CERVAROLO GIUSEPPE
01.04.2022 10:47:57 GMT+00:00

COMUNE DI BOLANO

PROVINCIA DI LA SPEZIA

PROGETTO DEFINITIVO

INTERVENTO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL CANALE VILLA NEL TRATTO COMPRESO TRA IL PONTE SU VIA PICARDA E LA PASSERELLA PEDONALE DI P.ZZA DELLE CORRIERE A CEPARANA

RELAZIONE GEOLOGICA



COD. ELABORATO

P D R T 0 6 0 0

PROGETTISTA

DOTT. ING. GIUSEPPE CERVAROLO (CSP)
WWW.INGEGNERECERVAROLO.IT

ORDINE INGEGNERI COSENZA
Ingegnere
CERVAROLO
GIUSEPPE
Laurea Specialistica
Sezione: A n. 4572
Settori: Civile-Ambientale

R.U.P.

GEOM. LORENZO BRAGAZZI

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ESEGUITO
A	DICEMBRE 2021	REVISIONE PROGETTO DEFINITIVO	ING. CERVAROLO
B			
C			
D			

COMUNE DI BOLANO

Provincia di La Spezia

Intervento di sistemazione idraulica del canale Villa nel tratto compreso tra il ponte su via Picarda e la passerella pedonale di P.zza delle Corriere a Ceparana

RELAZIONE GEOLOGICA



COMMITTENTE: *Comune di Bolano*

Chiavari, 30 novembre 2021

Geol. Marco Dasso

Geologia - Geotecnica - Geofisica: indagini, consulenze, monitoraggi
Tel: 0185308965 - Cell: 347903814 - Email: m.dasso@libero.it
Iscritto Albo Geologi della Liguria n° 614 sez A
P.IVA: 02039740994 – C. F. DSSMRC83A09C621S

INDICE DEI CAPITOLI

1. PREMESSE

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1. Dominio Ligure

3.1.1 Dominio Ligure Interno

3.1.1.1 Unità Tettonica del M.te Antola

3.1.1.2 Unità tettonica del M.te Gottero

3.1.2 Dominio Ligure Esterno

3.1.2.1 Unità Tettonica di Ottone

3.2 Coperture Neogeniche - Quaternario

3.2.1 Bacino di Sarzana

4. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE DEL BACINO

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO – IDROGEOLOGICO DEL COMPARTO IN STUDIO

6. INDAGINI GEOLOGICHE IN SITO

6.1. Sondaggi meccanici

6.2 Indagini geofisiche

6.3 Prelevamento campioni

6.4 Commento sulle indagini e modello geologico - geotecnico

7. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

8. VALUTAZIONE SULL'INTERVENTO E CONCLUSIONI

ALLEGATI

- ***Planimetria con ubicazione indagini***
- ***Stratigrafie dei sondaggi geognostici***
- ***Report indagini geofisiche con grafici e interpretazione***
- ***Prove di laboratorio***
- ***Documentazione fotografica***

1. PREMESSE

Lo studio geologico di seguito esposto costituisce allegato al progetto per la sistemazione idraulica del Canale Villa nel Comune di Bolano (Sp).

Nel prosieguo verranno descritte le caratteristiche geologiche ed idrogeologiche del territorio interessato dalle opere di riduzione del rischio idraulico, nonché le risultanze della campagna di indagini geognostiche svolte all'interno dell'intero comparto.

Il tratto in studio risulta lungo circa 1,3 km ed è delimitato a monte dal ponte di Via Picarda ed a valle dalla passerella pedonale realizzata in prossimità di Piazza delle Corriere.

Il bacino imbrifero, nel tratto di monte, è caratterizzato dalla presenza di diverse aste di apporto che convergono in un unico alveo torrentizio man mano che si prosegue verso la foce.

Dal ponte di Via Picarda, procedendo verso valle, il canale è sistemato secondo differenti configurazioni di sponda ed alveo.

Gli interventi previsti sono indirizzati alla sistemazione e protezione dell'alveo e alla demolizione e ricostruzione di ponti. Tali modifiche sono state calibrate in risposta alle criticità evidenziate dai modelli idraulici relativi alle condizioni di stato attuale; gli interventi risultano necessari alla sistemazione idraulica del tratto terminale del Canale Villa Greci a causa di sezioni di deflusso insufficienti che portano la classificazione della zona in aree a pericolosità da media ad elevata.

Gli interventi che porteranno alla riduzione del rischio gravante sull'area consistono nella risagomatura dell'alveo e alla demolizione e ricostruzione di alcuni attraversamenti carrabili.

Il bacino del canale in questione sottende un'area che si forma nella zona collinare del Comune di Bolano attraversandone i versanti fino a giungere sul fondovalle fortemente antropizzato della località di Ceparana per poi immettersi in sponda destra nel Fiume Magra.

Infine il presente elaborato descrive le fasi di ricerca volte a definire una modellazione geologica dei terreni che interferiranno con le opere a progetto, secondo le direttive della normativa vigente, in particolare delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17 gennaio 2018).

Oltre al sopracitato decreto ministeriale, sono stati considerati i seguenti riferimenti normativi:

- Piano stralcio assetto idrogeologico del bacino del Fiume Magra e del Torrente Parmignola e la Normativa geologica attuativa del Piano Urbanistico Comunale.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

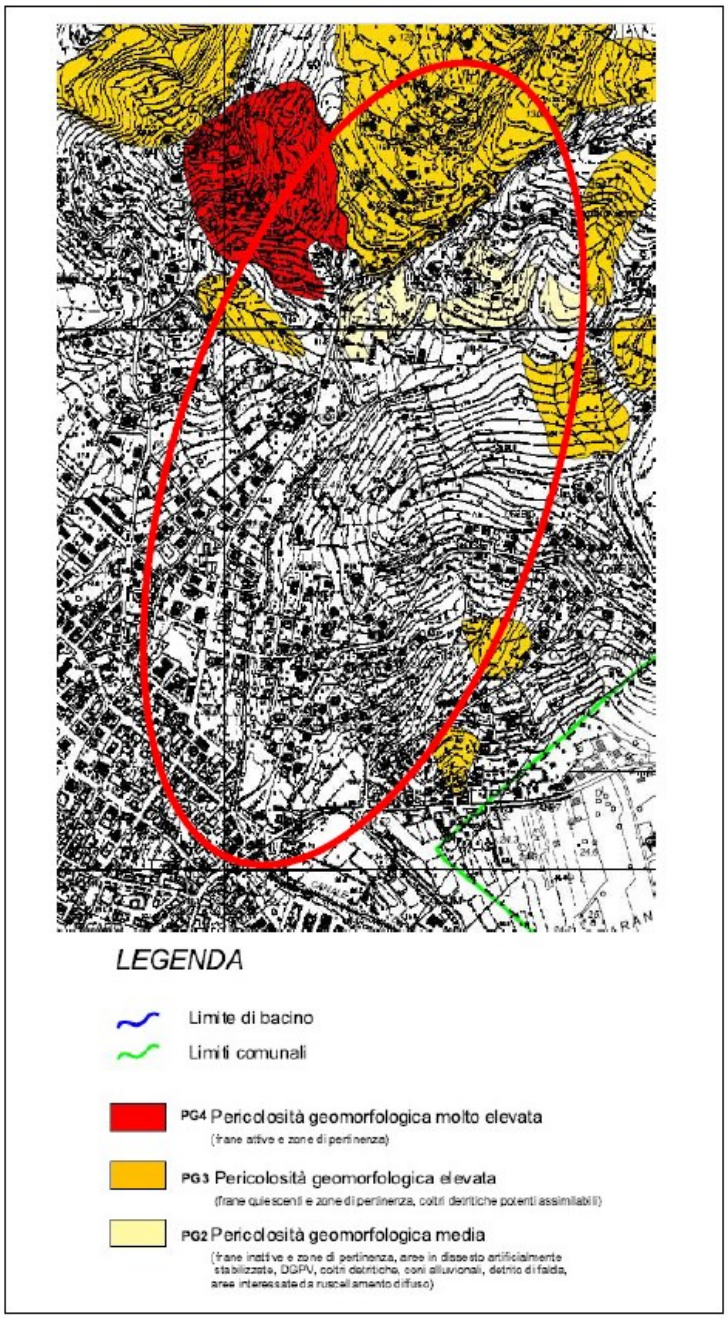
La superficie del corso d'acqua in cui è prevista la messa in sicurezza ricade, in minima parte, su terreni a suscettività al dissesto elevata (Pg3). Le aree così censite si trovano nella parte iniziale nei pressi di Via Picarda in corrispondenza della fascia pedemontana sita in sponda destra del Canale Villa dei Greci

La carta delle fasce di inondabilità segnala il tratto terminale del reticolo idrografico in studio come a pericolosità idraulica elevata e media.

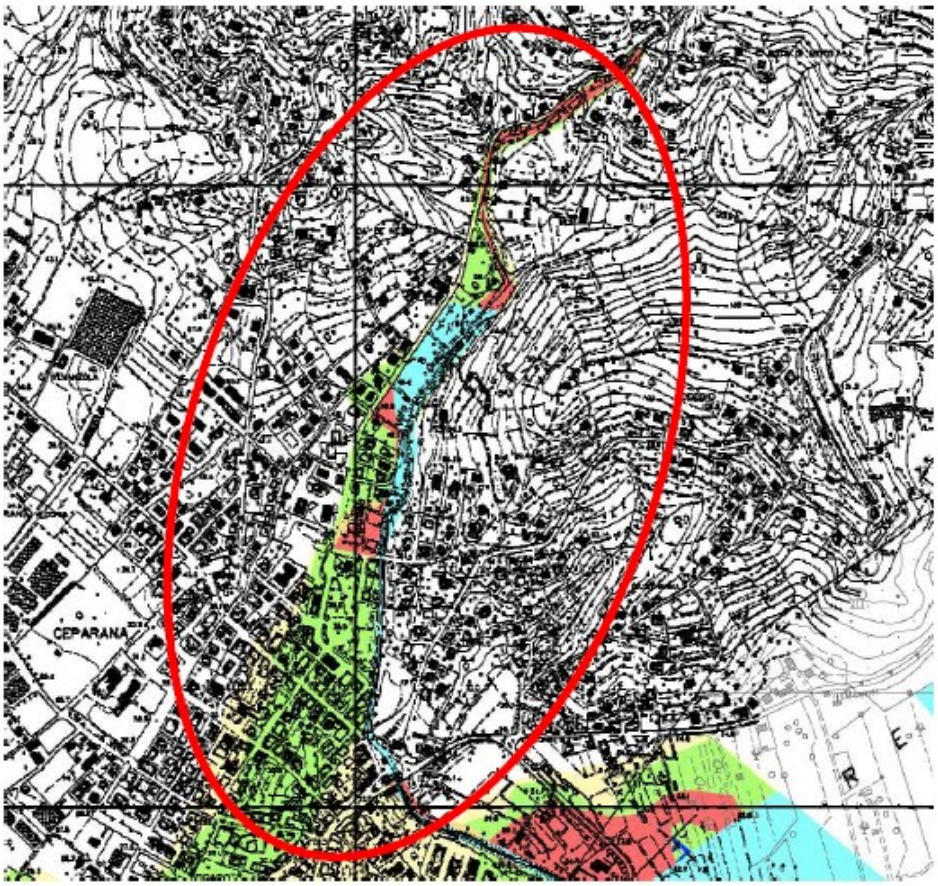
Infine il comparto in oggetto NON rientra nelle aree soggette al regime di Vincolo Idrogeologico.

Si propone la rappresentazione grafica delle direttive del PAI sopradescritte.

CARTA DELLA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA



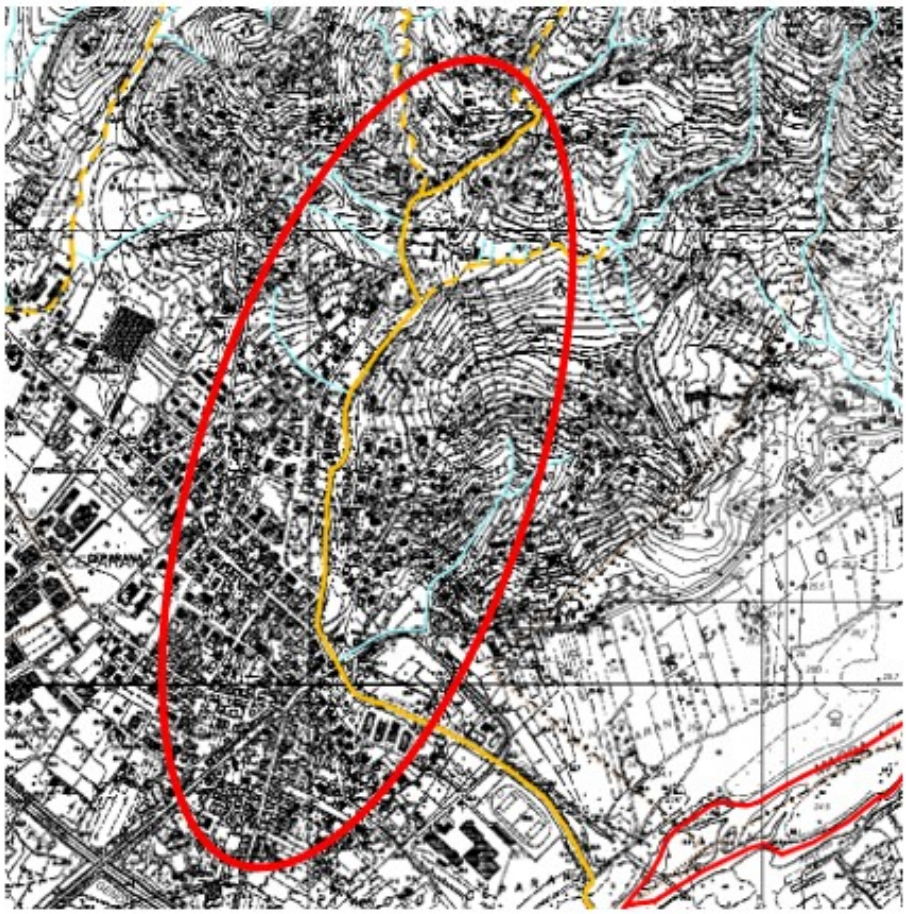
CARTA DELLE FASCE DI INONDABILITA'



Legenda

- Aree a pericolosità idraulica molto elevata - elevata (aree inondabili per Tr=30 anni)
- Aree a pericolosità idraulica media (aree inondabili per Tr=200 anni)
- Aree a pericolosità idraulica bassa (aree inondabili per Tr=500 anni)
- Aree a pericolosità idraulica bassa (aree difese da interventi di sistemazione idraulica)
- Aree a criticità idraulica non studiate (aree storicamente inondate)
- Fascia di riassetto fluviale
- Zone di approfondimento (zone in cui si rendono necessari studi di maggior dettaglio)

CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO



RETICOLO IDROGRAFICO

Reticolo significativo ai fini del corretto assetto idraulico

Reticolo Principale	tratti studiati	
	tratti non studiati	
Reticolo Secondario	tratti studiati	
	tratti non studiati	
Reticolo Minuto	tratti studiati	
	tratti non studiati	
Reticolo Minuto non significativo		

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio in esame, appartenendo all'Appennino Settentrionale, è stato oggetto dei processi che hanno condotto alla formazione dello stesso.

L'attuale assetto del territorio è il risultato di lunghe e complesse fasi geologiche che hanno coinvolto tutto l'Appennino Ligure – Toscano.

L'Appennino infatti fu oggetto di varie fasi compressive a partire dal Cretaceo superiore fino al Miocene medio-superiore con conseguenti accorciamenti crostali e formazione di falde.

In seguito si ebbe un regime distensivo caratterizzato dalla deposizione di sequenze sedimentarie (in discordanza sopra le rocce precedenti fortemente compresse) e dalla formazione di faglie dirette aventi direzione preferenziale Nord-Ovest Sud-Est.

L'Appennino Settentrionale presenta dunque una struttura molto complessa con diverse falde sovrapposte e, per questo motivo, nel territorio in esame affiorano sia sequenze appartenenti alla Falda Toscana sia Unità Liguri.

Nel comparto in studio e come visualizzabile nella carta geologica sono presenti unità e formazioni appartenenti al Dominio Ligure, Interno ed Esterno, e al Bacino di Sarzana; si riporta nel seguito una sommaria descrizione.

3.1. DOMINIO LIGURE

Le unità tettoniche derivate da questo dominio paleogeografico sono successioni depostesi originariamente nell'area oceanica tetidea compresa tra il paleomargine continentale africano e quello europeo. Esse sono state intensamente coinvolte nell'orogenesi appenninica tanto da avere perso spesso non solo il substrato oceanico, ma anche buona parte dell'originaria successione litostratigrafica.

Le unità tettoniche riconosciute, secondo l'ordine di sovrapposizione dall'alto verso il basso, sono le unità del M. Antola, del M. Gottero (Dominio Ligure Interno) e di Ottone (Dominio Ligure Esterno).

3.1.1 Dominio Ligure Interno

3.1.1.1 Unità Tettonica del M.te Antola

- Argilliti della Val Lavagna

Affioramenti tipici: strada Ceparana-Bolano nei pressi di Ca de Negri.

Caratteri litologici di terreno: argilliti grigio-brune, raramente verdi chiare e talora rosse, con patine manganesifere, marne siltose e alternati rari livelli siltitici.

Spessore dell'unità: quello affiorante è di poche decine di metri.

Attribuzione cronologica: Santoniano-Campaniano.

Ambiente deposizionale: piana bacinale.

- Formazione del M.te Antola

Affioramenti tipici: in aree limitate a Ceparana, buone esposizioni si osservano nei pressi di Ca de Negri.

Caratteri litologici di terreno: torbiditi calcareo-marnose e calcarenitiche in strati spessi anche più di 1 metro.

Spessore dell'unità: spessore massimo di circa 200 metri.

Attribuzione cronologica: Campaniano superiore-Maastrichtiano.

Ambiente deposizionale: piana bacinale al di sopra del CCD (Carbonate Compensation Depth).

3.1.1.2 Unità tettonica del M.te Gottero

- Arenarie del M.te Gottero (GOT)

Caratteri litologici di terreno: depositi torbiditici in strati di spessore anche notevole che raggiungono talora i 7 metri (in media circa 3). La parte basale degli strati varia da grossolana a medio-fine, ma non sono rari i livelli basali microconglomeratici e le amalgamazioni. Il rapporto arenaria/pelite è superiore a 4 e frequenti sono i filoni sedimentari arenacei nella frazione pelitica degli strati più potenti Nella successione sono state distinte due litofacies: quella più ricorrente è essenzialmente arenaceo-pelitica, e in molti casi caratterizza da sola ampie porzioni della formazione (GOTa).

Litofacies arenaceo-pelitica e pelitico-arenacea (GOTa): lo spessore medio degli strati è di circa 30 centimetri e raramente supera il metro, con un rapporto arenite/pelite generalmente inferiore a 1; la granulometria della porzione basale è generalmente arenacea fine, talora siltitica.

Spessore dell'unità: spessore complessivo stimato di circa 1200 metri.

Attribuzione cronologica: Campaniano superiore-Paleocene inferiore.

Ambiente deposizionale: porzione esterna di conoide sottomarina, sedimentazione al di sotto della CCD (Carbonate Compensation Depth).

3.1.2 Dominio Ligure Esterno

3.1.2.1 Unità Tettonica di Ottone

- Complesso di M.te veri

Sinonimi: argille a Palombini, scisti a galestrini.

Affioramenti tipici: in peggiori condizioni su una fascia in sinistra orografica del Magra a Montebello.

Caratteri litologici di terreno: prevalenti marne e marne argillose grigio chiare e nocciola, con stratificazione da indistinta ad apprezzabile e fatturazione in scaglie centimetri che appiattite o a saponetta; occasionalmente sono presenti sottili strati di argilliti rosse e blocchi di strati calcareo-marnosi; i clasti variano da pochi centimetri ad alcuni decimetri,sono prevalentemente calcarei, calcareo-marnosi e subordinatamente diasprini e basaltici, con abbondante matrice argillitica; ad altezze stratigrafiche variabili sono intercalati olistoliti di dimensioni cartografabili di GABBRI

Spessore dell'unità: circa 200 metri.

3.2 COPERTURE NEOGENICHE - QUATERNARIO

3.2.1 Bacino di Sarzana

- Sintema della Bassa Val di Magra (BVM1)

Affioramenti tipici: in sinistra dei fiumi Magra e Vara.

Caratteri litologici di terreno: conglomerati prevalenti su sabbie e limi, variamente pedogenizzati.

Spessore dell'unità: spessore massimo circa 100 metri.

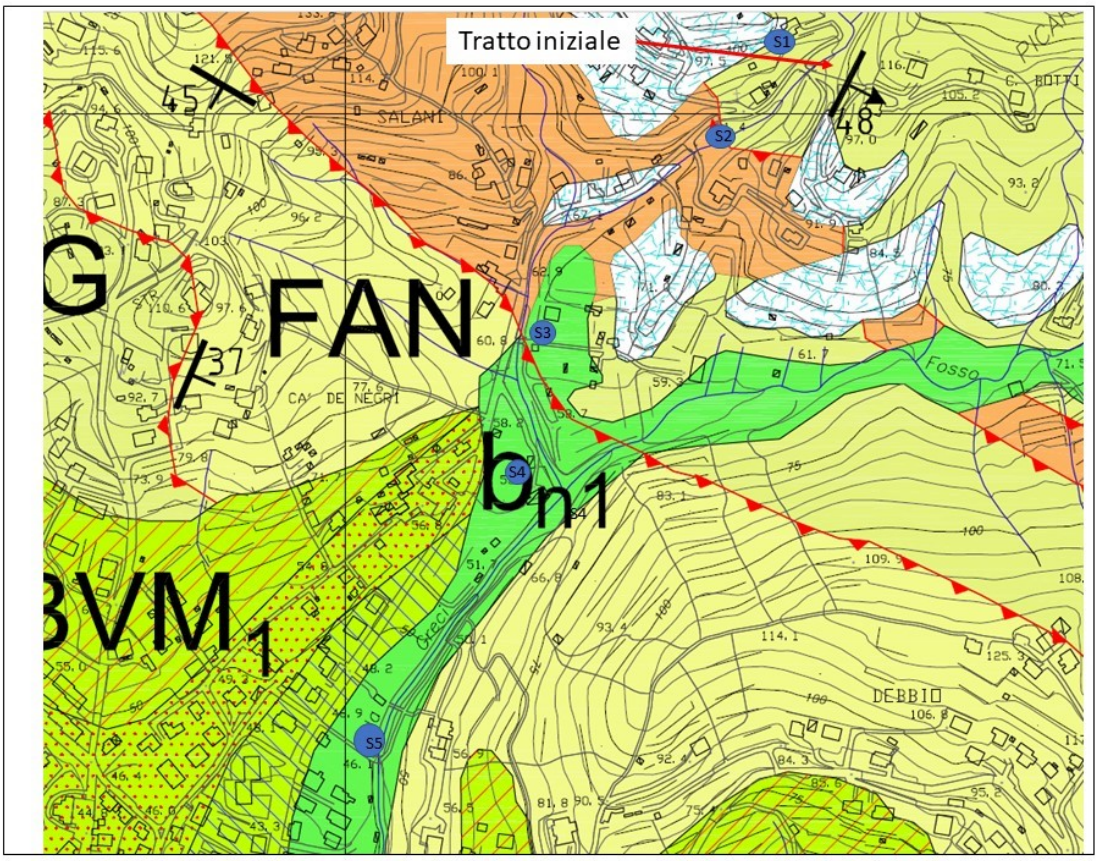
Attribuzione cronologica: Pleistocene.

