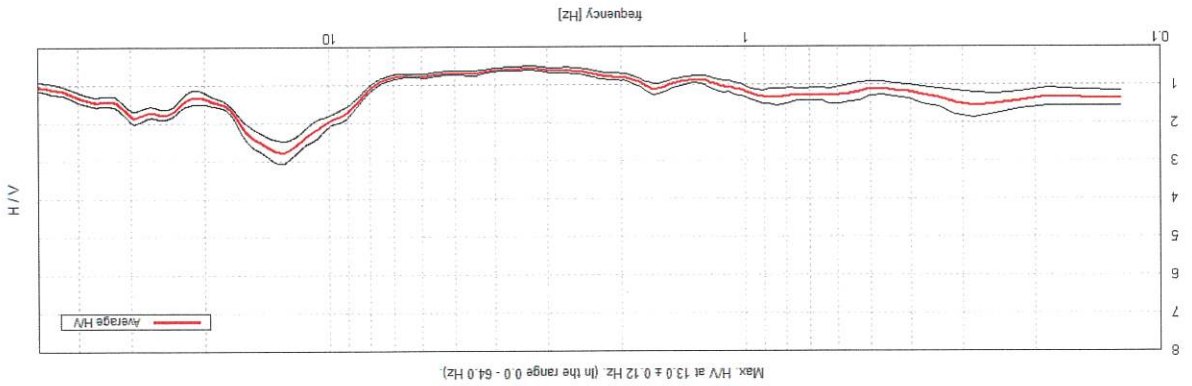
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestra: 20 s

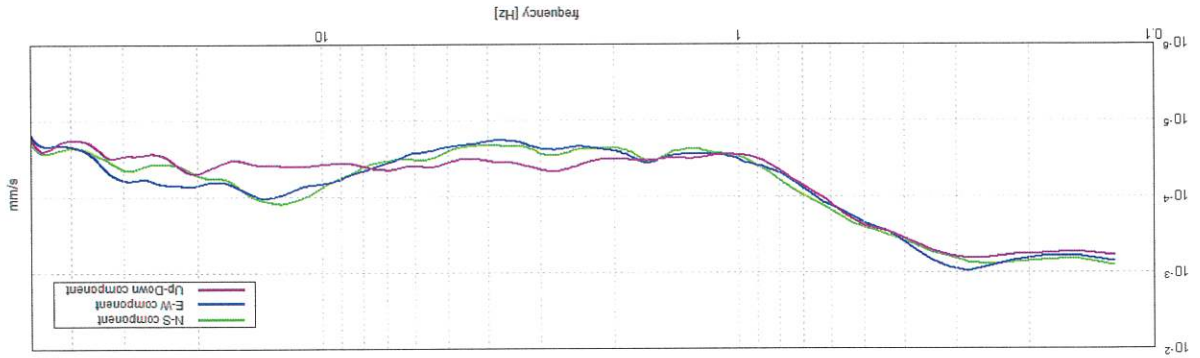
Tipo di lisciamto: Triangular window

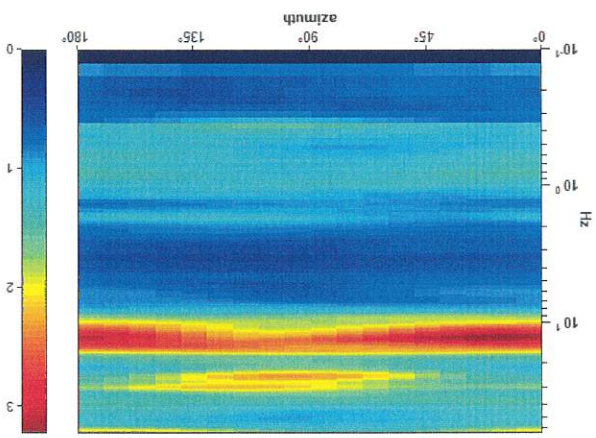
Lisciamto: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

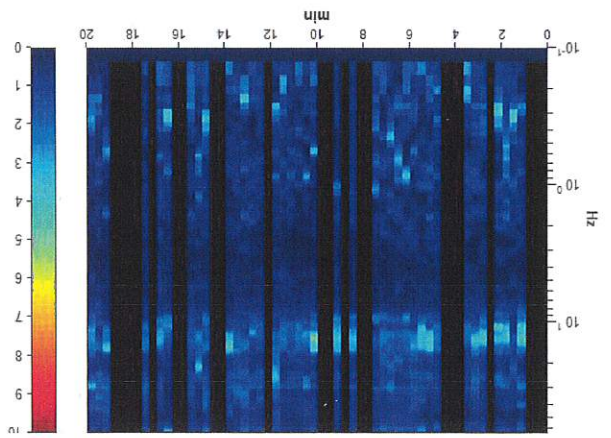


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI





DIREZIONALITA' H/V



SERIE TEMPORALE H/V

[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Gnlla* prima di interpretare la tabella seguente].

www.moho.world



Picco H/V a 13.0 ± 0.12 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile		
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]		
$f_0 > 10 / L_w$	13.00 > 0.50	OK
$n_c(f_0) > 200$	9880.0 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 625	OK