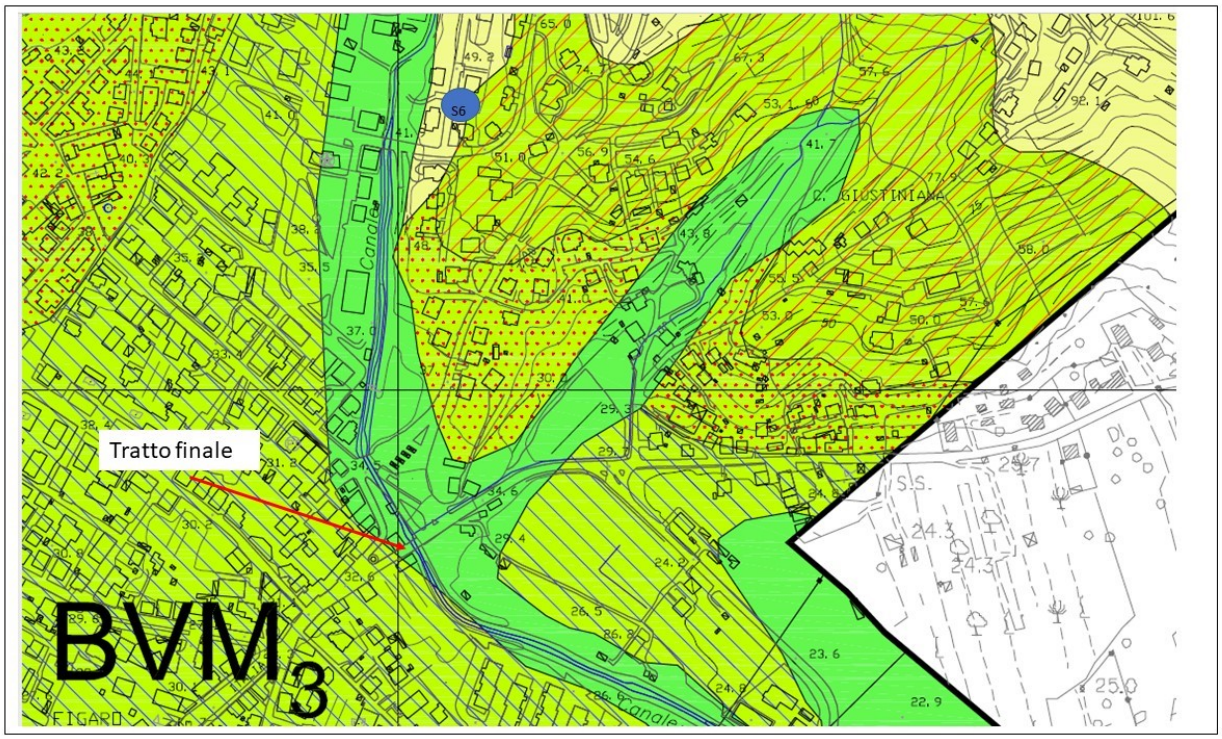
Ambiente deposizionale: sistemi di conoide alluvionale alimentati dai tributari di sinistra dei fiumi Vara e Magra.

Nell'unità si distinguono i seguenti sub sintemi:

- Subsintema di Ceparana (BVM3)

Caratteri litologici di terreno: alternanze di conglomerati prevalenti, sabbie e limi; i conglomerati sono polimodali, con clasti di diametro massimo fino a 15 centimetri, a tessitura clasto-sostenuta con abbondante matrice sabbioso-siltosa, embriciamento da scarso a moderatamente sviluppato; si organizzano in strati lenticolari a base erosiva di spessore decimetrico-metrico massivi o grossolanamente gradati, frequentemente amalgamati; le sabbie sono in genere medio-grossolane, massive e intercalate ai conglomerati mentre i limi, massivi e alterati, caratterizzano il tetto dell'unità.


Tratto iniziale
S1
S2
S3
S4
S5
45
48
37
FAN
b_{n1}
BVM_1
SALANI
CA' DE NEGRI
FOSSO
DEBBIO


S6
Tratto finale
BVM_3
C. GIUSTINIANA
Canale

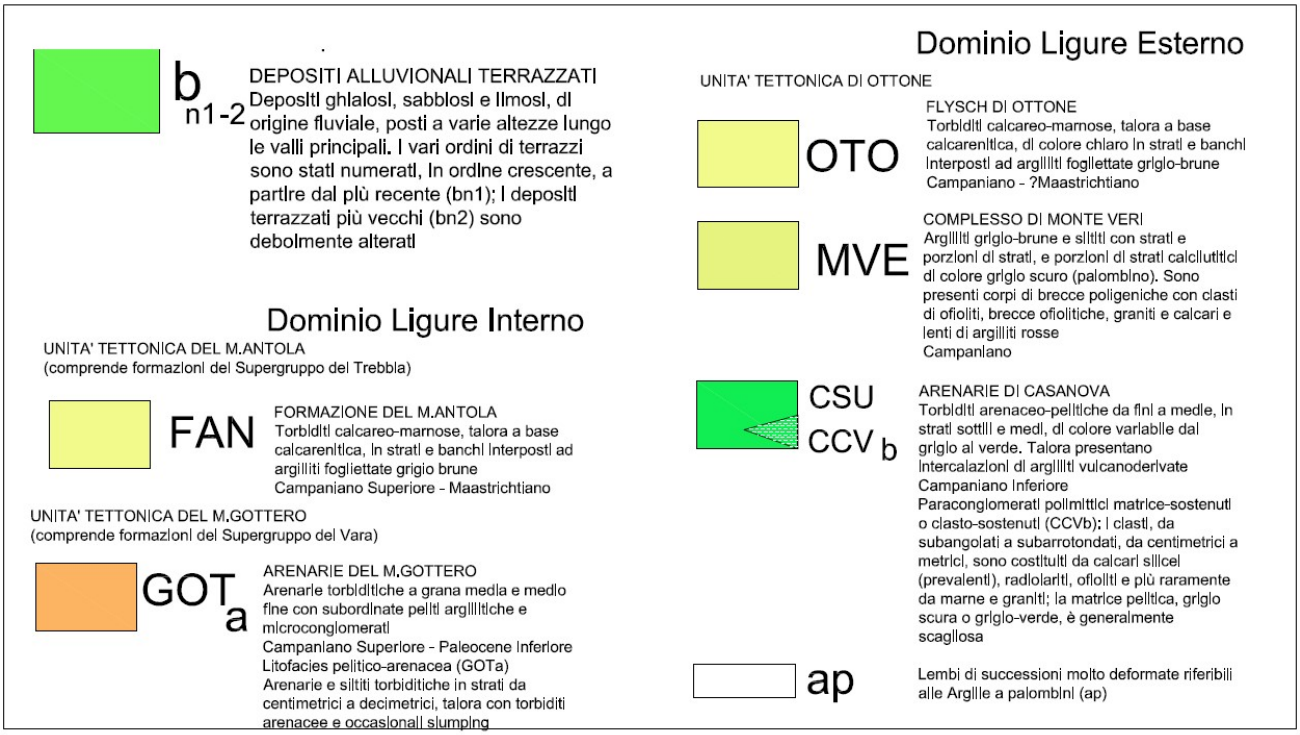


Fig.1-4 *Carta geologica della zona in studio e relativa legenda, ubicazione indicativa indagini dirette*

4. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE DEL BACINO

Il territorio investigato è compreso, dal punto di vista amministrativo, nel Comune di Bolano ed interessa il bacino idrografico del Canale Villa Greci che sottende un'area di circa 4 km²**;** il bacino risulta delimitato dallo spartiacque topografico allineato secondo una direttrice NE-SW che collega le vette del Monte Zecchino e del Poggio per poi proseguire in direzione del limite orografico occidentale con il Rio Panigale (Fig.6).

Il bacino presenta una forma asimmetrica di tipo convergente mostrando una serie di rami dirigenti verso uno stesso tratto di confluenza: questa connotazione in genere caratterizza terreni poco permeabili a discreta acclività. Inoltre la connotazione delle incisioni vallive torrentizie tipiche di questa fascia di territorio è governata dai rapporti stratigrafico-strutturali fra le diverse litologie che costituiscono l'ossatura dei versanti orografici, unitamente ai diversi regimi tettonici che, a partire dalla fase compressiva legata alla chiusura dell'oceano della Tetide Ligure (orogenesi appenninica), si sono ad esse sovraimposte.

Il Canale Villa Greci nasce dall'unione di alcuni reticoli secondari (Canale dei Molini, Canale Casesa e Fosso del Brusco) ad una quota di circa 70 m. s.l.m., al piede della vallata sulla cui sommità sorge il nucleo abitato storico di Bolano, per poi scorrere entro un'incisione valliva con direttrice principale N-S, attraversando la piana alluvionale in cui sorge il centro urbano di Ceparana, terminando il suo percorso immettendosi in sponda destra del Fiume Magra poco prima della confluenza tra quest'ultimo e il Torrente Vara.

Da un punto di vista cartografico, la zona in studio è reperibile all'interno dei Fogli C.T.R. n° 248031– 248032.

Lungo lo sviluppo del tratto pedemontano il Canale scorre in sezioni d'alveo incise, maggiormente ripide e impostate talora sul substrato roccioso.

Raggiunto l'ambito di fondovalle il percorso segue pendenze più regolari e la dinamica fluviale risulta dominata dalla fase deposizionale, i cui prodotti presentano talvolta potenze consistenti.

Il tratto di corso d'acqua oggetto della progettazione di messa in sicurezza scorre a pelo libero, attraversato da passarelle pedonali e ponti carrabili per il collegamento tra le due sponde; la sponda destra orografica risulta essere maggiormente antropizzata e caratterizzata da ampi settori di piana alluvionale e ospita, con relativa continuità, la presenza della strada comunale di collegamento tra il centro urbano e le frazioni ubicate nella fascia pedemontana e nella successiva fascia collinare del Comune di Bolano.

La sponda orografica sinistra, invece, è caratterizzata da una fascia collinare più prossima all'alveo fluviale nei pressi della quale sono presenti edifici abitativi sparsi e relative infrastrutture di accesso che attraversano in alcuni punti la sezione del corso d'acqua.

Il tratto terminale dell'alveo è caratterizzato da un marcato rimodellamento dovuto all'azione antropica, dove l'originaria morfologia è mascherata dalla massiccia espansione urbanistica, sia di tipo residenziale, con edifici sparsi ed aggregati, sia infrastrutturale, con vie di comunicazione prevalentemente carrabili; il passaggio del Canale Villa Greci nell'ambito del centro urbano avviene in corrispondenza della passerella pedonale e della copertura in prossimità di Piazza delle Corriere e di Via Romana, confluendo, quasi un km più a valle, nell'alveo del Fiume Magra (Fig.5).



Fig.5 *Ortofoto satellitare dove si nota la differente espansione urbanistica tra la fascia pedemontana e il fondovalle*

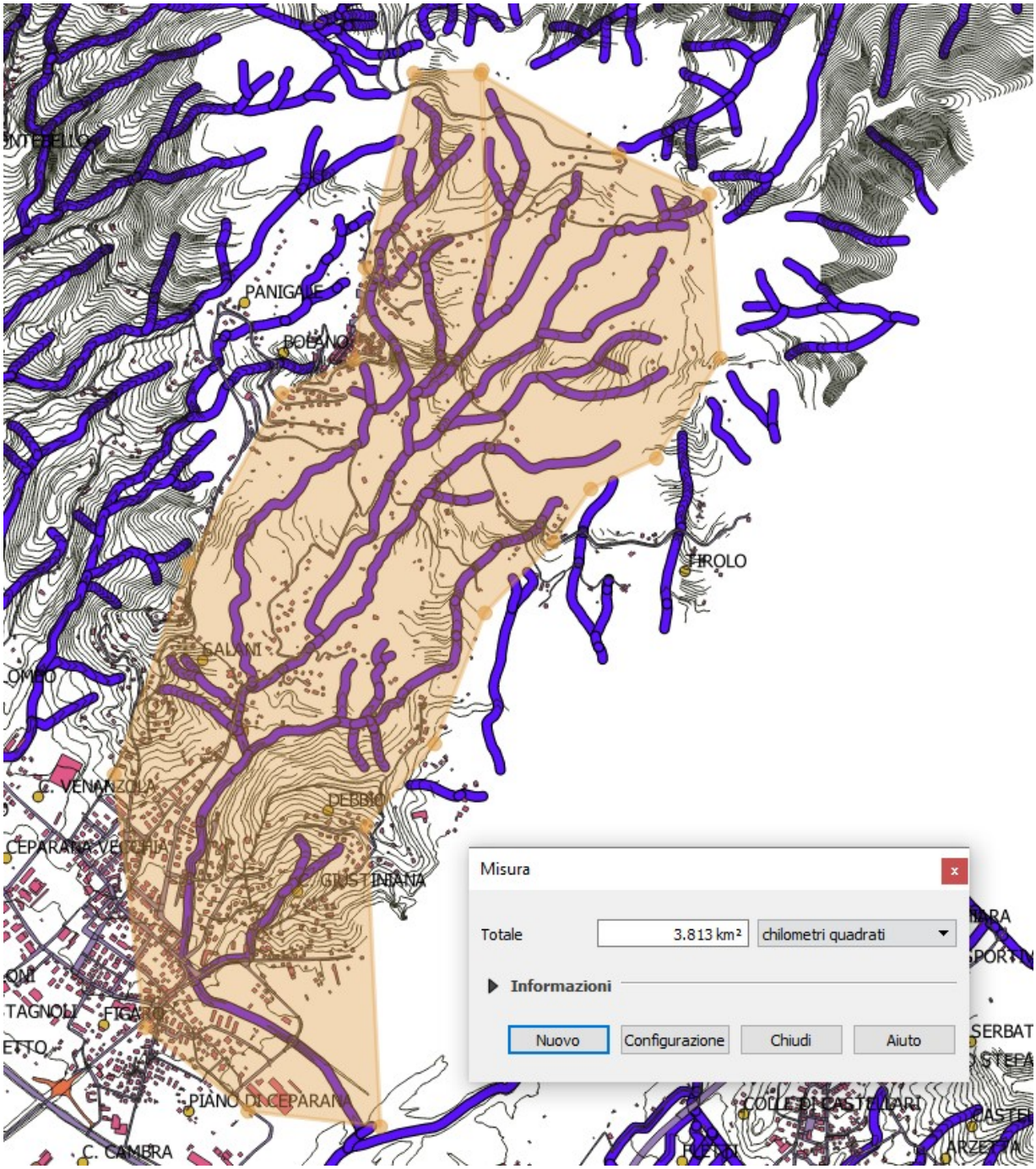


Fig.6 *- Bacino idrografico del Canale Villa dei Greci*

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO – IDROGEOLOGICO DEL COMPARTO IN STUDIO

Dal punto di vista geomorfologico il tratto di corso d'acqua rilevato al fine di operare la riduzione del rischio idraulico, presenta nella parte sommitale una pendenza e un'energia maggiore con rare caratteristiche di roccia affiorante e sub-affiorante, principalmente localizzata in alcuni sporadici punti lungo l'asse centrale dell'alveo.

In questo tratto i deflussi del corso d'acqua sviluppano fenomeni di erosione concentrata, con generale tendenza all'approfondimento e con fenomeni di parzializzazione della corrente di deflusso.

Procedendo in direzione di valle si riscontra un approfondimento del substrato roccioso, con spessori dei depositi alluvionali talora consistenti.

Nel tratto medio – alto in studio si verificano frequenti fenomeni di erosione spondale in corrispondenza di sezioni d'alveo la cui risposta all'azione fluviale varia in funzione del contrasto litologico e/o geomorfologico e si osservano, inoltre, tratti con carenti opere di difesa.

Generalmente, l'alveo presenta una forma sostanzialmente trapezoidale e sponde di altezza variabili le cui arginature risultano essere tipologicamente variabili: sono talvolta ravvisabili scarpate naturali, murature in pietra o gabbionate e, soprattutto in corrispondenza del centro urbano, murature in c.a.

In relazione alle caratteristiche deposizionali è possibile distinguere le alluvioni mobili dell'alveo attuale, costituite principalmente da ghiaie grossolane e medie, localmente frammiste a depositi fini limoso -argillosi che, lungo le sponde, generano scarpate naturali fortemente vegetate (con canneti molto sviluppati) e interferenti con la sezione di deflusso.

Oltre ai depositi alluvionali mobili, l'ambito di fondovalle è caratterizzato da significative porzioni di piana alluvionale, la cui sedimentologia è caratterizzata dall'alternanza di terreni fini (limi argillosi, limi sabbiosi) e terreni ghiaioso-ciottolosi in abbondante matrice fine, riflettendo, dal punto di vista composizionale, le caratteristiche geologiche del bacino.

La classe granulometrica maggiormente rappresentata è quella limoso – argillosa soprattutto nella parte terminale in studio, dove maggiore è lo sviluppo della piana alluvionale, e nelle zone più distanti daL corso d'acqua; contrariamente si riscontra una prevalenza di termini granulometrici più

grossolani nei livelli più superficiali e nelle zone di commistione con gli accumuli detritici laterali e prossimi al corso d'acqua.

Per quanto attiene le caratteristiche idrogeologiche dei terreni sopra descritti, in funzione delle condizioni di drenaggio naturale e della permeabilità valutata, è possibile considerare la seguente schematizzazione:

- Alluvioni attuali e recenti, a granulometria sabbioso-ghiaiosa, permeabili per porosità (permeabilità primaria).
- Formazioni rocciose semipermeabili, caratterizzate da alternanze di livelli argillosi, impermeabili o poco permeabili, con livelli calcarei permeabili per fessurazione e fratturazione (Formazione di M.te Veri, Flysh dell'Antola)



***Foto 1** - Ammasso roccioso in alveo*



Foto 2 *- Difesa spondale in calcestruzzo nei pressi di piazza delle Corriere*



Foto 3 *– Fondo dell'alveo in massi a monte dell'imbocco della tombinatura su Via Romana*



Foto 4 - *Sponde naturali all'altezza di Via Bersaglione ed erosione della componente fine dei terreni*



Foto 5 - *Difesa spondale in muri in pietra in condizione di precario equilibrio*



Foto 6 *- Erosione spondale nel tratto pedemontano del corso d'acqua*



Foto 7 *- Erosione spondale in corrispondenza dell'attraversamento su Via Garibaldi*



Foto 8 *- Briglia in massi in loc.Picarda*



Foto 9 *- Attraversamento su Via Picarda oggetto di demolizione e ricostruzione*

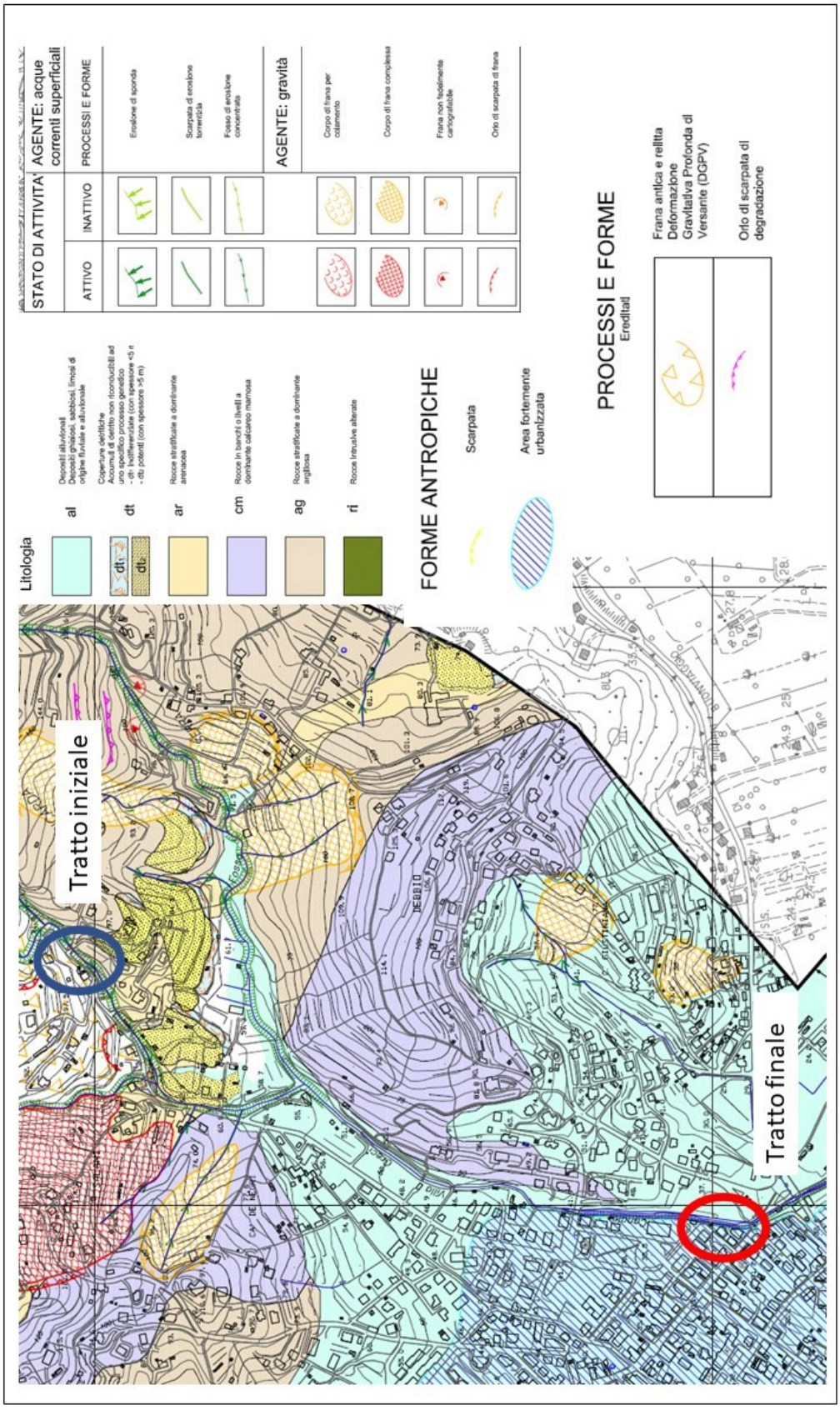


Fig.7- *Carta geomorfologica di dettaglio*

6. INDAGINI GEOLOGICHE IN SITO

Le indagini geognostiche eseguite hanno avuto lo scopo di definire il modello geologico dell'area interferente con le opere di sistemazione dell'area e le caratteristiche geotecniche – geomeccaniche dei terreni ivi presenti.

Nel capitolo che segue verranno descritte le indagini eseguite, le attrezzature utilizzate, i dati ricavati dalle prove in sito e dalle prove di laboratorio, la successione stratigrafica dedotta sulle verticali di indagini eseguite.

Per la caratterizzazione geologico – tecnica sono state eseguite le seguenti tipologie di indagini:

- 6 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità di circa 13 metri, esecuzione di prove S.P.T. in foro e prelievo di campioni di campioni indisturbati da sottoporre a prove di laboratorio;
- esecuzione di 6 indagini sismiche di superficie elaborate con tecnica Masw.

Le ubicazioni delle indagini sono riportate nella planimetria allegata alla perizia.

I dati esistenti raccolti e quelli dedotti dalle indagini effettuate hanno consentito di ricavare le seguenti principali informazioni:

- caratteristiche lito-stratigrafiche del comparto oggetto di studio;
- caratteristiche geotecniche – geomeccaniche dei terreni;
- parametri sismici per valutazione dell'azione sismica.

Le informazioni tecniche sopraelencate sono state ottenute attraverso un approccio di indagine multidisciplinare le cui risultanze, per ogni prospezione, sono state confrontate ed incrociate, ricostruendo le caratteristiche litostratigrafiche medie del comparto.

A titolo esemplificativo, i dati puntuali delle indagini dirette sono stati interfacciati con le evidenze delle indagini sismiche, per ricostruire, rispetto all'incidenza degli interventi previsti, la stratigrafia della zona.

6.1. Sondaggi meccanici

I fori di sondaggio sono stati effettuati con macchina perforatrice cingolata Hydra Joy 3s ed eseguiti con perforazione a carotaggio continuo; gli utensili utilizzati per l'avanzamento della perforazione ed il prelevamento dei campioni sono stati carotieri semplici e doppi rispettivamente con ϕ 127 mm, 116 mm e 101, e muniti all'estremità da corone in widia o diamantata a seconda della tipologia di terreno attraversato.

Durante l'approfondimento del carotiere sono stati utilizzati tubi di rivestimento metallici per il sostegno delle pareti del foro, con ϕ 127 mm.

Nel corso della perforazione di ognuno dei sondaggi a carotaggio continuo sono state eseguite da un minimo di uno ad un massimo di tre prove penetrometriche dinamiche S.P.T. nei terreni sciolti di copertura.

Le prove sono state eseguite utilizzando un dispositivo automatico per lo sganciamento di un maglio del peso di 63,5 kg, con altezza di caduta pari a 76 cm, che ha consentito l'infissione del campionatore tipo Raymond munito di valvola a sfera in sommità.

La prova S.P.T. consiste quindi nell'infissione a percussione di un'apposita punta che, penetrando nel terreno, consente di valutarne la resistenza meccanica alla penetrazione (numero di colpi N necessario ad attraversare tre tratti da 15 cm ognuno, per una lunghezza totale di 45 cm).

Il numero di colpi Nspt è la somma dei valori relativi agli ultimi due tratti di prova (30 cm) e consente la definizione, con buon grado di precisione, dei principali parametri meccanici del terreno; i valori riferiti ai primi 15 cm generalmente non vengono considerati in quanto rappresentativi di un terreno disturbato dalla perforazione.

L'esecuzione avviene secondo le modalità contenute nella normativa ASTM n° D1586/68 e compresa nelle "Raccomandazioni ISSMFE" per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1976).

Nella tabella 1 seguente vengono riassunte le profondità di esecuzione delle prove per ciascun sondaggio meccanico eseguito, la quota ed il numero di colpi per ciascuna profondità di indagine.

PROVE S.P.T.							
Sondaggio	**Profondità**	**Da (m)**	**a (m)**	**N1**	**N2**	**N3**	**Nspt**
S1	13.8 m	1,5	1,95	15	27	33	60
S2	13.5 m	1,5	1,95	9	17	21	38
		3	3,45	12	10	24	34
S3	13	4,5	4,95	17	22	25	47
S4	13	4,5	4,95	13	23	24	47
		6	6,45	19	15	13	28
S5	13	3	3,45	11	18	24	42
		4,5	4,95	11	22	R	
		6	6,45	22	28	36	64
S6	13	6	6,45	10	6	7	13
		7,5	7,95	3	10	14	24

Tabella 1 – *Risultati ottenuti dall'esecuzione delle prove SPT*

I dati delle prove SPT utilizzati mediante l'applicazione di correlazioni di letteratura note hanno consentito di ricavare i seguenti parametri geotecnici rappresentativi dei depositi sciolti.

SONDAGGIO 1

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	60	1,95	37,5	Gibbs & Holtz (1957)	70,96

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	60	1,95	37,5	Meyerhof (1956)	30,71

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	60	1,95	37,5	Schultze-Menzenbach	220,50

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	60	1,95	37,5	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	60	1,95	37,5	Meyerhof ed altri	2,19

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	60	1,95	37,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	60	1,95	37,5	(A.G.I.)	0,28

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	60	1,95	37,5	Navfac 1971-1982	6,58

SONDAGGIO 2

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	38	1,95	26,5	Gibbs & Holtz (1957)	60,03
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	34	3,45	24,5	Gibbs & Holtz (1957)	50,23

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	38	1,95	26,5	Meyerhof (1956)	27,57
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	34	3,45	24,5	Meyerhof (1956)	27

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	38	1,95	26,5	Schultze-Menzenbach	156,70
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	34	3,45	24,5	Schultze-Menzenbach	145,10

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	38	1,95	26,5	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	34	3,45	24,5	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	38	1,95	26,5	Meyerhof ed altri	2,19
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	34	3,45	24,5	Meyerhof ed altri	2,17

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	38	1,95	26,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	34	3,45	24,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	38	1,95	26,5	(A.G.I.)	0,28
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	34	3,45	24,5	(A.G.I.)	0,29

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	38	1,95	26,5	Navfac 1971-1982	6,65
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	34	3,45	24,5	Navfac 1971-1982	6,14

SONDAGGIO 3

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Gibbs & Holtz (1957)	56,82

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Meyerhof (1956)	28,86

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	182,8

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Meyerhof ed altri	2,14

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	(A.G.I.)	0,29

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Navfac 1971-1982	5,75

SONDAGGIO 4

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Gibbs & Holtz (1957)	56,82
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	28	6,45	21,5	Gibbs & Holtz (1957)	38,02

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Meyerhof (1956)	28,86
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	28	6,45	21,5	Meyerhof (1956)	26,14

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm^2)
Depositi eterometrici in matrice argillosa – sabbiosa	47	4,95	31	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	182,8

Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	28	6,45	21,5	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	127,7

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	28	6,45	21,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Meyerhof ed altri	2,14
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	28	6,45	21,5	Meyerhof ed altri	2,02

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	28	6,45	21,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,42

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	(A.G.I.)	0,29
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	28	6,45	21,5	(A.G.I.)	0,31

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	47	4,95	31	Navfac 1971-1982	5,75
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	28	6,45	21,5	Navfac 1971-1982	4,31

SONDAGGIO 5

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	42	3,45	28,5	Gibbs & Holtz (1957)	58,07
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	72	4,95	43,5	Gibbs & Holtz (1957)	59,17
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	64	6,45	39,5	Gibbs & Holtz (1957)	51,95

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	42	3,45	28,5	Meyerhof (1956)	28,14
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	72	4,95	43,5	Meyerhof (1956)	32,43
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	64	6,45	39,5	Meyerhof (1956)	31,29

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	42	3,45	28,5	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	168,3
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	72	4,95	43,5	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	255,3
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	64	6,45	39,5	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	232,1

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	42	3,45	28,5	Classificazione A.G.I	ADDENSATO
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	72	4,95	43,5	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	64	6,45	39,5	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	42	3,45	28,5	Meyerhof ed altri	2,12
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	72	4,95	43,5	Meyerhof ed altri	2,22
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	64	6,45	39,5	Meyerhof ed altri	2,20

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	42	3,45	28,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	72	4,95	43,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	64	6,45	39,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	42	3,45	28,5	(A.G.I.)	0,3
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	72	4,95	43,5	(A.G.I.)	0,27
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	64	6,45	39,5	(A.G.I.)	0,28

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	42	3,45	28,5	Navfac 1971-1982	5,40
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	72	4,95	43,5	Navfac 1971-1982	7,32
Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa	64	6,45	39,5	Navfac 1971-1982	6,83

SONDAGGIO 6

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	24	7,95	19,5	Gibbs & Holtz (1957)	32,32

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	24	7,95	19,5	Meyerhof (1956)	25,57

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	24	7,95	19,5	Schultze-Menzenbach Limo siltoso e sabbia limosa	116,1

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	24	7,95	19,5	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	24	7,95	19,5	Meyerhof ed altri	1,98

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	24	7,95	19,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,38

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	24	7,95	19,5	(A.G.I.)	0,32

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Terreni limo – argillosi con sabbia e ghiaia	24	7,95	19,5	Navfac 1971-1982	3,96

6.2 Indagini geofisiche

Al fine di estendere le informazioni puntuali desunte dai sondaggi geognostici e di ottenere la parametrizzazione sismica del sito di indagine sono state eseguite n° 6 indagini sismiche di superficie elaborate con la tecnica Masw.

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) (Park et al.,1999) è un metodo d'indagine geofisica che sfrutta le modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare delle onde di Rayleigh, generate da sorgenti artificiali.

Le onde di Rayleigh si muovono lungo l'interfaccia terra-aria e sono generate dalla rifrazione e riflessione multipla di onde di compressione (P) e onde di taglio che si propagano in direzione verticale (SV).

Le tecniche d'indagine geofisica basate sulla registrazione ed elaborazione degli spostamenti indotti nel terreno dal passaggio delle onde di superficie (Rayleigh e Love) ne sfruttano in generale alcune caratteristiche particolari che le differenziano dalle onde di volume (P e S):

1. Le onde di superficie tendono a subire un'attenuazione del loro contenuto energetico minore rispetto alle onde di volume e quindi si propagano a distanze maggiori. Questo si spiega con il fatto che, mentre il fronte di propagazione delle onde di superficie, generate da una sorgente puntiforme, è sub-cilindrico, quello delle onde di volume è sub emisferico.
2. In un mezzo elastico omogeneo la profondità massima in cui il terreno risente del passaggio delle onde di Rayleigh è circa uguale a lR. In un mezzo eterogeneo questa profondità è compresa normalmente fra 0,5lR e 1,0lR. Questo significa che le lunghezze d'onda maggiori

(frequenze minori) trasportano informazioni relative agli strati di terreno più profondi, mentre quelle minori (frequenze maggiori) coinvolgono solo i livelli più superficiali.

3. La velocità con cui si propaga un'onda di superficie di una data frequenza f (o lunghezza d'onda l) viene detta velocità di fase. In un mezzo omogeneo la velocità di fase delle onde di superficie (VA) non cambia al variare della frequenza d'onda. Al contrario in un mezzo stratificato, in presenza cioè di terreni sovrapposti con differenti caratteristiche meccaniche, la velocità di fase (VB) dipende dal valore di f (o di l).

La tecnica d'indagine MASW sfrutta queste tre caratteristiche delle onde di superficie, in particolare di quelle di Rayleigh, per ottenere un profilo dell'andamento della velocità di fase in funzione della frequenza, da correlare con la velocità delle onde di taglio S.
La caratteristica (1) consente in pratica l'effettuazione di registrazioni delle onde generate dalla sorgente senza dover subire un disturbo significativo da parte delle onde di volume. La caratteristica (2) permette di associare a ogni frequenza del segnale, o lunghezza d'onda, una profondità d'indagine differente: le frequenze più basse sono collegate alle profondità maggiori e viceversa. La caratteristica (3) consente infine di vincolare ogni frequenza a una velocità di fase precisa.
L'obiettivo dell'elaborazione di un segnale acquisito con la tecnica MASW è essenzialmente quello di ricavare la curva di dispersione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh. Il temine 'curva di dispersione' sta a indicare che le velocità di fase tendono a disperdersi, in un mezzo eterogeneo, in funzione della frequenza.
Una complicazione importante nasce dal fatto che, sempre in un mezzo eterogeneo, il terreno può vibrare in modi differenti e a ognuno di questi modi è associabile una curva di dispersione differente.
Anche se solitamente al modo fondamentale (1° modo) è associata l'energia maggiore, in alcuni casi, almeno per determinati intervalli di frequenze, si può avere la predominanza dei modi superiori. Ciò avviene per esempio nel caso di importanti inversioni di velocità (terreno inversamente dispersivo) o per la scarsa risoluzione in fase di campionamento del segnale.

Il grafico frequenza-velocità di fase si ottiene, partendo dal sismogramma di campagna, attraverso l'applicazione di una doppia trasformata di Fourier alle tracce acquisite, prima nel dominio del tempo (tempo di campionamento-frequenza f) e quindi in quello dello spazio (spaziatura dei geofoni-numero d'onda k). Si ottiene così un diagramma, detto spettro f-k, in cui è evidenziato il modo in cui si distribuisce la densità di energia associata al segnale. Poiché già a una piccola distanza dalla sorgente superficiale il contributo delle onde di volume all'energia totale diventa trascurabile, lo spettro f-k consente di far emergere la curva di dispersione delle onde di superficie.

Il passaggio dallo spettro f-k al grafico frequenza-velocità di fase si ottiene trasformando i valori di k in valori di v con la relazione: $v = 2 p f / k$

Per quanto riguarda la finestra di frequenze utili per l'interpretazione, di solito si fa riferimento a un intervallo compreso fra 3-4 Hz fino a 50-60 Hz. Il limite inferiore è legato alla frequenza di risonanza dei geofoni normalmente usati nella tecnica MASW che è solitamente di 4,5 Hz.

Il limite superiore deriva dalla considerazione che onde di superficie con frequenza superiore a 50-60 Hz di solito interessano solo i primi centimetri di terreno sotto il piano campagna e quindi hanno scarsa utilità pratica.

Inoltre vi è un limite legato al passo di campionamento temporale del segnale. $kNyquist = p/Dx$

L'interpretazione della curva di dispersione avviene attraverso un procedimento detto di inversione. Poiché nel caso di un terreno stratificato non è possibile applicare una procedura di soluzione diretta, cioè dalla curva di dispersione al modello stratigrafico, a causa della non univocità del problema (alla stessa curva di dispersione sono associabili più profili di Vs), si opera con un procedimento inverso. In pratica, fissato il modello stratigrafico iniziale, l'inversione avviene con il metodo dei minimi quadrati, modificando a tentativi, con un procedimento iterativo, i parametri velocità delle onde S, peso di volume, spessore e coefficiente di Poisson di ogni strato e ricalcolando quindi, a ogni iterazione, la deviazione standard del nuovo modello rispetto al precedente, fino ad arrivare al profilo di Vs che maggiormente approssima la curva di dispersione sintetica rispetto a quella sperimentale.

Nel presente paragrafo vengono riportate le modalità di acquisizione degli stendimenti sismici che sono funzione degli spazi disponibili e della profondità da investigare.

Per tutti gli stendimenti sismici sono stati utilizzati 12 canali con distanza intergeofonica e lunghezza complessiva in funzione dello spazio a disposizione.

Nella tabella 2 sottostante si indica la geometria di acquisizione per ciascun stendimento sismico.

linea	distanza g1 – g12 (m)	offset (m)	lunghezza complessiva (m)	n°Shot	distanza intergeofonica (m)	n° geofoni
SS1	33	3	39	3	3	12
SS2	44	4	52	3	4	12
SS3	44	4	52	3	4	12
SS4	44	4	52	3	4	12
SS5	44	4	52	3	4	12
SS6	44	4	52	3	4	12

Tabella 2 *– Geometria stendimenti sismici*

Le indagini sismiche sono state effettuate con sismografo a 24 Bit Sysmatrack della MAE e geofoni verticali da 4,5 Hz (Foto 10).

Le energizzazioni del terreno sono state effettuate mediante percussioni di massa battente (mazza con testa da 8 kg) su piastra di acciaio (Foto 11).

Per ogni stendimento sismico si riporta in allegato il profilo di Vs, la tabella con i rispettivi parametri elastici associata ad ogni intervallo di velocità desunto e la categoria di suolo associata ai terreni in studio, come da normativa in vigore.

Si sottolinea che lungo tutti gli stendimenti sismici la categoria di suolo ricavata è la B associata a *"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"*



Foto 10



Foto 11

Litotipi	Vp [m/s] min-max	Vs [m/s] min-max
TERRENI E ACQUA		
Alluvioni	400 - 2000	200 - 800
Sabbia asciutta	200 - 1000	80 - 400
Sabbia satura (in funzione anche del grado di saturazione)	600 - 2300	250 - 450
Sabbia siltosa	600 - 1900	200 - 600
Sabbia e ghiaia	300 - 1800	300 - 600
Limo	650 - 1250	240 - 480
Argilla	1000 - 2500	300 - 600
Argilla sabbiosa	600 - 2500	200 - 450
Acqua	1450 - 1500	0
ROCCE SEDIMENTARIE		
Argillite	2100 - 4400	550 - 2100
Arenaria	1500 - 6000	950 - 3100
Arenaria fratturate	800 - 2100	360 - 950
Calcare	2000 - 7000	1000 - 3300
Calcare fratturato	750 - 1500	330 - 1000
Calcarenite	1400 - 4400	800 - 2500
Calcarenite fratturata	600 - 1300	330 - 800
Marna	1500 - 4500	600 - 1.500

Tabella 3 *– Range valori velocità sismiche*

Nella tabella soprastante si riportano i valori di velocità delle onde P ed S delle principali classi litotecniche riferibili anche al contesto in esame.

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

6.3 Prelevamento campioni

A perforazioni eseguite sono stati prelevati alcuni campioni di roccia per caratterizzarne la composizione e le proprietà geotecniche; nel sondaggio S3 è stato prelevato un campione a profondità di 8 metri, nel sondaggio S4 è stato prelevato un campione a 7 m di profondita' e infine nel sondaggio S6 un campione a 4 metri di profondità;

Nel dettaglio sono state effettuate:

- 3 analisi granulometriche su tutti e tre i provini;
- 2 prove di taglio (S4 e S3);
- 1 prova triassiale (S6);
- 1 prova edometrica (S6)

In allegato si riportano i grafici e le tabelle con i parametri e i risultati desunti dai campioni prelevati in sito e sottoposti alle prove sopraelencate.

6.4 Commento sulle indagini e modello geologico - geotecnico

In rapporto alle caratteristiche dei terreni presenti si è ritenuto concentrare l'attenzione su prove in situ S.P.T. rispetto ad eseguire un numero maggiore di prove di laboratorio su campioni di terreno indisturbato di difficile prelievo per ottenerne di adatti per essere sottoposti alle eventuali investigazioni di laboratorio.

Per classificare dal punto di vista granulometrico e tessiturale i livelli sciolti, si e' proceduto all'esecuzione di n° 3 analisi granulometriche su due orizzonti rappresentativi delle caratteristiche dei depositi sciolti.

I campioni sui quali sono state ricavate le curve granulometriche e i parametri geotecnici sono elencati nel sottocapitolo 6.3 con le prove svolte per ciascun campione di terreno.

Si specifica che la scelta dei campioni sui quali eseguire le indagini è stata condizionata dalle dimensioni e dalle condizioni di integrità dei campioni stessi.

Le analisi granulometriche, come già rilevato in sito, tramite analisi visiva dei campioni, hanno definito terreni a granulometria estremamente variabile; a livelli caratterizzati da scheletro lapideo in matrice fine in proporzioni percentualmente simili, si alternano orizzonti in cui la matrice fine risulta prevalente.

La parametrizzazione geotecnica dei terreni fornita nel seguito rappresenta una situazione media rapportata a tutta l'area di indagine, utile al fine di poter eseguire il corretto dimensionamento delle opere, da tarare in base all'effettivo posizionamento lungo le verticali di indagine ed in rapporto all'interferenza con le opere a progetto previste.

L'elaborazione congiunta delle indagini espletate ha consentito la redazione di un modello geologico – stratigrafico univoco, visualizzabile nelle verticali di indagine associate alle indagini dirette.

Sostanzialmente l'orizzonte superficiale è caratterizzato da terreni di riporto e terreno agricolo-vegetale, posizionato su depositi alluvionali con spessori, classi granulometriche e composizionali differenti.

Nella transizione verso valle i depositi alluvionali tendono ad assumere spessori maggiori e substrato roccioso in approfondimento (non interferente con gli interventi a progetto) con prevalenza di orizzonti sedimentari a granulometria fine in cui spicca la percentuale di materiale limo – argilloso, a differenza della parte medio – alta dove si verifica l'inerdigitazione con coltri grossolane anche in corrispondenza delle zone più a ridosso della fascia pedemontana dove si inseriscono accumuli detritici caratterizzati da preponderante scheletro grossolano e blocchi metrici.

Complessivamente si può quindi affermare che il modello geologico-stratigrafico dell'area di interesse è costituito da depositi alluvionali, talora interdigitati con materiali presenti lungo le fasce pedemontane che determina a livello stratigrafico un'alternanza di livelli a granulometria più grossolana e di livelli a granulometria più fine, a seconda del posizionamento rispetto all'asta fluviale e al contesto geomorfologico che la stessa attraversa.

La parametrizzazione geotecnica è basata sui risultati delle prove di laboratorio e delle prove SPT realizzate unitamente all'applicazione di correlazioni note in letteratura.

In ottemperanza alle NTC stabilite dal D.M. 17/01/2018 si stabilisce che i valori dei parametri presentati nelle tabelle del capitolo 6.1 unitamente ai valori desunti nelle prove di laboratorio e illustrati nei rapporti allegati, rappresentano i valori medi dei parametri più significativi e rappresentativi degli orizzonti stratigrafici individuati. Infine per quanto riguarda il modello

sismostratigrafico sono presenti in allegato i grafici riguardanti gli orizzonti ricavati dagli esiti delle indagini Masw con relativi parametri elastici associati.

7. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

La normativa sismica italiana prevede che l'azione sismica di riferimento sia determinata per ogni sito sulla base delle sue coordinate, a partire dalla mappa di pericolosità sismica calcolata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

La pericolosità sismica varia in base all'accelerazione orizzontale attesa espressa in termini di probabilità di superamento del 10% in 50 anni pari ad un periodo di ritorno di 475 anni.

La zonazione sismica del territorio nazionale, intesa come suddivisione in zone a pericolosità sismica differente, assume significato solamente da un punto di vista amministrativo.

Da questo punto di vista il territorio del Comune di Bolano classificato in zona sismica 2 (Pga=0,25g).

Per la definizione dell'azione sismica in superficie si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione delle categorie di suolo di fondazione, qualora i terreni siano chiaramente riconducibili ad esse (Fig.7).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

Fig.7

Sulla base della Normativa vigente, considerando l'esito dei rilevamenti eseguiti l'areale di interesse è riferibile alla seguente categoria di suolo di fondazione: *Categoria di suolo di fondazione **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 davalori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"* e categoria topografica **T2 "** *Pendii con inclinazione media i >15".*

Salvo diverse indicazioni del progettista strutturale, si può indicare una Vita Nominale Vn (numero d'anni d'uso della struttura) uguale a 50, Classe d'uso (Cu) pari a II a cui coefficiente d'uso pari a 1.