Criteri per un picco H/V chiaro		
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]		
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	8.406 Hz	OK
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	19.625 Hz	OK
$A_0 > 2$	$2.77 > 2$	OK
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00893 > 0.05$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11616 < 0.65$	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2935 < 1.58$	OK

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



1.5 CONSIDERAZIONI INTERPRETATIVE CONCLUSIVE

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

- Le due prove eseguite, hanno tra loro un andamento nel complesso simile, testimoniando un sito caratterizzato da buona uniformità sismo-stratigrafica;
- Nell'intervallo di frequenze a maggior interesse ingegneristico (normalmente 1 - 10 Hz), non sono stati individuati picchi del rapporto H/V significativi. In entrambe le registrazioni, si rileva tuttavia un picco intorno a 9-10 Hz con ampiezza inferiore a 2;
- Valori del rapporto H/V inferiori a 2, evidenziano la mancanza di contrasti d'impedenza sismica rilevanti nella successione litostratigrafica;
- In un contesto caratterizzato da scarsi contrasti d'impedenza sismica, la frequenza di vibrazione fondamentale del terreno si colloca nell'intervallo **0.75-0.8 Hz**;
- I rispettivi picchi, pur non presentando valori particolarmente elevati (**[1.54(±0.8)]** e **[1.63(±0.19)]**), segnalano la presenza di un contrasto d'impedenza sismica non trascurabile e molto profondo entro la successione litostratigrafica. In questo caso, la frequenza di vibrazione misurata, non riveste particolare rilevanza ingegneristica;
- Picchi di risonanza più marcati, ma sempre di scarsa valenza ingegneristica, si rilevano per frequenze superiori a 10 Hz; tra questi si segnala il picco caratteristico della registrazione HVSr 2 a **13 Hz** con valore **[2.77(±0.3)]**, correlabile ad un passaggio piuttosto superficiale;
- Il valore del rapporto H/V inferiore a 1 nell'intervallo di frequenze 1.3-7.5 Hz, potrebbe indicare la presenza di un'inversione di velocità in profondità;
- In base all'esito delle prove si ritiene che non sussistano le condizioni per l'insorgere, in caso di sisma, di fenomeni di risonanza terreno-strutture.

Treviso, 06 dicembre 2021

Geotest s.r.l.