Con periodo di riferimento per l'azione sismica si dovrà considerare:

Vr= Vn x Cu = 50 x1 =50 anni

I parametri sismici dedotti per le fondazioni ottenuti con il programma di Calcolo Geostru PS risultano i seguenti:

Sito in esame

latitudine: 44,1802446505785

longitudine: 9,89299382125151

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 18041	Lat: 44,1793	Lon: 9,8653	Distanza: 2209,936
Sito 2	ID: 18042	Lat: 44,1814	Lon: 9,9350	Distanza: 3350,000
Sito 3	ID: 17820	Lat: 44,2314	Lon: 9,9320	Distanza: 6479,249
Sito 4	ID: 17819	Lat: 44,2292	Lon: 9,8623	Distanza: 5971,436

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T2

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Stato limite Operatività (SLO)		Stato limite di Danno (SLD)		Salvaguardia della vita (SLV)		Prevenzione dal collasso (SLC)	
P_{Vr}:	81 %	P_{Vr}:	63 %	P_{Vr}:	10 %	P_{Vr}:	5 %
Tr:	30 [anni]	Tr:	50 [anni]	Tr:	475 [anni]	Tr:	975 [anni]
a_g:	0,049 g	a_g:	0,061g	a_g:	0,152 g	a_g:	0,195 g
Fo:	2,452	Fo:	2,476	Fo:	2,401	Fo:	2,375
Tc*:	0,234 [s]	Tc*:	0,252[s]	Tc*:	0,289[s]	Tc*:	0,296 [s]

Coefficienti sismici – Stabilità dei pendii

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,200	1,200	1,200	1,200
Cc	1,470	1,450	1,410	1,410
St	1,200	1,200	1,200	1,200
Kh	0,014	0,018	0,052	0,067
Kv	0,007	0,009	0,026	0,034
Amax	0,686	0,860	2,141	2,748
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Per quanto riguarda la criticità alla liquefazione bisogna specificare come, in accordo con il D.M. 17/01/2018, tale verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti quattro circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15m da pc, per piano di campagna suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 >30;
4. distribuzione granulometrica esterna ai fusi granulometrici di riferimento riportati in Normativa in funzione del coefficiente di uniformita (Uc).

In relazione alle caratteristiche granulometriche desunte nel corso delle indagini di laboratorio si ritiene non necessaria la verifica numerica alla Liquefazione (vedi analisi granulometrica allegata).

8. VALUTAZIONE SULL'INTERVENTO E CONCLUSIONI

La pendenza elevata che caratterizza i versanti nel bacino imbrifero medio-alto del Canale associata alla presenza di coltri d'alterazione ed accumuli detritici rende possibile l'instaurarsi di locali fenomeni di instabilità delle coltri superficiali e/o lo scollamento delle stesse in occasione di precipitazioni particolarmente intense e/o eccezionali; tali fenomeni, qualora raggiungano il livello di base, potranno incrementare il trasporto solido.

In seguito al verificarsi di tali episodi durante eventi di piena, il fenomeno del trasporto solido assume un ruolo fondamentale, sia per gli effetti provocati da erosioni eccessive dell'alveo, sia per gli effetti dovuti alla deposizione del materiale solido in punti critici delle sezioni di deflusso. Le esondazioni provocate da ostruzioni parziali dell'alveo a causa del trasporto solido (materiale di fondo oppure materiale galleggiante) rappresentano un fenomeno assai frequente, soprattutto sui corsi d'acqua a regime torrentizio.

Gli interventi previsti configurano nella stabilizzazione delle sezioni dell'alveo mediante la realizzazione di argini in massi e la realizzazione del fondo alveo in massi ciclopici cementati al fine di diminuire la scabrezza e quindi garantire a parità di portata, tiranti idrici sensibilmente minori, evitando fra l'altro la crescita di vegetazione spontanea oltre a ridurre l'erosione delle sponde e il trasporto solido.

Procedendo in tale modo si potrà mitigare il rischio idraulico e rendere più efficaci gli interventi messi in atto più a valle quali: l'allargamento localizzato delle sezioni di deflusso, la demolizione e/o l'adeguamento di alcuni ponti e passerelle.

Il prelievo di campioni di terreno durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici e successive prove di laboratorio, oltre alle numerose prove S.P.T realizzate durante i carotaggi hanno permesso di definire le principali caratteristiche geotecniche dei materiali attraversati.

Il presente documento contiene la modellazione geologica del sito in ottemperanza alle normative vigenti in materia; in particolare, la ricostruzione dei caratteri geologici, geomorfologici, idrologici e idrogeologici del comparto è stata ottenuta attraverso un accurato insieme di indagini in sito di tipo geotecnico (6 indagini dirette a carotaggio continuo e prove SPT) di riferimento bibliografico e sismico (6 stese sismiche di superficie con tecnica MASW) che hanno consentito la ricostruzione stratigrafica, la definizione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni d'interesse progettuale e la valutazione degli effetti di amplificazione sismica.

Sulla base di quanto descritto in precedenza, in rapporto alle opere a progetto, le indagini geologiche svolte hanno consentito di descrivere i tematismi geologico-applicativi che, comunque, potranno essere ulteriormente approfonditi nella fase di progettazione geotecnico-strutturale.

Per gli aspetti più propriamente progettuali, contestualmente alle verifiche strutturali e prima dell'inizio lavori, sarà redatta una "relazione geotecnica" contenente la definizione dei principali parametri geotecnici caratteristici e di progetto, la ricostruzione degli spettri di risposta dell'azione sismica e le verifiche agli stati limite per il dimensionamento delle opere a progetto, con riferimento e seguito al dataset dei parametri geotecnici ed elastici indicati nella presente relazione.

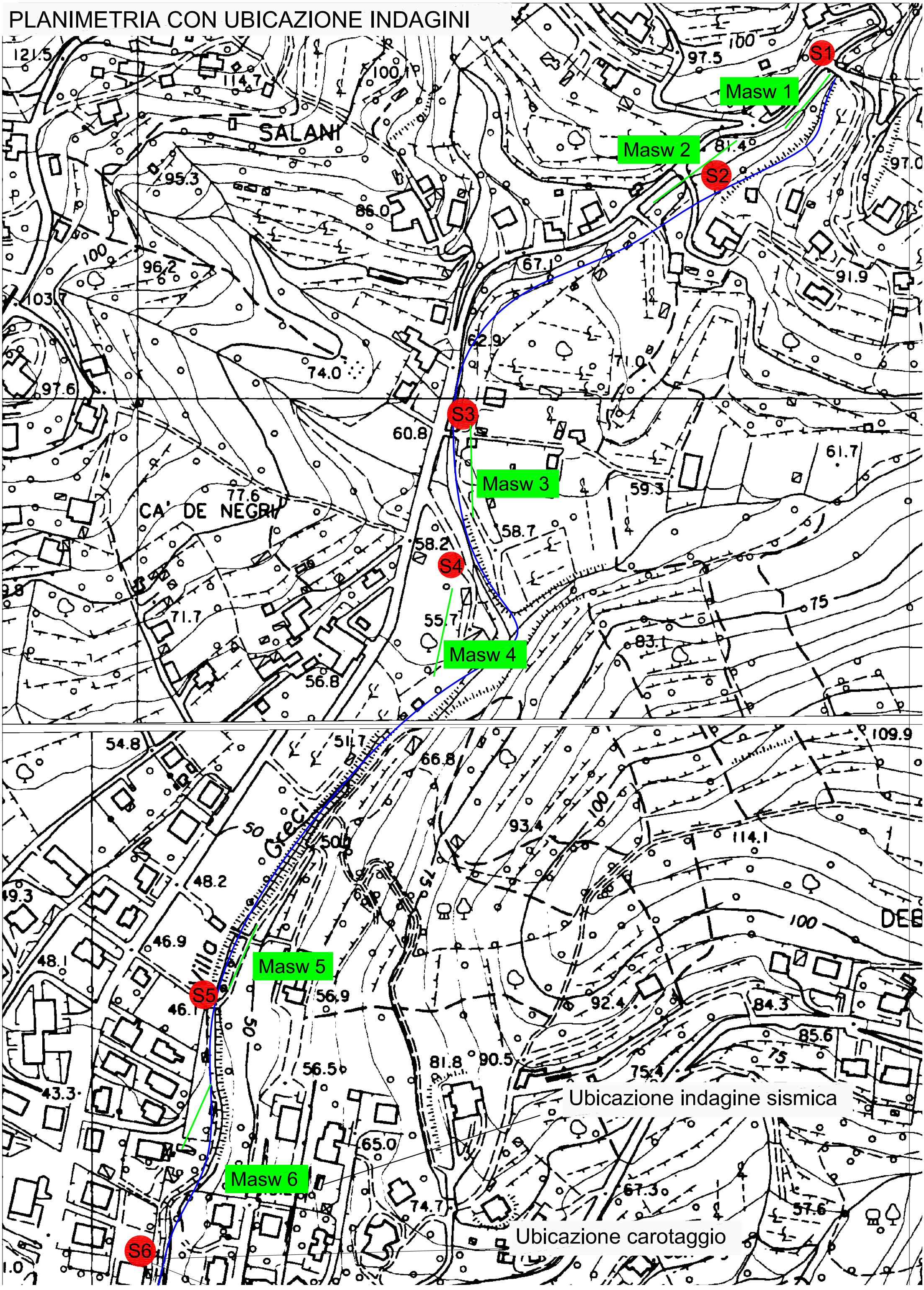
Sulla base delle normative citate in premessa, nel corso della realizzazione delle opere a progetto dovranno essere disposte e fatte osservare prescrizioni confacenti con le effettive condizioni geologiche accertate nello sviluppo dei lavori, per la loro possibile influenza sul comportamento dell'opera in progetto nel tempo.

A tale proposito, si suggerisce di affiancare alla DD.LL. la figura professionale di un geologo, in modo tale che alla fine dei lavori sia redatto un rapporto conclusivo, corredato da una documentazione fotografica sulle più significative fasi d'intervento, in cui sia certificato l'adempimento delle prescrizioni impartite e l'idoneità dei lavori eseguiti in rapporto al corretto inserimento delle opere con le caratteristiche geotecniche delle condizioni presenti in sito.

Chiavari, 30 novembre 2021 **Geol. Marco Dasso**

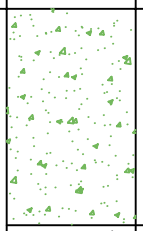
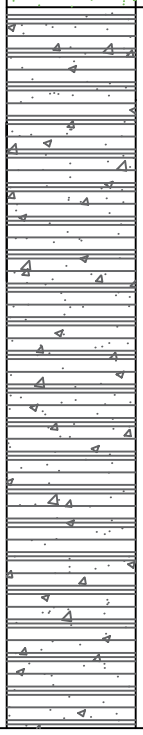


PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI



Stratigrafia S1 - profondità 13 m.

COMMITTENTE: Comune di Bolano	SONDAGGIO: S1
LOCALITA': Canale Villa - Loc. Ceparana	PROFONDITA' : 13 metri
IMPRESA ESECUTRICE: Ecocantieri SONDA: Hydra Joy 3s	DATA: agosto 2021
PERFORAZIONE: A rotazione a carotaggio continuo	REDATTORE: Dott. Geol. Marco Dasso

METRI	LITOLOGIA	PROF. m.	SPESS. m.	DESCRIZIONE	Standard penetretion test m.	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Campioni
1–3		3	3	Depositi eterometrici di varie litologie in matrice argillosa - sabbiosa, depositi ghiaiosi - sabbiosi- limosi colore marroncino	1.5	15 27 33	60		
4–13		13	10	Depositi eterometrici sabbiosì - ghiaiosi con limo e argilla di colore grigio, grigio - chiaro					
14–20	FINE SONDAGGIO 13.00 m								

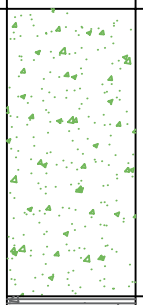
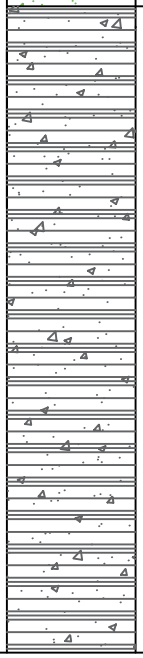
MACCHINA PERFORATRICE: Hydra Joy 3s

UTENSILI DI PERFORAZIONE: carotiere Ø 101 mm

RIVESTIMENTO: da p.c. a 1.5 Ø 127 mm

Stratigrafia S2 - profondità 13 m.

COMMITTENTE: Comune di Bolano	SONDAGGIO: S2
LOCALITA': Canale Villa - Loc. Ceparana	PROFONDITA' : 13 metri
IMPRESA ESECUTRICE: Ecocantieri SONDA: Hydra Joy 3s	DATA: agosto 2021
PERFORAZIONE: A rotazione a carotaggio continuo	REDATTORE: Dott. Geol. Marco Dasso

METRI	LITOLOGIA	PROF. m.	SPESS. m.	DESCRIZIONE	Standard penetretion test m.	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Campioni
1				Terreno agricolo e depositi di colore marroncino in matrice limo - argillosa sabbiosa con scheletro lapideo di dimensione eterometrica					
2					1.5	9 17 21	38		
3					3	12 10 24	34		
4		4	4						
5				Depositi eterometrici in matrice argillosa - sabbiosa, depositi ghiaiosi -sabbiosi- colore grigio, grigio - chiaro A profondità comprese tra 4,5 e 6 metri, 11,5 e 13 metri livelli marnosi e calcareo - marnosi					
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13		13	9						
14				FINE SONDAGGIO 13.00 m					
15									
16									
17									
18									
19									
20									

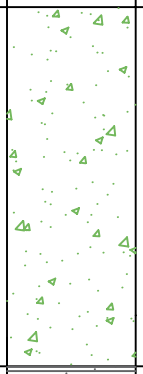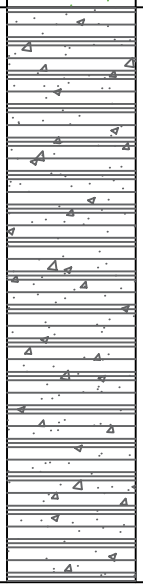
MACCHINA PERFORATRICE: Hydra Joy 3s

UTENSILI DI PERFORAZIONE: carotiere Ø 101 mm

RIVESTIMENTO: da p.c. a 1.5 Ø 127 mm

Stratigrafia S3 - profondità 13 m.

COMMITTENTE: Comune di Bolano	SONDAGGIO: S3
LOCALITA': Canale Villa - Loc. Ceparana	PROFONDITA' : 13 metri
IMPRESA ESECUTRICE: Ecocantieri SONDA: Hydra Joy 3s	DATA: agosto 2021
PERFORAZIONE: A rotazione a carotaggio continuo	REDATTORE: Dott. Geol. Marco Dasso

METRI	LITOLOGIA	PROF. m.	SPESS. m.	DESCRIZIONE	Standard penetretion test m.	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Campioni
1–5		5	5	Depositi eterometrici di varie litologie in matrice argillosa - sabbiosa, depositi ghiaiosi - sabbiosi- limosi colore marroncino;	4.5	17 22 25	47		
5–13		13	8	Depositi eterometrici sabbiosì - ghiaiosi con limo e argilla di colore grigio, grigio - chiaro					C1 8-8.4
13–20				FINE SONDAGGIO 13.00 m					

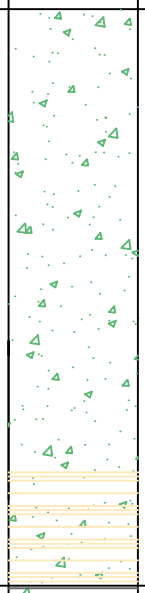
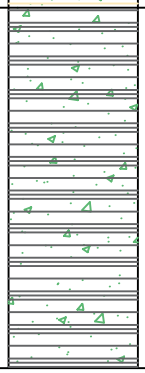
MACCHINA PERFORATRICE: Hydra Joy 3s

UTENSILI DI PERFORAZIONE: carotiere Ø 101 mm

RIVESTIMENTO: da p.c. a 1.5 Ø 127 mm

Stratigrafia S4 - profondità 13 m.

COMMITTENTE: Comune di Bolano	SONDAGGIO: S3
LOCALITA': Canale Villa - Loc. Ceparana	PROFONDITA' : 13 metri
IMPRESA ESECUTRICE: Ecocantieri SONDA: Hydra Joy 3s	DATA: agosto 2021
PERFORAZIONE: A rotazione a carotaggio continuo	REDATTORE: Dott. Geol. Marco Dasso

METRI	LITOLOGIA	PROF. m.	SPESS. m.	DESCRIZIONE	Standard penetretion test m.	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Campioni
1–8		8	8	Depositi eterometrici di varie litologie in matrice argillosa - sabbiosa, depositi ghiaiosi - sabbiosi- limosi colore marroncino; tra 6 e 8 metri depositi limo - argillosi con pietrisco e ghiaia di colore marrone	4.5	13 23 24	47		
					6	19 15 13	28		C1 7-7.5
8–13		13	5	Depositi eterometrici in matrice argillosa-sabbiosa, depositi sabbiosi - argillosi - limosi colore grigio, grigio - chiaro					
13–20				FINE SONDAGGIO 13.00 m					

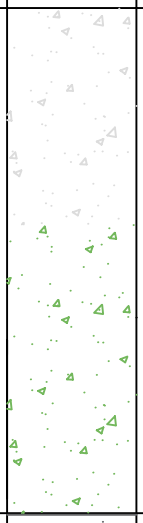
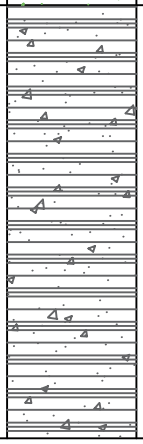
MACCHINA PERFORATRICE: Hydra Joy 3s

UTENSILI DI PERFORAZIONE: carotiere Ø 101 mm

RIVESTIMENTO: da p.c. a 1.5 Ø 127 mm

Stratigrafia S5 - profondità 13 m.

COMMITTENTE: Comune di Bolano	SONDAGGIO: S3
LOCALITA': Canale Villa - Loc. Ceparana	PROFONDITA' : 13 metri
IMPRESA ESECUTRICE: Ecocantieri SONDA: Hydra Joy 3s	DATA: agosto 2021
PERFORAZIONE: A rotazione a carotaggio continuo	REDATTORE: Dott. Geol. Marco Dasso

METRI	LITOLOGIA	PROF. m.	SPESS. m.	DESCRIZIONE	Standard penetretion test m.	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Campioni
1–7		7	7	Terreni rimaneggiati e riporti, depositi eterometrici di varie litologie in matrice argillosa - sabbiosa, depositi ghiaiosi - sabbiosi- limosi colore da grigio chiaro marroncino;	3	11 18 24	42		
					4.5	11 22 rif			
					6	22 28 36	64		
7–13		13	6	Depositi eterometrici in matrice argillosa-sabbiosa, depositi sabbiosi - argillosi - limosi colore grigio, grigio - chiaro					

FINE SONDAGGIO 13.00 m

MACCHINA PERFORATRICE: Hydra Joy 3s

UTENSILI DI PERFORAZIONE: carotiere Ø 101 mm

RIVESTIMENTO: da p.c. a 1.5 Ø 127 mm

Stratigrafia S6 - profondità 13 m.

COMMITTENTE: Comune di Bolano	SONDAGGIO: S3
LOCALITA': Canale Villa - Loc. Ceparana	PROFONDITA' : 13 metri
IMPRESA ESECUTRICE: Ecocantieri SONDA: Hydra Joy 3s depositi argillosi con pietrisco di colore bruno-nocciola	DATA: agosto 2021
PERFORAZIONE: A rotazione a carotaggio continuo	REDATTORE: Dott. Geol. Marco Dasso

METRI	LITOLOGIA	PROF. m.	SPESS. m.	DESCRIZIONE	Standard penetretion test m.	S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	Campioni
1–4		4	4	Terreno agricolo e depositi con scheletro lapideo di colore marroncino di dimensione eterometrica					
5–13		13	9	Alternanze tra depositi eterometrici di varie litologie in matrice argillosa - sabbiosa, depositi ghiaiosi -sabbiosi- limosi colore grigio, grigio - scuro e marroncino	6	22 28 36	64		
					7.5	3 10 14	24		
14–20				FINE SONDAGGIO 13.00 m					

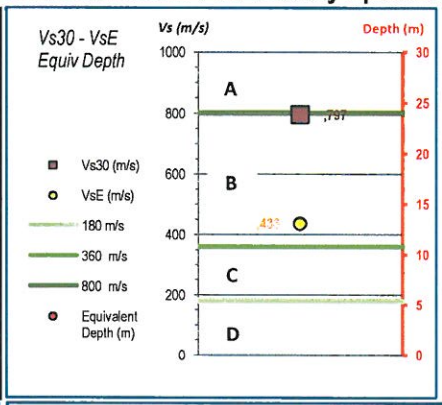
MACCHINA PERFORATRICE: Hydra Joy 3s

UTENSILI DI PERFORAZIONE: carotiere Ø 101 mm

RIVESTIMENTO: da p.c. a 1.5 Ø 127 mm

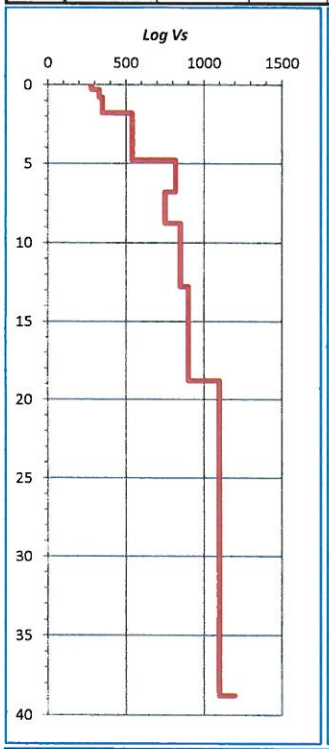
Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione Full Velocity Spectrum (FVS)

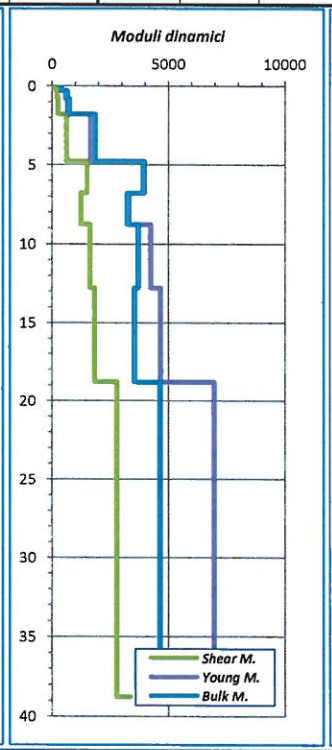
layer	h (m)	Vs	top	bottom	Density	Poisson	Vp	Shear M.	Young M.	Bulk M.
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(g/cm3)	(adim.)	(m/s)	G*	E*	k*
1	0.3	280	0.0	0.3	1.9	0.330	556	151	403	395
2	0.5	330	0.3	0.8	2.0	0.350	687	215	579	644
3	1.0	350	0.8	1.8	2.0	0.350	729	244	658	733
4	3.0	540	1.8	4.8	2.1	0.350	1124	615	1661	1845
5	2.0	820	4.8	6.8	2.2	0.330	1628	1493	3971	3894
6	2.0	750	6.8	8.8	2.2	0.330	1489	1238	3292	3228
7	4.0	850	8.8	12.8	2.2	0.310	1620	1611	4221	3704
8	6.0	900	12.8	18.8	2.3	0.280	1628	1823	4665	3533
9	20.0	1100	18.8		2.3	0.250	1905	2783	6957	4636
10										
11										
12										

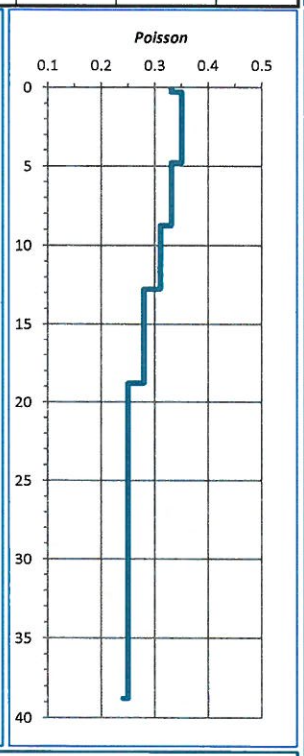


Lavoro **Ceparana**
Ubicazione **masw1**

configurazione **ch 12; x=4; m.o.=2**
ricevitori **geofoni freq. 4.5Hz**
campionamento **250/1000ms**
durata registrazione **1s**
acquisizione **ZVF**
modellazione **Rayleigh**
metodo di analisi **Full Velocity Spectrum (FVS)**
modello finale **masw1.mod**



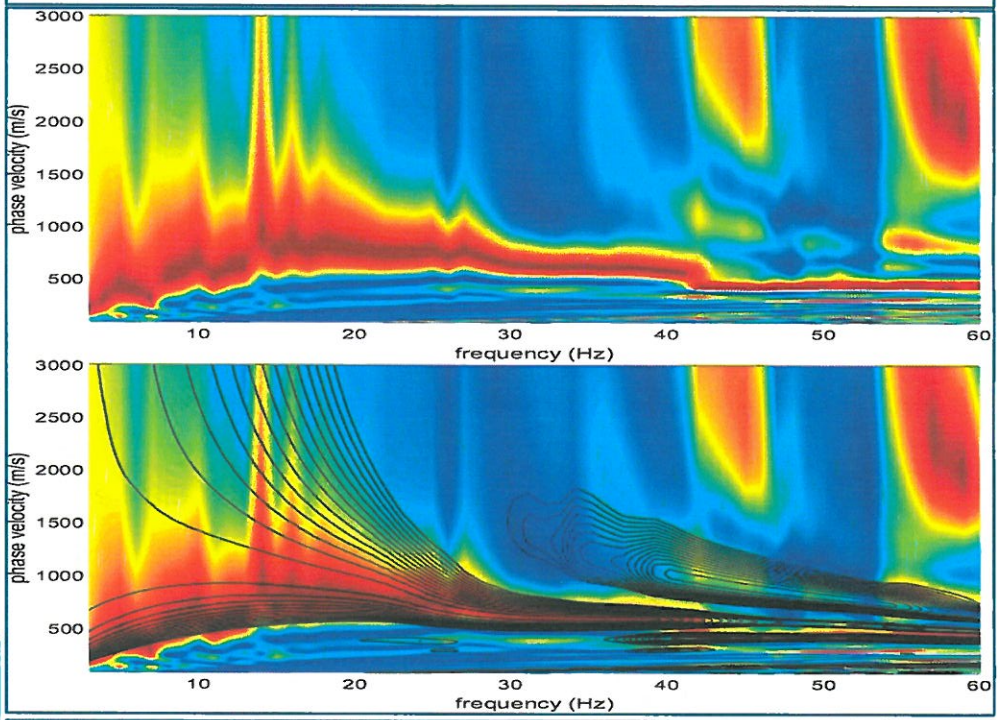




Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp= 1500m/s.
Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density-the diagnostic basic for stratigraphic trap.* Geophysics 39, 770–780.
(*) Moduli dinamici espressi in Mpa

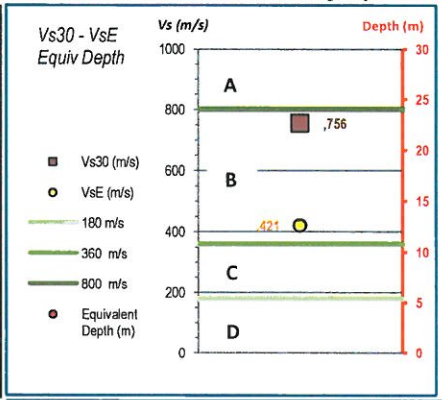
Vs30 (m/s)	**797**	**Equivalent Depth (m)**	**4.8**
VsE (m/s)	**436**	*Probabile Categoria*	**B**



Confronto tra spettri sisntetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); **Immagine inferiore:** onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

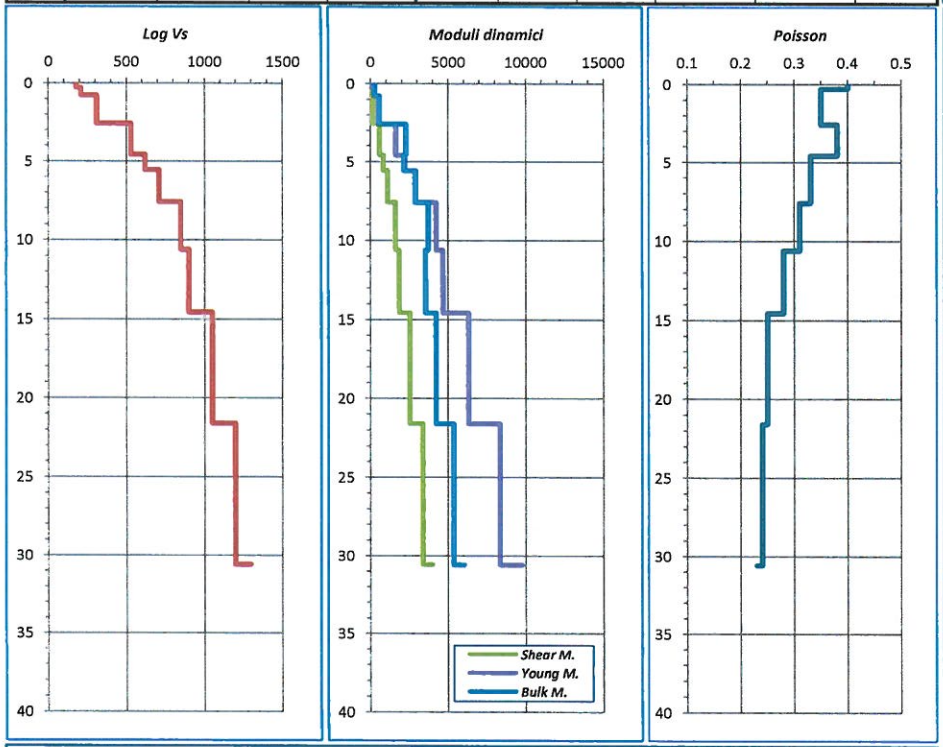
Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione Full Velocity Spectrum (FVS)

layer	h (m)	Vs	top	bottom	Density	Poisson	Vp	Shear M.	Young M.	Bulk M.
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(g/cm3)	(adim.)	(m/s)	G*	E*	k*
1	0.3	180	0.0	0.3	1.8	0.400	441	59	164	274
2	0.5	210	0.3	0.8	1.9	0.350	437	82	220	245
3	1.8	310	0.8	2.6	2.0	0.350	645	188	508	564
4	2.0	530	2.6	4.6	2.1	0.380	1205	590	1628	2263
5	1.0	620	4.6	5.6	2.2	0.330	1231	826	2198	2156
6	2.0	710	5.6	7.6	2.2	0.330	1410	1099	2924	2869
7	3.0	850	7.6	10.6	2.2	0.310	1620	1611	4221	3704
8	4.0	900	10.6	14.6	2.3	0.280	1628	1823	4665	3533
9	7.0	1050	14.6	21.6	2.3	0.250	1818	2525	6310	4202
10	9.0	1200	21.6		2.3	0.24	2052	3355	8322	5337
11										
12										



Lavoro **Ceparana**
Ubicazione **masw1**

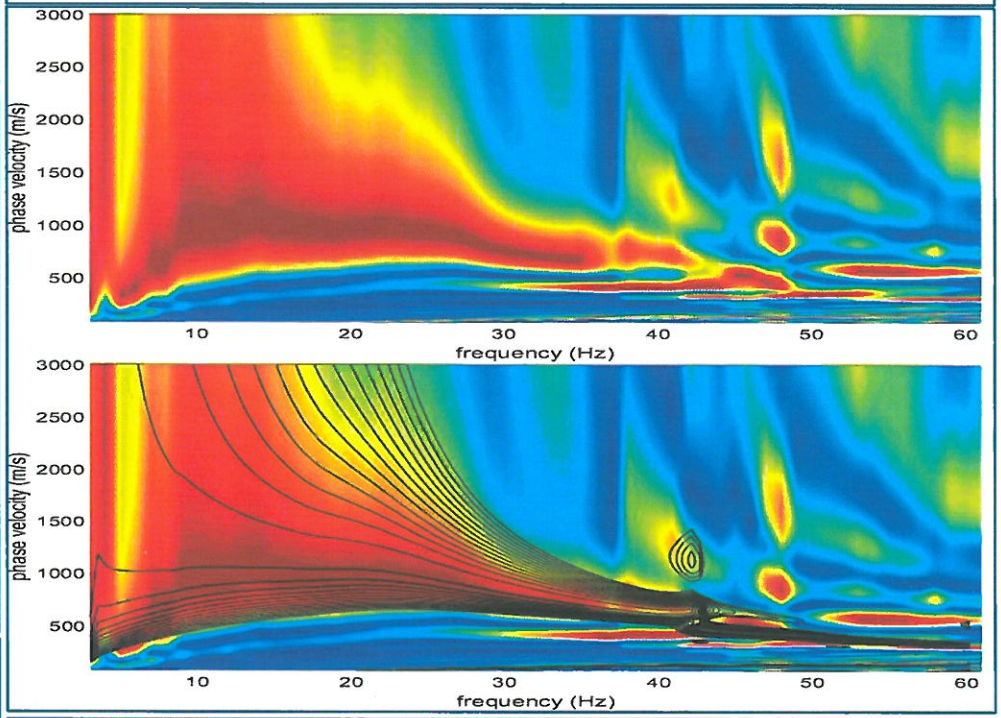
configurazione **ch 12; x=4; m.o.=2**
ricevitori **geofoni freq. 4.5Hz**
campionamento **250/1000ms**
durata registrazione **1s**
acquisizione **ZVF**
modellazione **Rayleigh**
metodo di analisi **Full Velocity Spectrum (FVS)**
modello finale **masw2.mod**



Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp= 1500m/s.
Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density-the diagnostic basic for stratigraphic trap.* Geophysics 39, 770–780.
(*) Moduli dinamici espressi in Mpa

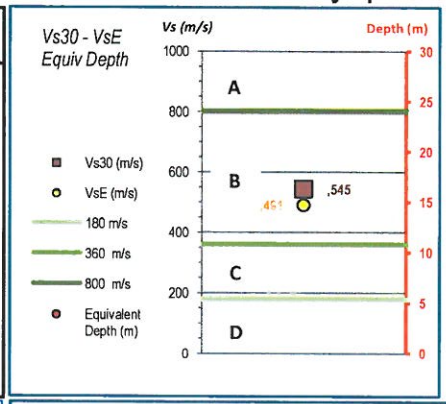
Vs30 (m/s)	**756**	**Equivalent Depth (m)**	**7.6**
VsE (m/s)	**421**	*Probabile Categoria*	**B**



Confronto tra spettri sisntetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); **Immagine inferiore:** onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

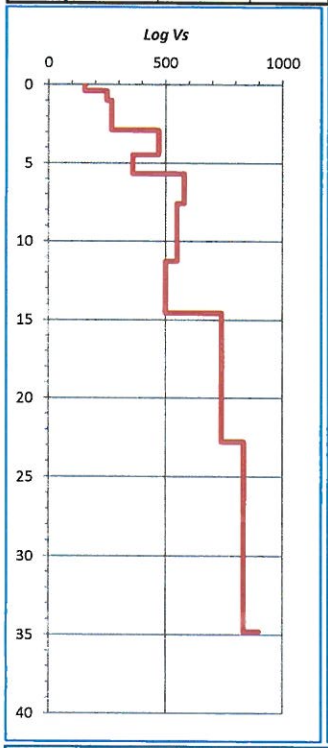
Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione Full Velocity Spectrum (FVS)

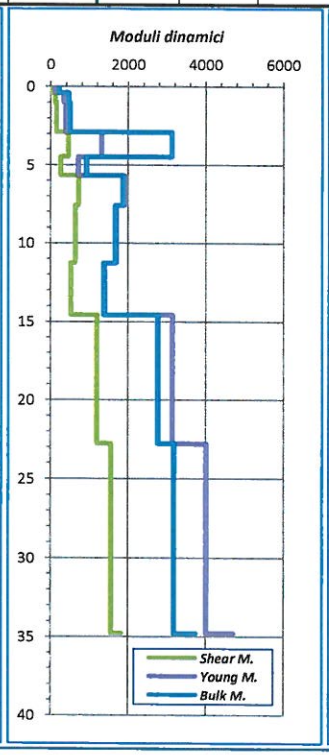
layer	h (m)	Vs	top	bottom	Density	Poisson	Vp	Shear M.	Young M.	Bulk M.
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(g/cm3)	(adim.)	(m/s)	G*	E*	k*
1	0.4	155	0.0	0.4	1.8	0.400	380	43	119	199
2	0.6	250	0.4	1.0	1.9	0.380	568	119	328	455
3	1.9	270	1.0	2.9	1.9	0.370	594	140	383	491
4	1.6	470	2.9	4.5	2.1	0.430	1341	457	1308	3113
5	1.2	360	4.5	5.7	2.0	0.370	793	259	710	912
6	1.9	580	5.7	7.6	2.1	0.330	1151	717	1906	1866
7	3.7	550	7.6	11.3	2.1	0.330	1092	638	1698	1665
8	3.3	500	11.3	14.6	2.1	0.330	993	523	1390	1364
9	8.2	740	14.6	22.8	2.2	0.310	1410	1199	3142	2755
10	12.0	835	22.8		2.2	0.29	1535	1555	4011	3181
11										
12										

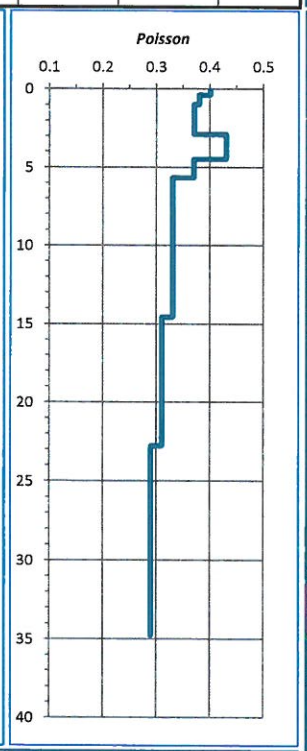


Lavoro **Ceparana**
Ubicazione **masw3**

configurazione **ch 12; x=4; m.o.=2**
ricevitori **geofoni freq. 4.5Hz**
campionamento **250/1000ms**
durata registrazione **1s**
acquisizione **ZVF**
modellazione **Rayleigh**
metodo di analisi **Full Velocity Spectrum (FVS)**
modello finale **masw3.mod**



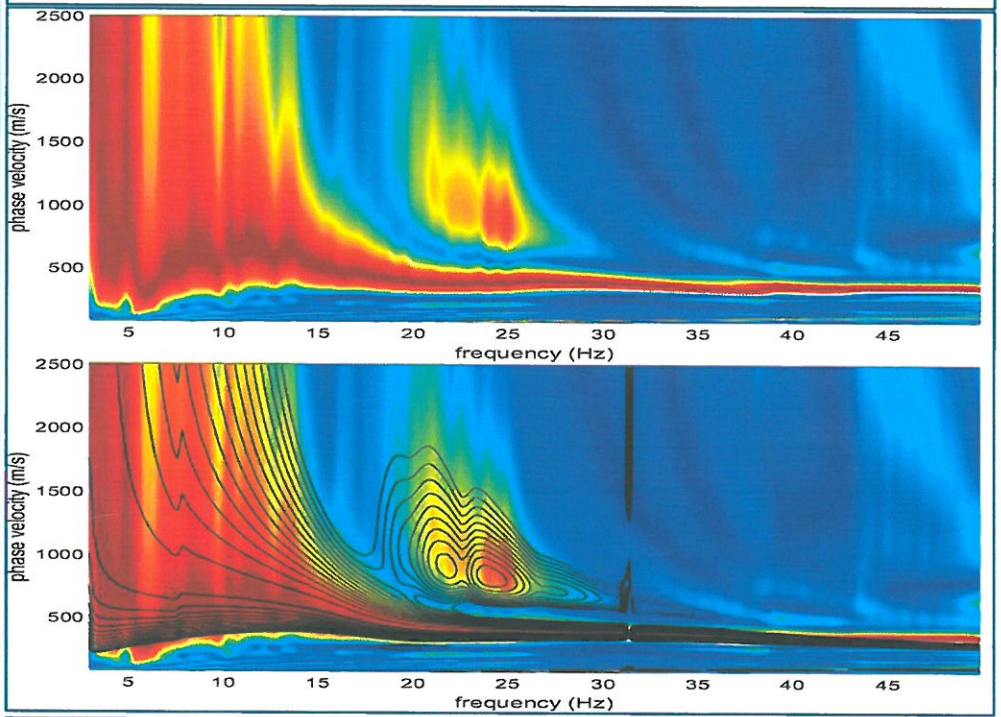




Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp= 1500m/s.
Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density-the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.
(*) Moduli dinamici espressi in Mpa

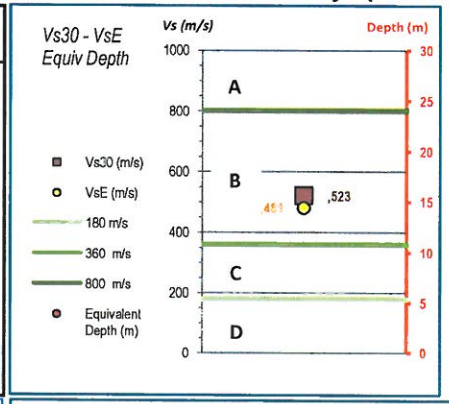
Vs30 (m/s)	**545**	**Equivalent Depth (m)**	**22.8**
VsE (m/s)	**491**	*Probabile Categoria*	**B**



Confronto tra spettri sisntetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); **Immagine inferiore:** onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

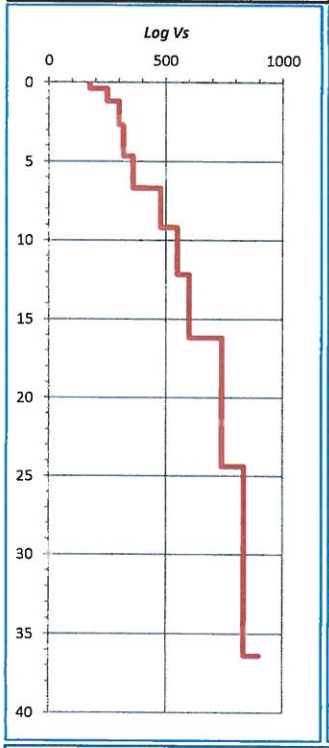
Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione Full Velocity Spectrum (FVS)

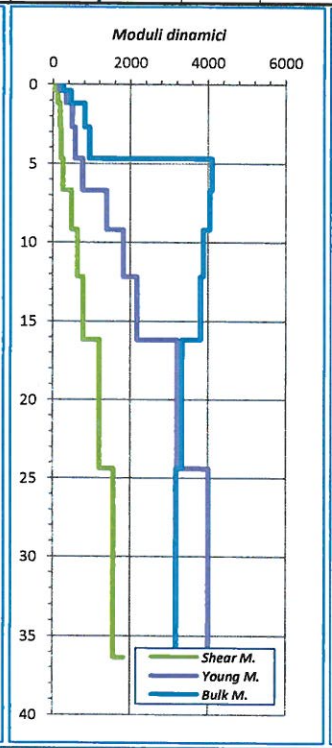
layer	h (m)	Vs	top	bottom	Density	Poisson	Vp	Shear M.	Young M.	Bulk M.
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(g/cm3)	(adim.)	(m/s)	G*	E*	k*
1	0.4	175	0.0	0.4	1.8	0.400	429	55	154	258
2	0.8	250	0.4	1.2	1.9	0.380	568	119	328	455
3	1.5	300	1.2	2.7	2.0	0.400	735	176	491	819
4	2.0	320	2.7	4.7	2.0	0.400	784	202	565	942
5	2.0	360	4.7	6.7	2.0	0.469	1490	259	762	4095
6	2.5	480	6.7	9.2	2.1	0.443	1500	479	1383	4041
7	3.0	550	9.2	12.2	2.1	0.422	1497	638	1815	3877
8	4.0	600	12.2	16.2	2.1	0.405	1502	770	2165	3801
9	8.2	740	16.2	24.4	2.2	0.339	1499	1199	3211	3322
10	12.0	835	24.4		2.2	0.29	1535	1555	4011	3181
11										
12										

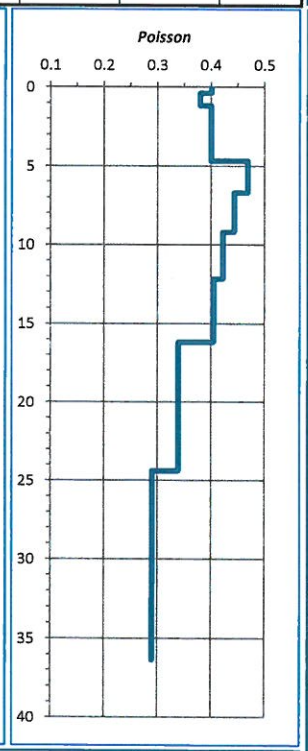


Lavoro **Ceparana**
Ubicazione **masw4**

configurazione **ch 12; x=4; m.o.=2**
ricevitori **geofoni freq. 4.5Hz**
campionamento **250/1000ms**
durata registrazione **1s**
acquisizione **ZVF**
modellazione **Rayleigh**
metodo di analisi **Full Velocity Spectrum (FVS)**
modello finale **masw4.mod**