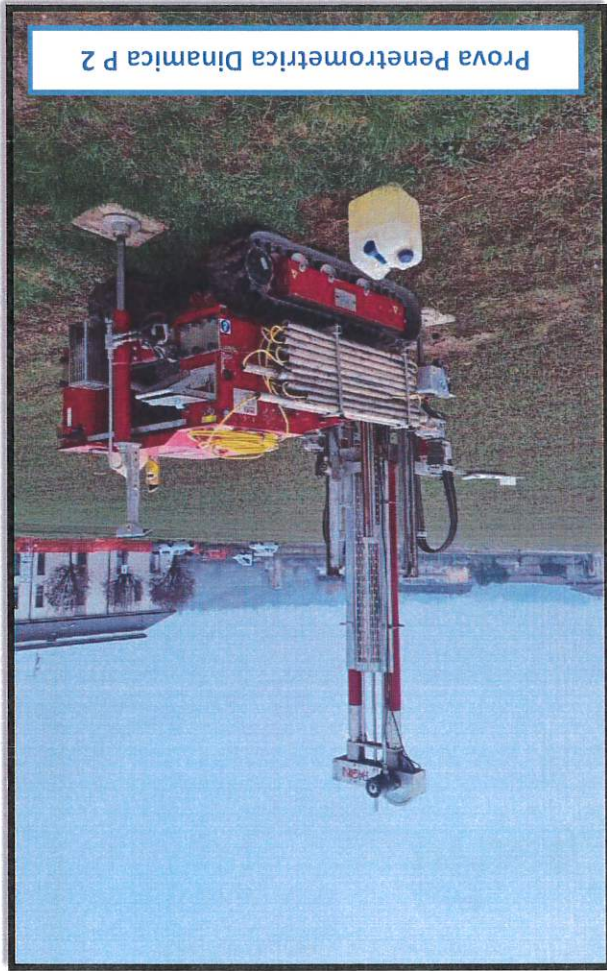
Dott. Geol. Adriano Baldini



Dott. Geol. Sara Bozzini

Documentazione fotografica delle indagini effettuate

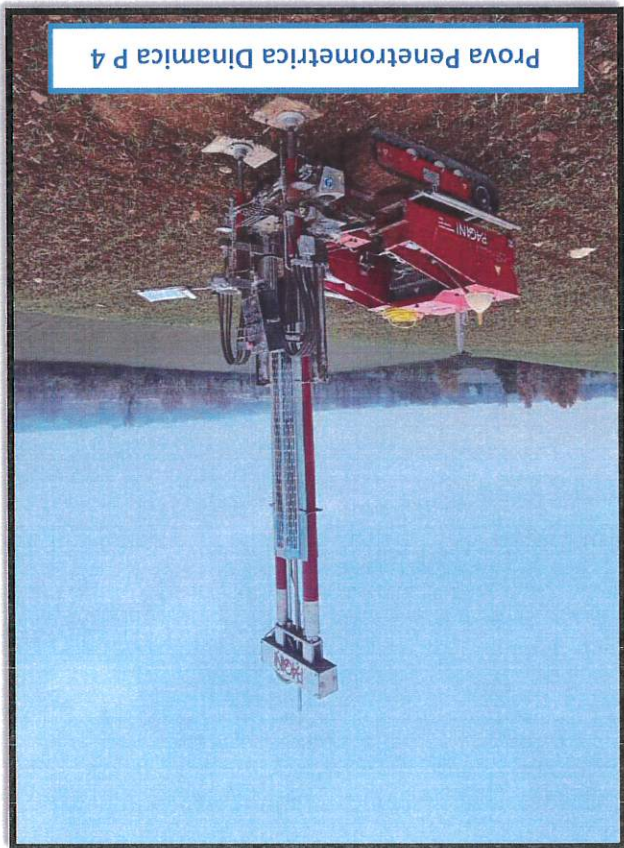
Allegato 3



Prova Penetrometrica Dinamica P 2

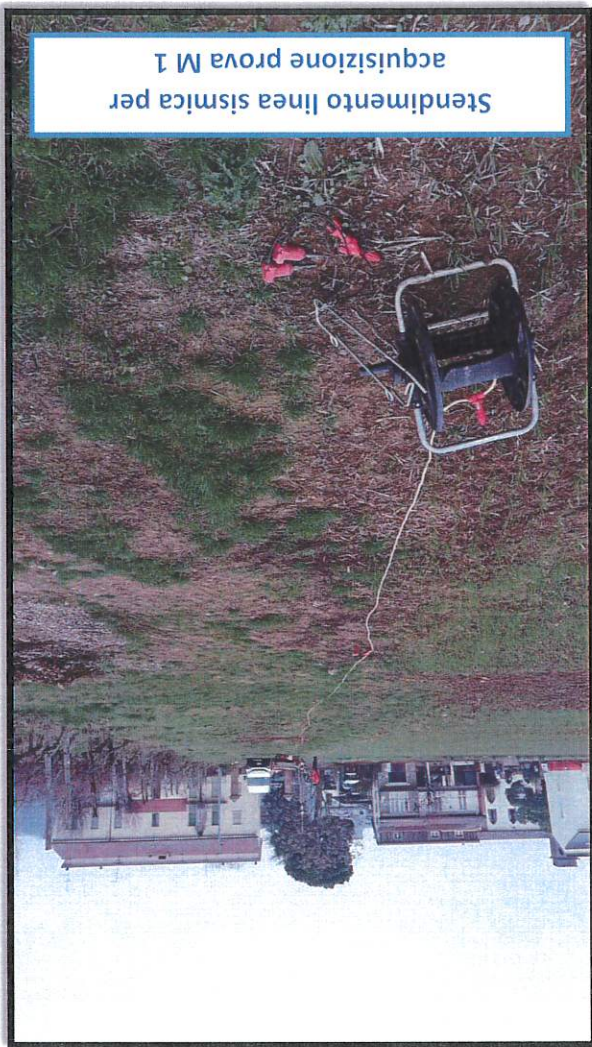


Prova Penetrometrica Dinamica P 1

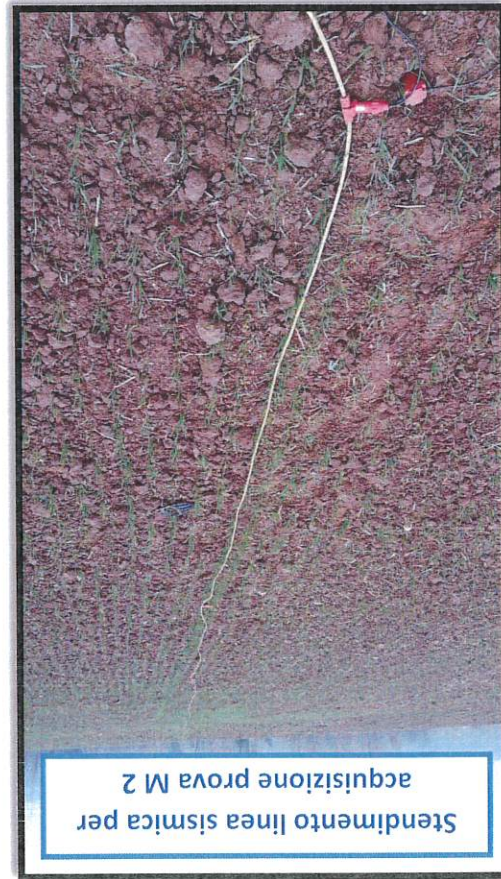




Prova Penetrometrica Dinamica P 6



Stendimento linea sismica per
acquisizione prova M 1



Stendimento linea sismica per
acquisizione prova M 2



Acquisizione HVS-R