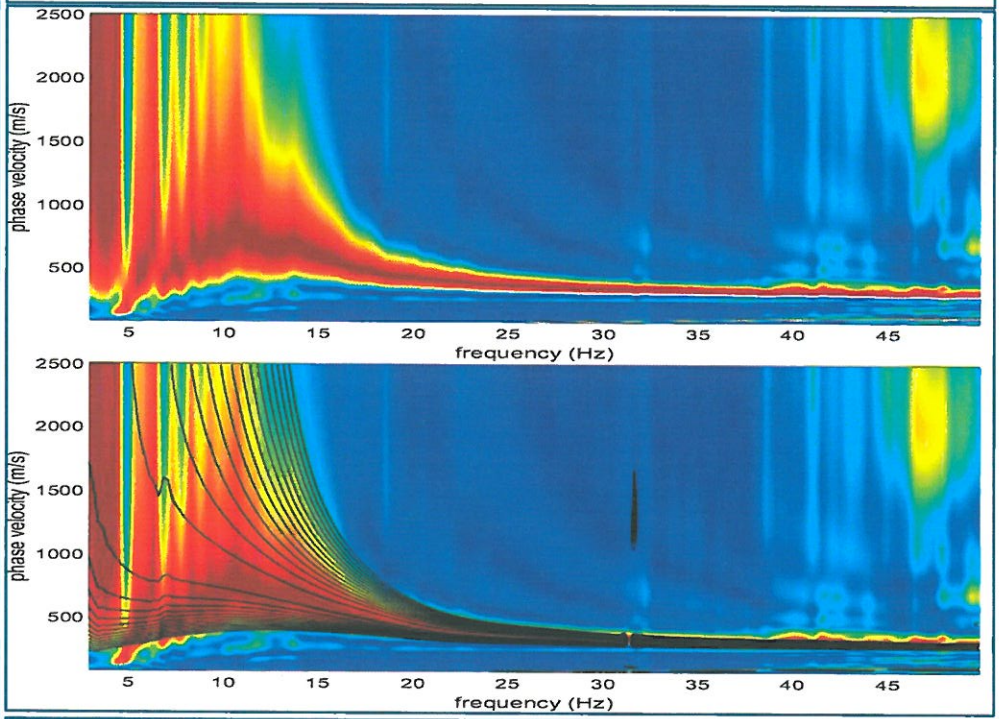




Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp= 1500m/s.
Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density-the diagnostic basic for stratigraphic trap.* Geophysics 39, 770–780.
(*) Moduli dinamici espressi in Mpa

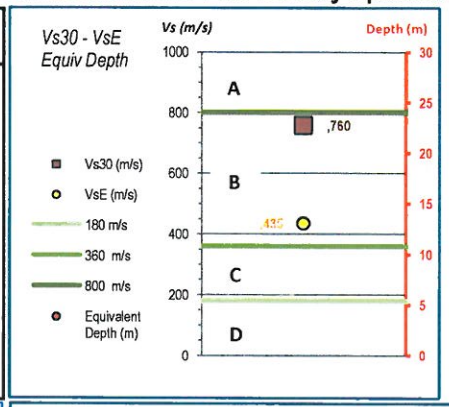
Vs30 (m/s)	**523**	**Equivalent Depth (m)**	**24.4**
VsE (m/s)	**481**	*Probabile Categoria*	**B**



Confronto tra spettri sisntetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); **Immagine inferiore:** onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

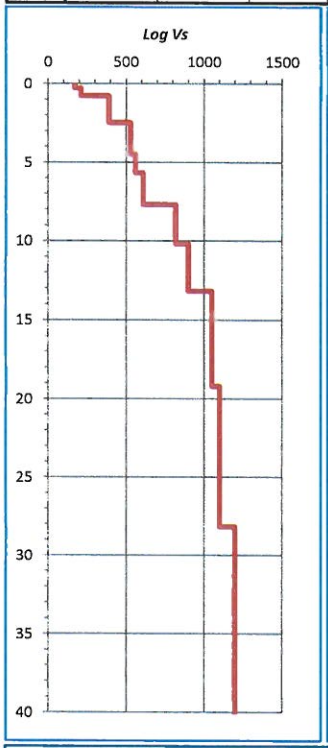
Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione Full Velocity Spectrum (FVS)

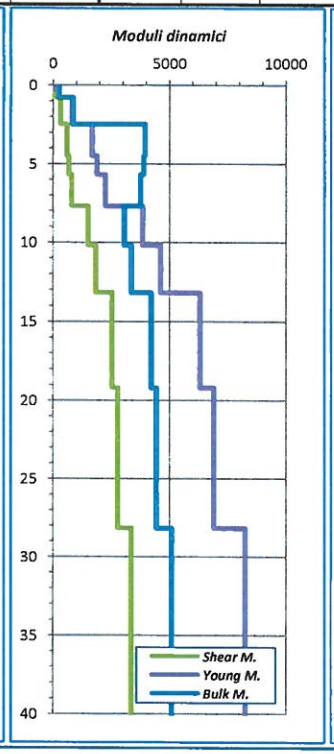
layer	h (m)	Vs	top	bottom	Density	Poisson	Vp	Shear M.	Young M.	Bulk M.
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(g/cm3)	(adim.)	(m/s)	G*	E*	k*
1	0.3	170	0.0	0.3	1.8	0.400	417	52	145	242
2	0.5	210	0.3	0.8	1.9	0.350	437	82	220	245
3	1.7	390	0.8	2.5	2.0	0.340	792	307	823	857
4	2.0	530	2.5	4.5	2.1	0.429	1503	590	1686	3957
5	1.2	560	4.5	5.7	2.1	0.419	1500	665	1887	3884
6	2.0	610	5.7	7.7	2.1	0.401	1500	796	2231	3753
7	2.5	820	7.7	10.2	2.2	0.290	1508	1493	3852	3058
8	3.0	900	10.2	13.2	2.3	0.270	1603	1823	4629	3352
9	6.0	1050	13.2	19.2	2.3	0.250	1818	2525	6310	4202
10	9.0	1100	19.2	28.2	2.3	0.24	1881	2783	6903	4427
11	20.0	1200	28.2		2.3	0.23	2026	3355	8252	5090
12										

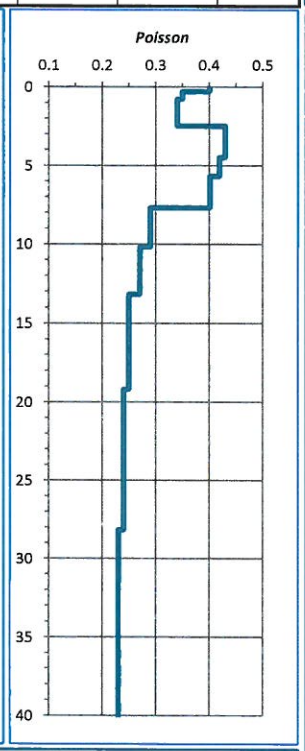


Lavoro **Ceparana**
Ubicazione **masw5**

configurazione **ch 12; x=4; m.o.=2**
ricevitori **geofoni freq. 4.5Hz**
campionamento **250/1000ms**
durata registrazione **1s**
acquisizione **ZVF**
modellazione **Rayleigh**
metodo di analisi **Full Velocity Spectrum (FVS)**
modello finale **masw5.mod**



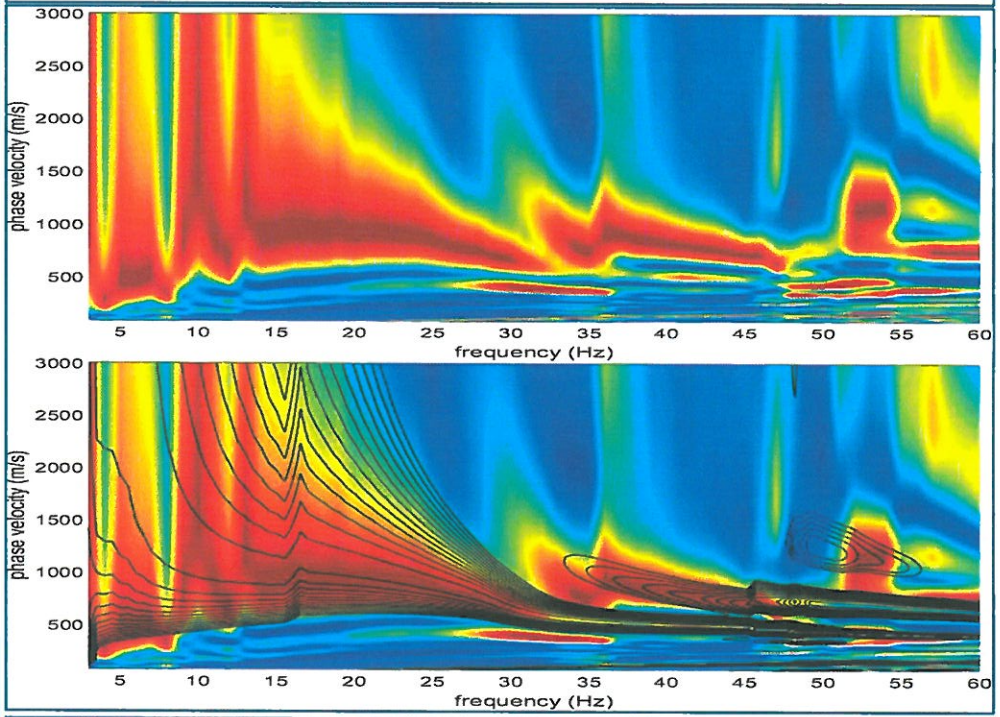




Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp= 1500m/s.
Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density-the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.
(*) Moduli dinamici espressi in Mpa

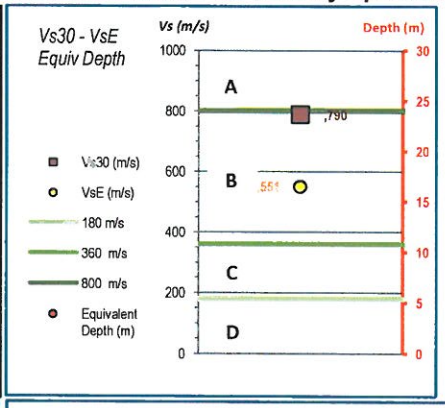
Vs30 (m/s)	**760**	**Equivalent Depth (m)**	**7.7**
VsE (m/s)	**435**	*Probabile Categoria*	**B**



Confronto tra spettri sisntetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); **Immagine inferiore:** onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

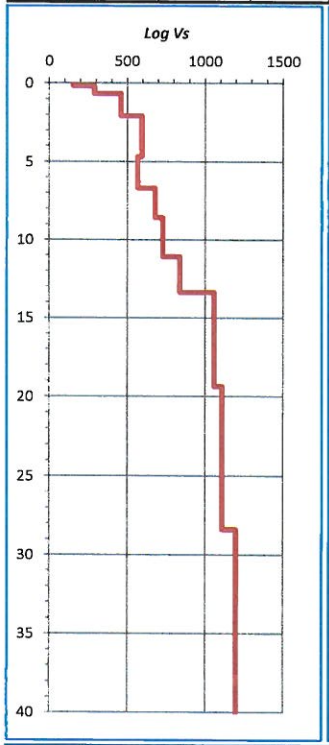
Multichannel Analysis of Surface Waves via Modellazione Full Velocity Spectrum (FVS)

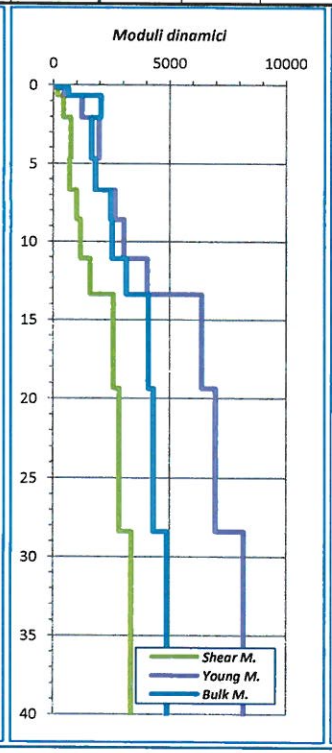
layer	h (m)	Vs	top	bottom	Density	Poisson	Vp	Shear M.	Young M.	Bulk M.
	(m)	(m/s)	(m)	(m)	(g/cm3)	(adim.)	(m/s)	G*	E*	k*
1	0.2	155	0.0	0.2	1.8	0.400	380	43	119	199
2	0.5	290	0.2	0.7	1.9	0.380	659	163	450	625
3	1.4	460	0.7	2.1	2.1	0.400	1127	436	1221	2035
4	2.6	595	2.1	4.7	2.1	0.300	1113	754	1960	1633
5	2.0	570	4.7	6.7	2.1	0.330	1132	689	1832	1798
6	1.9	680	6.7	8.6	2.2	0.320	1322	1003	2649	2455
7	2.5	730	8.6	11.1	2.2	0.300	1366	1167	3035	2530
8	2.3	840	11.1	13.4	2.2	0.285	1532	1573	4044	3136
9	6.0	1060	13.4	19.4	2.3	0.240	1812	2573	6381	4088
10	9.0	1110	19.4	28.4	2.3	0.23	1875	2834	6972	4307
11	18.0	1200	28.4		2.3	0.22	2003	3355	8187	4874
12										

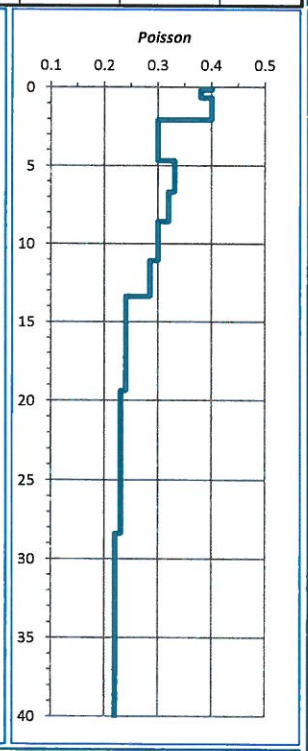


Lavoro **Ceparana**
Ubicazione **masw6**

configurazione **ch 12; x=4; m.o.=2**
ricevitori **geofoni freq. 4.5Hz**
campionamento **250/1000ms**
durata registrazione **1s**
acquisizione **ZVF**
modellazione **Rayleigh**
metodo di analisi **Full Velocity Spectrum (FVS)**
modello finale **masw6.mod**



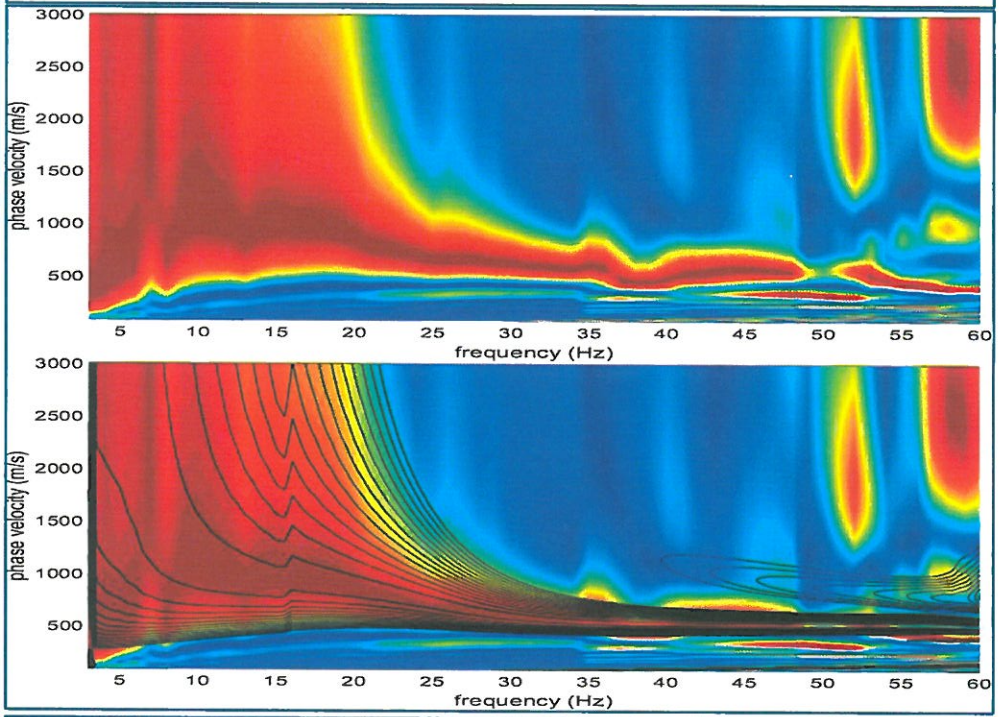




Vp e Moduli dinamici puramente indicativi

Poisson assegnato durante la modellazione in base alla tipologia di terreno e per gli strati superficiali modellato per soddisfare i primi arrivi rifratti (quando visibili); in caso di terreni sciolti saturi, poisson calcolato per soddisfare la condizione Vp= 1500m/s.
Densità calcolata secondo: Gardner, G.H.F., Gardner, L.W., Gregory, A.R., 1974. *Formation velocity and density-the diagnostic basic for stratigraphic trap*. Geophysics 39, 770–780.
(*) Moduli dinamici espressi in Mpa

Vs30 (m/s)	**790**	**Equivalent Depth (m)**	**11.1**
VsE (m/s)	**551**	*Probabile Categoria*	**B**



Confronto tra spettri sisntetici e sperimentali. Immagine superiore: spettro di velocità di fase sperimentale delle onde di Rayleigh, componente verticale (ZVF); **Immagine inferiore**: onde di Rayleigh, spettro di velocità sintetico sovrapposto allo spettro sperimentale. Scala colore=spettro sperimentale; contouring nero=spettro sintetico.

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 8.00-8.40

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	10.4	%
Peso di volume	21.7	kN/m^3
Peso di volume secco	19.6	kN/m^3
Peso di volume saturo	22.1	kN/m^3
Peso specifico	2.69	
Indice dei vuoti	0.344	
Porosità	25.6	%
Grado di saturazione	81.5	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	21.2	%
Sabbia	29.4	%
Limo	22.6	%
Argilla	26.8	%
D 10		mm
D 50	0.069655	mm
D 60	0.231329	mm
D 90	5.151352	mm
Passante set. 10	78.8	%
Passante set. 42	67.5	%
Passante set. 200	50.3	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	8.0	kPa	ϕ'	28.0	°
c'Res		kPa	ϕ'Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm^2/sec	k cm/sec

Sabbia con argilla limosa e ghiaiosa di colore grigio

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06976 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 23/09/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 24/09/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 8.00-8.40

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 10.4 %

Struttura del materiale:
- ◉ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Sabbia con argilla limosa e ghiaiosa di colore grigio

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06977 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 08/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 08/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 8.00-8.40

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 21.7 kN/m³

Sabbia con argilla limosa e ghiaiosa di colore grigio

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06978 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 15/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21	Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 15/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 8.00-8.40

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2.69

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2.69

Metodo: ☑ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 18.0 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

Sabbia con argilla limosa e ghiaiosa di colore grigio

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

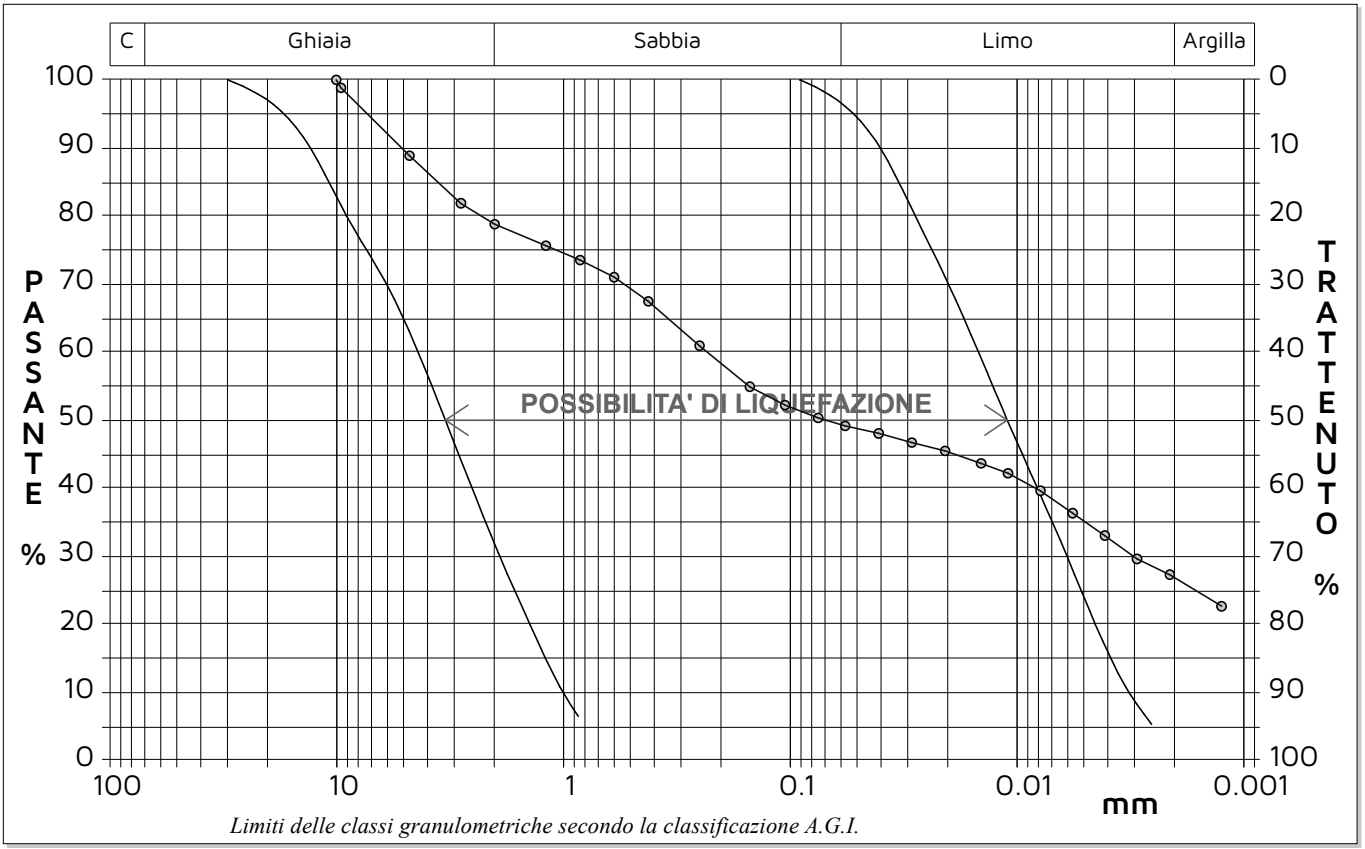
CERTIFICATO DI PROVA N°: 06979	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 15/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 20/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 8.00-8.40

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	21.2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	78.8 %	D_{10}	0.00030 mm
Sabbia	29.4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	67.5 %	D_{30}	0.00306 mm
Limo	22.6 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	50.3 %	D_{50}	0.06966 mm
Argilla	26.8 %			D_{60}	0.23133 mm
Coefficiente di uniformità	772.19	Coefficiente di curvatura	0.14	D_{90}	5.15135 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
10.0000	100.00	1.1900	75.64	0.1500	54.90	0.0290	46.70	0.0057	36.33
9.5200	98.80	0.8410	73.50	0.1050	52.20	0.0207	45.48	0.0041	33.03
4.7500	88.84	0.5950	70.99	0.0750	50.31	0.0144	43.65	0.0029	29.61
2.8200	81.84	0.4200	67.45	0.0570	49.15	0.0109	42.19	0.0021	27.29
2.0000	78.78	0.2500	60.91	0.0406	48.05	0.0079	39.62	0.0013	22.65

Sabbia con argilla limosa e ghiaiosa di colore grigio

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06980	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 08/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 11/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 8.00-8.40

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

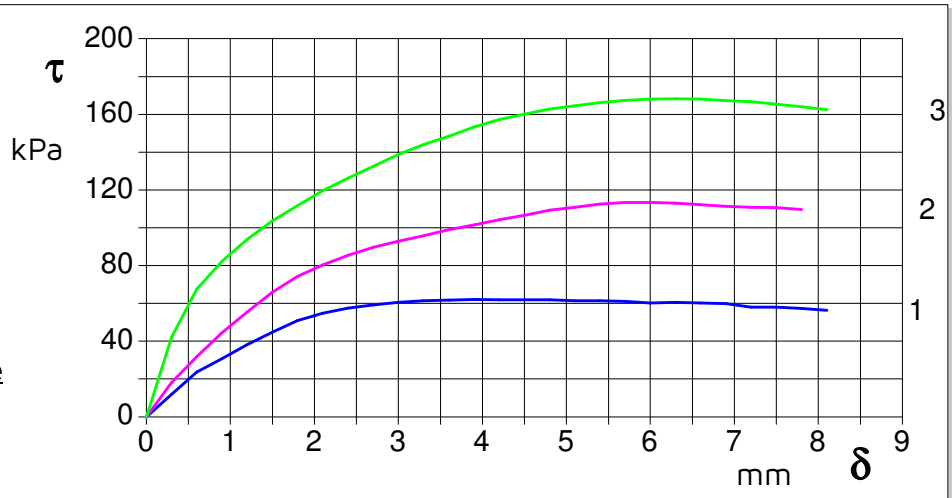
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100.0	200.0	300.0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	11.0 12.5	11.0 12.3	11.2 12.2
Peso di volume (kN/m^3):	21.7	21.7	21.6

Tipo di prova: Consolidata - lenta Velocità di deformazione: 0.008 mm / min

DIAGRAMMA

Tensione

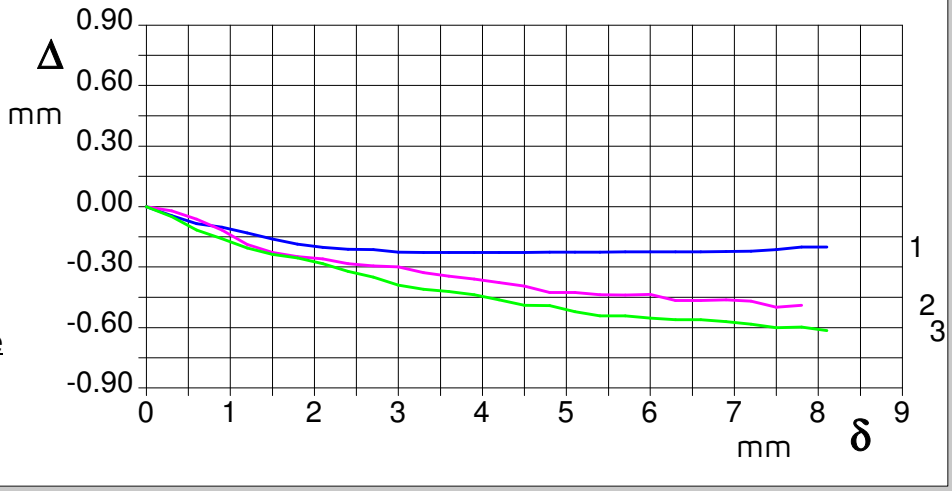
Deformazione orizzontale



DIAGRAMMA

Deformazione verticale

Deformazione orizzontale



Sabbia con argilla limosa e ghiaiosa di colore grigio
Il confezionamento dei provini è stato eseguito asportando gli inclusi piu grossolani

Sperimentatore
Enrico Tallini

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06980 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 08/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21	Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 11/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 8.00-8.40

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.300	11.9	-0.05	0.300	18.2	-0.02	0.300	42.3	-0.05
0.600	23.7	-0.09	0.600	31.8	-0.06	0.600	67.5	-0.12
0.900	30.8	-0.10	0.900	44.4	-0.12	0.900	82.2	-0.16
1.200	38.1	-0.13	1.200	55.4	-0.19	1.200	93.9	-0.21
1.500	44.7	-0.16	1.500	66.1	-0.23	1.500	103.8	-0.24
1.800	50.9	-0.19	1.800	74.2	-0.25	1.800	111.8	-0.26
2.100	54.8	-0.20	2.100	80.3	-0.26	2.100	119.6	-0.28
2.400	57.6	-0.21	2.400	85.4	-0.28	2.400	126.2	-0.32
2.700	59.1	-0.21	2.700	89.8	-0.29	2.700	132.6	-0.35
3.000	60.5	-0.23	3.000	92.9	-0.30	3.000	138.8	-0.39
3.300	61.3	-0.23	3.300	95.8	-0.33	3.300	144.0	-0.41
3.600	61.8	-0.23	3.600	98.9	-0.35	3.600	148.5	-0.42
3.900	62.0	-0.23	3.900	101.6	-0.36	3.900	153.3	-0.44
4.200	61.9	-0.23	4.200	104.3	-0.38	4.200	157.2	-0.46
4.500	62.0	-0.23	4.500	106.6	-0.40	4.500	160.1	-0.49
4.800	62.0	-0.23	4.800	109.3	-0.43	4.800	162.8	-0.49
5.100	61.3	-0.23	5.100	110.9	-0.43	5.100	164.4	-0.52
5.400	61.4	-0.23	5.400	112.5	-0.44	5.400	166.1	-0.54
5.700	61.0	-0.23	5.700	113.3	-0.44	5.700	167.5	-0.54
6.000	60.2	-0.23	6.000	113.3	-0.44	6.000	168.1	-0.55
6.300	60.5	-0.22	6.300	113.0	-0.47	6.300	168.2	-0.56
6.600	60.2	-0.22	6.600	112.2	-0.47	6.600	168.1	-0.56
6.900	59.9	-0.22	6.900	111.2	-0.46	6.900	167.3	-0.57
7.200	58.0	-0.22	7.200	110.9	-0.47	7.200	166.7	-0.58
7.500	58.1	-0.21	7.500	110.6	-0.50	7.500	165.3	-0.60
7.800	57.3	-0.20	7.800	109.6	-0.49	7.800	164.0	-0.60
8.100	56.4	-0.20				8.100	162.4	-0.62

Sperimentatore
Enrico Tallini

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 08/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21	Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 11/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S3 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 8.00-8.40

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

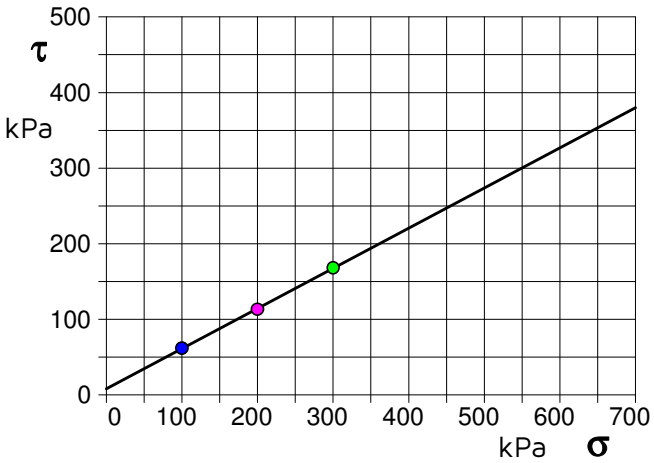
Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	100		200		300	
Tensione a rottura (kPa):	62		113		168	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	3.90	-0.23	6.00	-0.44	6.30	-0.56
Umidità iniziale e umidità finale (%):	11.0	12.5	11.0	12.3	11.2	12.2
Peso di volume iniziale e finale (kN/m^3):	21.7	22.2	21.7	22.2	21.6	22.1
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	84.1	99.4	85.4	98.8	84.5	97.2

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	8.0 kPa
Angolo di attrito interno:	28.0 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.008 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



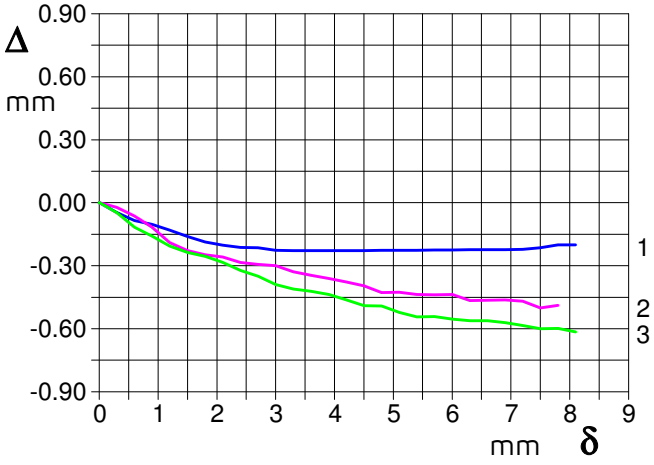


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

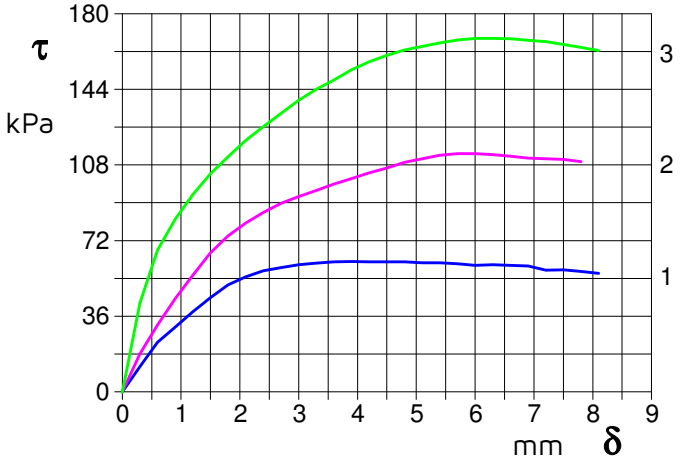


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Sabbia con argilla limosa e ghiaiosa di colore grigio
Il confezionamento dei provini è stato eseguito asportando gli inclusi piu grossolani

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 7.00-7.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	14.4	%
Peso di volume	20.6	kN/m^3
Peso di volume secco	18.0	kN/m^3
Peso di volume saturo	21.1	kN/m^3
Peso specifico	2.67	
Indice dei vuoti	0.449	
Porosità	31.0	%
Grado di saturazione	85.3	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	23.1	%
Sabbia	19.7	%
Limo	32.0	%
Argilla	25.2	%
D 10		mm
D 50	0.025520	mm
D 60	0.104209	mm
D 90	10.330300	mm
Passante set. 10	76.9	%
Passante set. 42	69.5	%
Passante set. 200	58.5	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	10.5	kPa	ϕ'	27.2	°
c'Res		kPa	ϕ'Res		°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d		°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm^2/sec	k cm/sec

Limo con argilla ghiaioso e sabbioso di colore marrone chiaro

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06981 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 23/09/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 24/09/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 7.00-7.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 14.4 %

Struttura del materiale:
- ◉ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo con argilla ghiaioso e sabbioso di colore marrone chiaro

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06982 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 07/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21	Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 07/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 7.00-7.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 20.6 kN/m³

Limo con argilla ghiaioso e sabbioso di colore marrone chiaro

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06983 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 15/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21	Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 15/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 7.00-7.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2.67

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2.66

Metodo: ◉ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21.2 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

Limo con argilla ghiaioso e sabbioso di colore marrone chiaro

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06984	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 15/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 20/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 7.00-7.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	23.1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	76.9 %	D_{10}	0.00023 mm
Sabbia	19.7 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	69.5 %	D_{30}	0.00355 mm
Limo	32.0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	58.5 %	D_{50}	0.02552 mm
Argilla	25.2 %			D_{60}	0.10421 mm
Coefficiente di uniformità	448.62	Coefficiente di curvatura	0.52	D_{90}	10.33030 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
15.0000	100.00	1.1900	74.40	0.1500	62.78	0.0299	51.53	0.0060	34.86
9.5200	87.81	0.8410	72.94	0.1050	60.03	0.0215	48.34	0.0043	32.11
4.7500	81.39	0.5950	71.39	0.0750	58.52	0.0150	44.86	0.0031	28.34
2.8200	78.52	0.4200	69.54	0.0579	57.04	0.0115	42.55	0.0022	25.88
2.0000	76.86	0.2500	66.37	0.0416	54.29	0.0082	39.07	0.0013	22.11

Limo con argilla ghiaioso e sabbioso di colore marrone chiaro

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06985	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 07/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 09/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 7.00-7.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

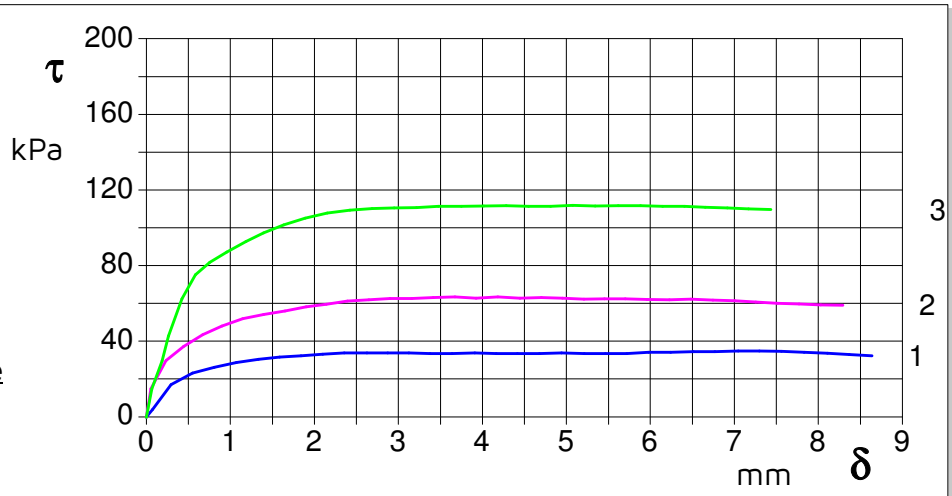
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	50.0	100.0	200.0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	15.8 17.9	14.8 16.6	15.6 16.2
Peso di volume (kN/m^3):	20.4	20.8	20.7

Tipo di prova: Consolidata - lenta Velocità di deformazione: 0.008 mm / min

DIAGRAMMA

Tensione

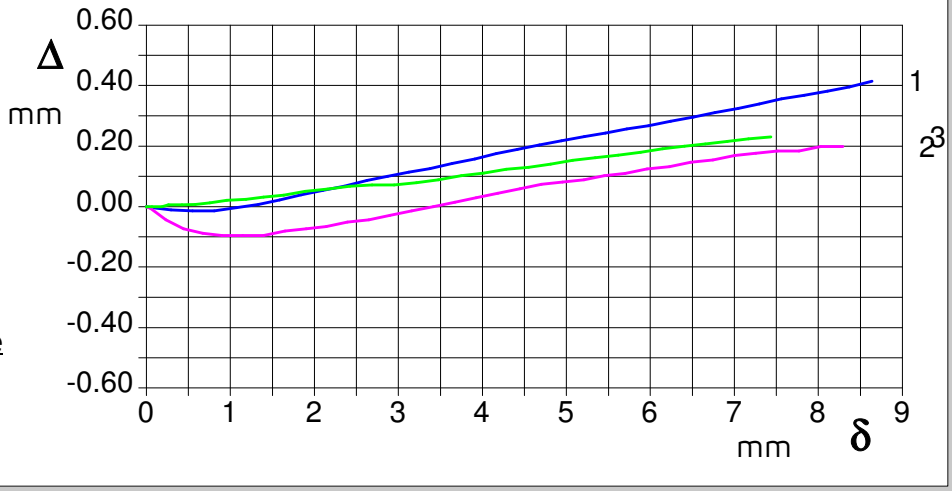
Deformazione orizzontale



DIAGRAMMA

Deformazione verticale

Deformazione orizzontale



Limo con argilla ghiaioso e sabbioso di colore marrone chiaro
Il confezionamento dei provini è stato eseguito asportando gli inclusi piu grossolani

Sperimentatore
Enrico Tallini

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06985 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 07/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21	Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 09/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 7.00-7.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0.074	3.8	0.00	0.055	14.8	-0.01	0.067	14.7	0.00
0.295	17.1	-0.01	0.233	29.8	-0.04	0.188	29.6	0.00
0.548	23.1	-0.01	0.443	37.2	-0.07	0.265	42.8	0.01
0.810	26.2	-0.01	0.670	43.4	-0.09	0.425	62.4	0.01
1.072	28.8	0.00	0.901	48.0	-0.10	0.584	75.1	0.01
1.334	30.3	0.01	1.149	51.8	-0.10	0.755	81.6	0.01
1.587	31.6	0.02	1.397	54.0	-0.10	0.959	87.1	0.02
1.841	32.2	0.04	1.651	56.0	-0.08	1.184	92.7	0.02
2.103	33.2	0.05	1.904	58.2	-0.07	1.394	97.4	0.03
2.356	33.8	0.07	2.141	59.5	-0.07	1.636	101.6	0.04
2.626	33.8	0.09	2.395	61.2	-0.05	1.889	105.1	0.05
2.872	33.8	0.10	2.648	61.9	-0.04	2.153	107.7	0.06
3.125	33.8	0.11	2.901	62.6	-0.03	2.423	109.4	0.07
3.379	33.5	0.12	3.160	62.6	-0.01	2.688	110.2	0.07
3.641	33.5	0.14	3.413	63.0	0.00	2.952	110.5	0.07
3.911	33.8	0.16	3.672	63.3	0.01	3.216	110.6	0.08
4.164	33.5	0.17	3.926	62.8	0.03	3.475	111.3	0.09
4.418	33.5	0.19	4.184	63.3	0.04	3.750	111.4	0.10
4.680	33.5	0.20	4.448	62.8	0.06	4.015	111.6	0.11
4.942	33.8	0.22	4.702	63.0	0.07	4.284	111.7	0.12
5.212	33.5	0.23	4.955	62.8	0.08	4.549	111.4	0.13
5.465	33.5	0.24	5.209	62.3	0.09	4.813	111.4	0.14
5.719	33.5	0.26	5.451	62.4	0.10	5.077	111.9	0.15
5.981	34.1	0.27	5.699	62.4	0.11	5.341	111.6	0.16
6.242	34.1	0.28	5.958	62.1	0.12	5.617	111.7	0.17
6.512	34.4	0.30	6.227	61.9	0.13	5.881	111.6	0.18
6.766	34.4	0.31	6.481	62.3	0.15	6.145	111.4	0.19
7.044	34.8	0.32	6.745	61.8	0.15	6.404	111.3	0.20
7.298	34.8	0.34	7.004	61.4	0.17	6.652	110.9	0.21
7.560	34.6	0.36	7.257	60.6	0.18	6.916	110.5	0.21
7.830	34.1	0.37	7.516	60.0	0.18	7.170	110.1	0.22
8.108	33.6	0.38	7.769	59.7	0.18	7.434	109.5	0.23
8.370	33.0	0.40	8.028	59.3	0.20			
8.640	32.3	0.41	8.292	59.0	0.20			

Sperimentatore
Enrico Tallini

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

ALLEGATO PROVA DI TAGLIO DIRETTO Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 25/10/21	Inizio analisi: 07/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21	Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 09/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S4 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 7.00-7.50

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

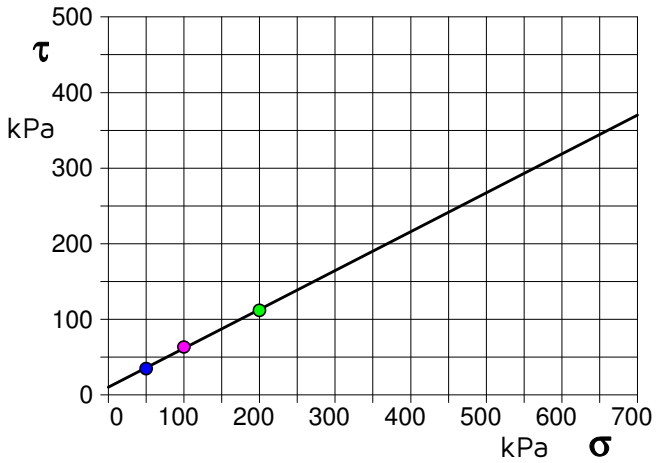
Modalità di prova: Norma ASTM D3080

Provino n°:	1		2		3	
Condizione del provino:	Indisturbato		Indisturbato		Indisturbato	
Pressione verticale (kPa):	50		100		200	
Tensione a rottura (kPa):	35		63		112	
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	7.04	0.32	3.67	0.01	5.08	0.15
Umidità iniziale e umidità finale (%):	15.8	17.9	14.8	16.6	15.6	16.2
Peso di volume iniziale e finale (kN/m^3):	20.4	20.7	20.8	21.1	20.7	20.8
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	86.7	98.4	89.5	99.8	90.8	94.2

DIAGRAMMA
Tensione - Pressione verticale

Coesione:	10.5 kPa
Angolo di attrito interno:	27.2 °

Tipo di prova:	Consolidata - lenta
Velocità di deformazione:	0.008 mm / min
Tempo di consolidazione (ore):	24



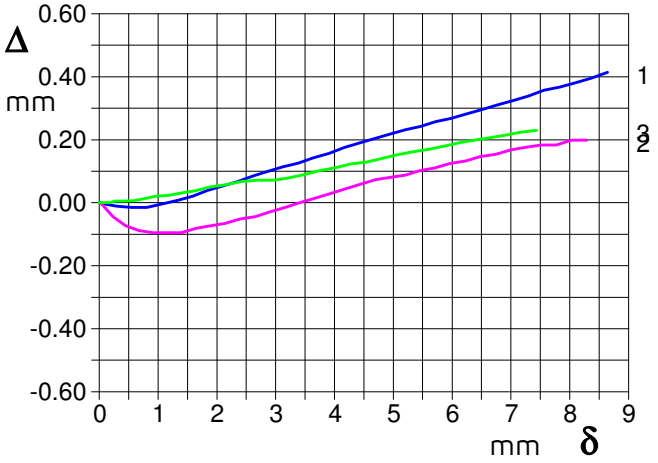


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

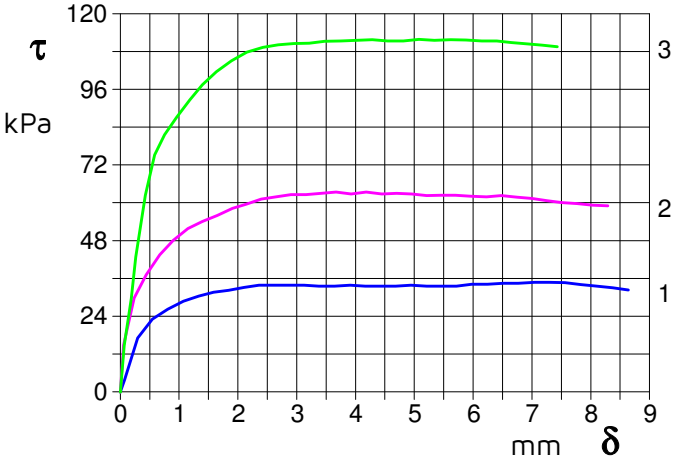


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

Limo con argilla ghiaioso e sabbioso di colore marrone chiaro
Il confezionamento dei provini è stato eseguito asportando gli inclusi piu grossolani

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	20.3	%
Peso di volume	19.9	kN/m^3
Peso di volume secco	16.5	kN/m^3
Peso di volume saturo	20.1	kN/m^3
Peso specifico	2.65	
Indice dei vuoti	0.571	
Porosità	36.3	%
Grado di saturazione	94.1	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		
Passante al set. n° 40		
Limite di ritiro		%
CNR-UNI 10006/00		

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	11.6	%
Sabbia	20.9	%
Limo	41.4	%
Argilla	26.1	%
D 10		mm
D 50	0.014571	mm
D 60	0.029007	mm
D 90	2.530536	mm
Passante set. 10	88.4	%
Passante set. 42	77.5	%
Passante set. 200	68.8	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta

c'	kPa	ϕ'	°
c'Res	kPa	ϕ'Res	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	12 kPa	ϕ_d	26.7	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}		°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}		°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u		°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm^2/sec	k cm/sec
12.5 ÷ 25.0	4167	- - -	- - -
25.0 ÷ 50.0	4032	- - -	- - -
50.0 ÷ 100.0	4237	0.000300	6.95E-09
100.0 ÷ 200.0	5780	0.000805	1.37E-08
200.0 ÷ 400.0	11173	0.000819	7.19E-09
400.0 ÷ 800.0	18018	- - -	- - -
800.0 ÷ 1600.0	28070	- - -	- - -
1600.0 ÷ 3200.0	45584	- - -	- - -

Limo con argilla sabbioso e ghiaioso di colore marrone

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06986	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 26/10/21	Inizio analisi: 23/09/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 24/09/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216

Wn = contenuto d'acqua allo stato naturale = 20.3 %

Struttura del materiale:
- ◉ Omogeneo
- ☐ Stratificato
- ☐ Caotico

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Limo con argilla sabbioso e ghiaioso di colore marrone

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06987 Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 26/10/21	Inizio analisi: 24/09/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 24/09/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale = 19.9 kN/m³

Limo con argilla sabbioso e ghiaioso di colore marrone

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06988 Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 26/10/21	Inizio analisi: 15/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21	Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 15/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

γ_s = Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2.65

γ_{sc} = Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2.65

Metodo: ◉ A ☐ B

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21.2 °C

Disaerazione eseguita sotto vuoto

Limo con argilla sabbioso e ghiaioso di colore marrone

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

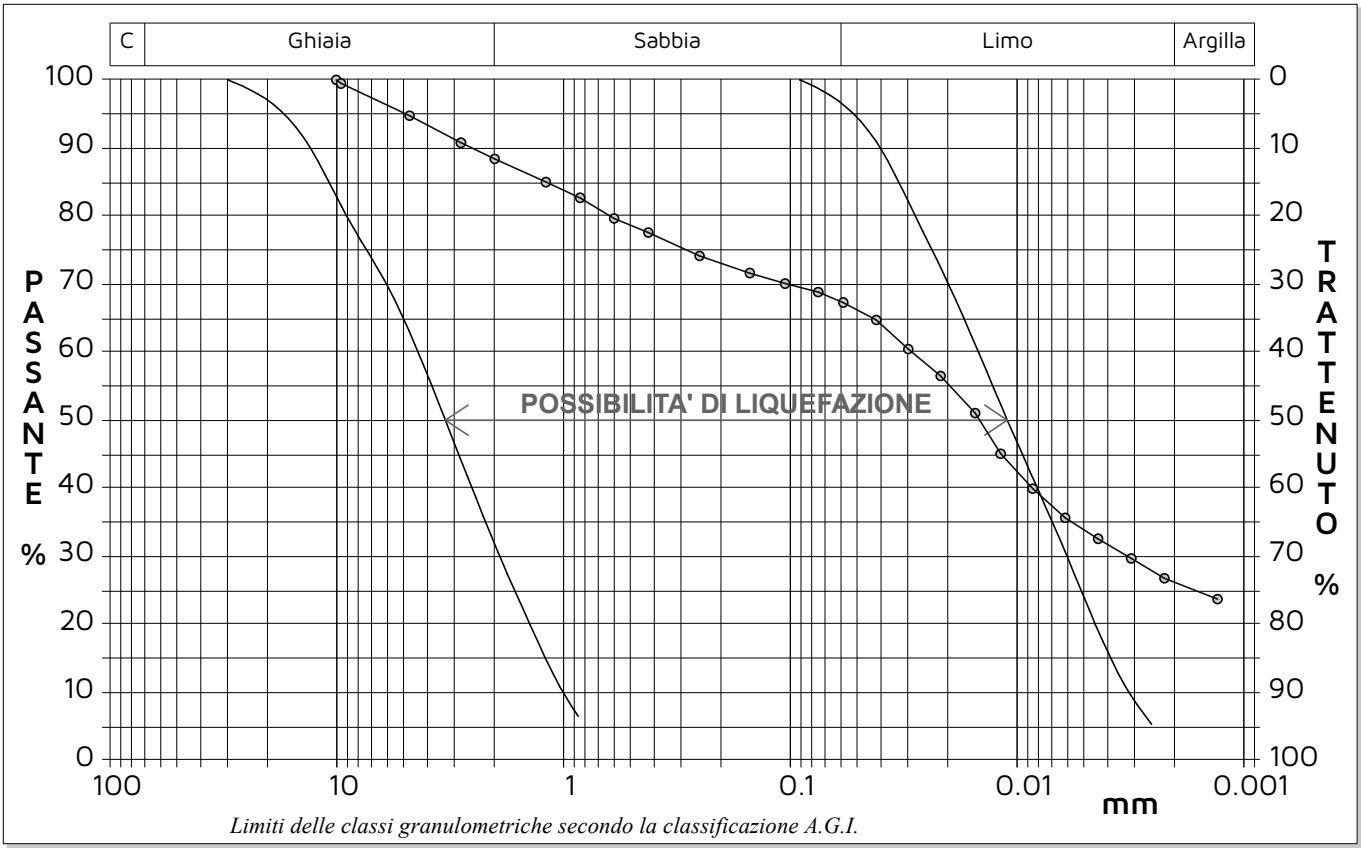
CERTIFICATO DI PROVA N°: 06989	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE: 26/10/21	Inizio analisi: 15/10/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 20/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D422

Ghiaia	11.6 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	88.4 %	D_{10}	0.00012 mm
Sabbia	20.9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	77.5 %	D_{30}	0.00325 mm
Limo	41.4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	68.8 %	D_{50}	0.01457 mm
Argilla	26.1 %			D_{60}	0.02901 mm
Coefficiente di uniformità	243.46	Coefficiente di curvatura	3.06	D_{90}	2.53054 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
10.0000	100.00	1.1900	84.97	0.1500	71.60	0.0301	60.43	0.0061	35.65
9.5200	99.46	0.8410	82.66	0.1050	70.05	0.0217	56.50	0.0044	32.57
4.7500	94.72	0.5950	79.63	0.0750	68.82	0.0152	51.03	0.0031	29.66
2.8200	90.74	0.4200	77.55	0.0581	67.27	0.0118	45.05	0.0022	26.76
2.0000	88.38	0.2500	74.12	0.0416	64.70	0.0085	39.92	0.0013	23.68

Limo con argilla sabbioso e ghiaioso di colore marrone

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06990	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 26/10/21	Inizio analisi: 24/09/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 12/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m^3)	19.64
Umidità (%)	20.2
Peso specifico	2.65
Altezza provino (cm)	2.00
Diametro provino (cm)	7.14
Sezione provino (cm^2)	40.01
Volume provino (cm^3)	80.01
Volume dei vuoti (cm^3)	29.72
Indice dei vuoti	0.59
Porosità (%)	37.14
Saturazione (%)	90.6

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI

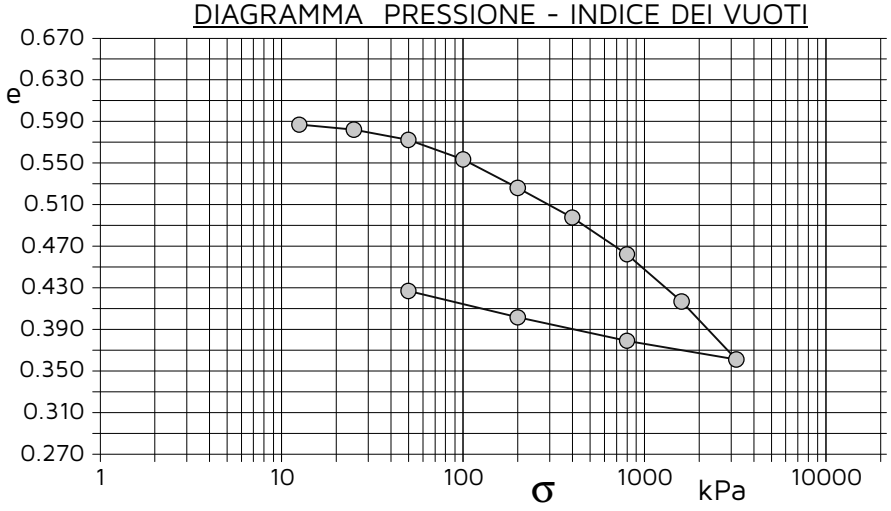
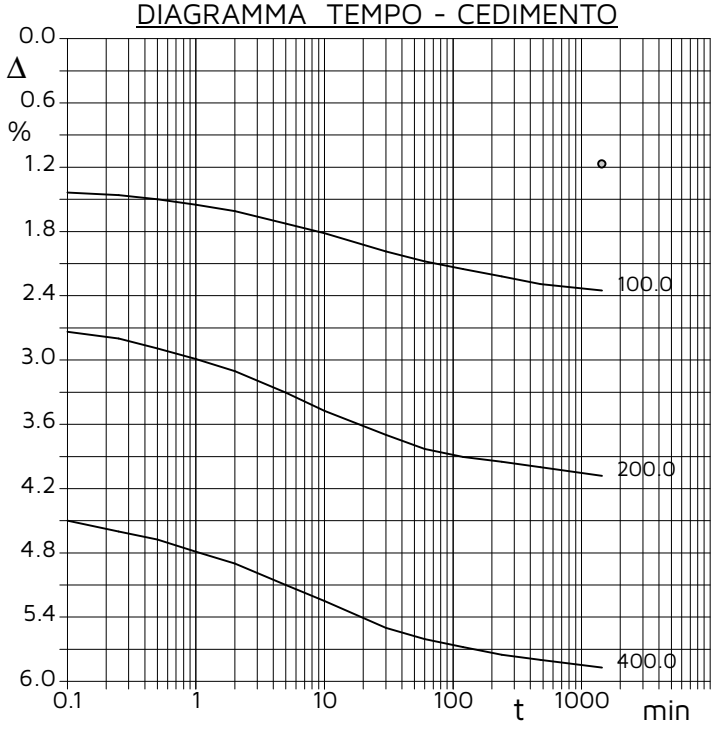


DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO



Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc
12.5	5.0	0.587	
25.0	11.0	0.582	0.016
50.0	23.4	0.572	0.033
100.0	47.0	0.553	0.062
200.0	81.6	0.526	0.091
400.0	117.4	0.497	0.095
800.0	161.8	0.462	0.117
1600.0	218.8	0.417	0.151
3200.0	289.0	0.361	0.185
800.0	266.3	0.379	
200.0	238.0	0.402	
50.0	206.0	0.427	

Limo con argilla sabbioso e ghiaioso di colore marrone

Sperimentatore
Enrico Tallini

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06990 Pagina 2/2		DATA DI EMISSIONE: 26/10/21	Inizio analisi: 24/09/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 12/10/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D2435

LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 100.0 kPa		Pressione 200.0 kPa		Pressione 400.0 kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100
0.00	23.4	0.00	47.0	0.00	81.6		
0.10	28.7	0.10	54.7	0.10	90.0		
0.25	29.2	0.25	56.0	0.25	92.0		
0.50	30.0	0.50	57.8	0.50	93.5		
1.00	31.0	1.00	59.8	1.00	95.8		
2.00	32.2	2.00	62.1	2.00	98.0		
5.00	34.5	5.00	66.1	5.00	102.0		
10.00	36.3	10.00	69.5	10.00	105.0		
30.00	39.7	30.00	74.0	30.00	110.0		
60.00	41.6	60.00	76.6	60.00	112.1		
120.00	43.0	120.00	78.1	120.00	113.6		
240.00	44.4	240.00	79.0	240.00	115.0		
480.00	45.8	480.00	80.0	480.00	116.0		
1440.00	47.0	1440.00	81.6	1440.00	117.4		

Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa		Pressione -- kPa	
Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100	Tempo minuti	Cedim. mm/100

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2020

Sperimentatore
Enrico Tallini

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06991	Pagina 1/2	DATA DI EMISSIONE: 26/10/21	Inizio analisi: 27/09/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 29/09/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma Racc. AGI 1994

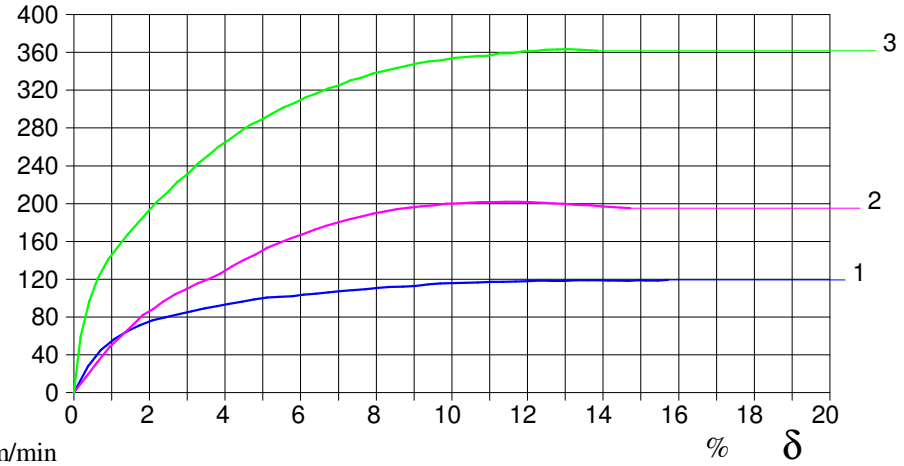
P	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura				
n	H_o	ϕ	γ	γ_s	w_o	S_o	σ_3	u_o	σ'_3	$\Delta V/V$	$\Delta H/H$	w_f	δ_f	$\sigma_1-\sigma_3$	$\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$	$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$
	cm	*cm*	*kN/m³*		*%*	*%*	*kPa*	*kPa*	*kPa*	*%*	*%*	*%*	*%*	*kPa*	*kPa*	*kPa*
1	7.60	3.80	20.5	2.65	19.4	99.7	350	300	50	0.7	0.0	19.3	15.7	119	110	60
2	7.60	3.80	20.0	2.65	21.1	97.6	400	300	100	3.0	0.1	21.4	11.7	202	201	101
3	7.60	3.80	20.0	2.65	21.0	97.1	500	300	200	4.8	0.2	20.8	13.1	364	382	182

H_o ϕ - Altezza e diametro provini
w_o w_f - Umidità iniziale e finale
γ γ_s - Peso di volume e peso specifico
S_o - Grado di saturazione iniziale
ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume
σ_3/u_o - Press. di cella/Back pressure
δ_f - Deformazione a rottura
σ_1 σ_3 - Tensioni totali

$\sigma_1-\sigma_3$ *kPa*

Diagramma

Tensione efficace - Deformazione

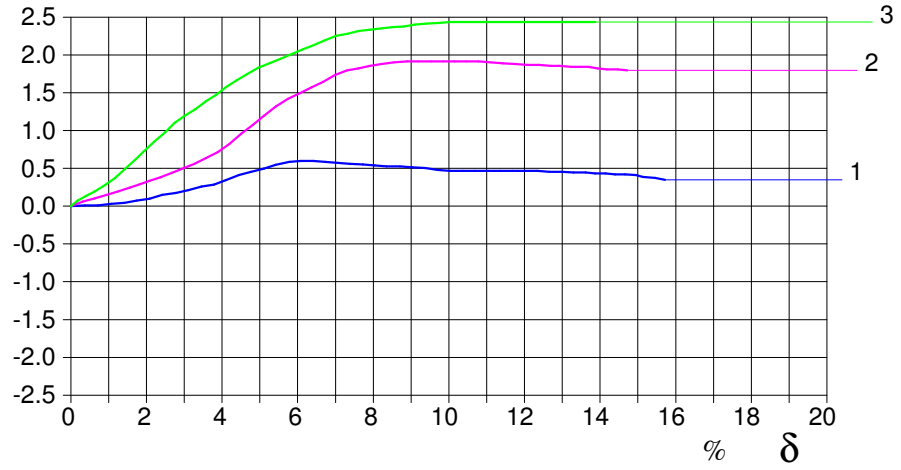


Velocità di deformazione: 0.008 mm/min

ΔV *%*

Diagramma

Variazione di volume - Deformazione



Limo con argilla sabbioso e ghiaioso di colore marrone

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06991 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 26/10/21	Inizio analisi: 27/09/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21	Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 29/09/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.

RIFERIMENTO: Comune di Bolano

SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma Racc. AGI 1994

PROVINO 1				*PROVINO 2*				*PROVINO 3*			
δ *mm*	δ *%*	$\sigma_1-\sigma_3$ *kPa*	ΔV *%*	δ *mm*	δ *%*	$\sigma_1-\sigma_3$ *kPa*	ΔV *%*	δ *mm*	δ *%*	$\sigma_1-\sigma_3$ *kPa*	ΔV *%*
0.29	0.38	27.9	0.01	0.24	0.31	16.4	0.06	0.14	0.18	59.5	0.07
0.54	0.71	45.1	0.01	0.48	0.63	32.5	0.10	0.31	0.41	97.0	0.14
0.81	1.07	56.9	0.03	0.72	0.95	48.7	0.15	0.48	0.64	121.3	0.20
1.07	1.41	65.1	0.04	0.95	1.26	59.9	0.19	0.69	0.91	140.9	0.28
1.32	1.74	71.3	0.07	1.19	1.57	72.1	0.25	0.88	1.16	154.2	0.37
1.58	2.08	76.5	0.10	1.38	1.82	82.1	0.29	1.08	1.42	167.4	0.49
1.84	2.42	79.8	0.15	1.59	2.09	87.9	0.34	1.29	1.69	179.7	0.61
2.11	2.78	83.0	0.18	1.81	2.38	96.4	0.38	1.47	1.94	190.7	0.73
2.37	3.11	86.2	0.21	2.03	2.68	104.2	0.44	1.67	2.20	202.4	0.85
2.63	3.45	89.3	0.26	2.26	2.97	109.5	0.50	1.89	2.49	212.5	0.97
2.88	3.78	91.6	0.29	2.48	3.27	115.6	0.56	2.09	2.74	223.2	1.10
3.11	4.10	94.0	0.35	2.72	3.57	120.2	0.63	2.30	3.02	231.8	1.20
3.38	4.45	96.4	0.41	2.95	3.88	125.9	0.71	2.50	3.29	242.5	1.28
3.62	4.77	98.8	0.45	3.19	4.20	133.9	0.82	2.71	3.56	251.3	1.39
3.88	5.10	100.5	0.50	3.42	4.50	140.7	0.96	2.91	3.83	260.6	1.47
4.12	5.42	101.3	0.55	3.66	4.82	146.3	1.08	3.12	4.11	267.7	1.58
4.39	5.77	102.1	0.58	3.89	5.11	153.0	1.20	3.33	4.38	275.7	1.67
4.62	6.08	103.8	0.60	4.12	5.42	158.1	1.32	3.54	4.66	283.1	1.75
4.87	6.41	104.7	0.60	4.37	5.74	163.2	1.42	3.77	4.95	288.8	1.83
5.12	6.74	106.1	0.58	4.61	6.06	167.8	1.50	3.99	5.25	295.3	1.89
5.37	7.06	107.6	0.57	4.84	6.37	172.6	1.57	4.22	5.55	301.7	1.95
5.61	7.38	108.6	0.56	5.07	6.67	176.4	1.64	4.44	5.85	306.4	2.01
5.87	7.72	109.6	0.55	5.32	7.00	180.3	1.73	4.66	6.13	312.4	2.07
6.11	8.04	110.8	0.54	5.56	7.31	183.7	1.79	4.88	6.43	316.7	2.13
6.35	8.35	111.7	0.53	5.78	7.61	186.4	1.82	5.11	6.73	321.7	2.19
6.62	8.71	112.2	0.53	6.01	7.91	189.5	1.85	5.33	7.02	325.1	2.25
6.87	9.04	112.9	0.51	6.26	8.23	191.7	1.88	5.56	7.31	330.1	2.28
7.12	9.36	114.5	0.50	6.49	8.54	194.3	1.90	5.78	7.61	333.4	2.31
7.37	9.70	115.6	0.48	6.76	8.89	195.8	1.91	6.01	7.91	337.9	2.33
7.62	10.03	116.0	0.47	6.99	9.20	197.2	1.91	6.25	8.22	340.4	2.35
7.88	10.36	116.4	0.47	7.24	9.53	198.3	1.91	6.46	8.50	343.3	2.37
8.12	10.68	116.7	0.47	7.48	9.84	199.8	1.91	6.70	8.82	346.0	2.37
8.40	11.05	117.2	0.47	7.71	10.15	200.2	1.91	6.92	9.10	348.5	2.40
8.63	11.35	117.3	0.47	7.96	10.47	200.9	1.91	7.15	9.41	350.4	2.41
8.89	11.69	117.8	0.47	8.19	10.78	201.6	1.91	7.39	9.73	351.6	2.42
9.12	12.00	118.1	0.47	8.44	11.11	201.6	1.90	7.62	10.03	353.9	2.44
9.38	12.35	118.5	0.47	8.68	11.43	201.9	1.89	7.86	10.34	354.9	2.44
9.62	12.66	118.3	0.46	8.92	11.74	201.9	1.88	8.10	10.66	356.0	2.44
9.87	12.99	118.4	0.46	9.18	12.07	201.4	1.87	8.33	10.96	356.4	2.44
10.10	13.29	118.9	0.44	9.42	12.39	201.1	1.87	8.57	11.27	359.0	2.44
10.34	13.61	119.1	0.44	9.66	12.70	200.4	1.85	8.81	11.59	359.2	2.44
10.55	13.88	118.9	0.43	9.83	12.93	199.8	1.85	9.03	11.89	361.0	2.44
10.75	14.14	118.5	0.43	10.06	13.23	198.8	1.84	9.27	12.20	361.3	2.44
10.94	14.39	118.7	0.42	10.24	13.47	198.6	1.84	9.49	12.49	362.7	2.44
11.14	14.66	118.3	0.42	10.40	13.68	198.1	1.84	9.72	12.79	363.0	2.44
11.36	14.95	118.9	0.41	10.60	13.94	197.2	1.82	9.95	13.09	363.6	2.44
11.50	15.13	118.7	0.39	10.78	14.18	196.3	1.81	10.17	13.39	362.8	2.44
11.75	15.45	118.8	0.37	10.99	14.46	196.0	1.81	10.41	13.69	362.2	2.44
11.94	15.72	119.3	0.35	11.19	14.72	195.1	1.79	10.54	13.87	361.9	2.44

Sperimentatore
Roberto Bracaglia

Direttore
Marco Ferrante

GEORES srl
Via Marittima 406 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

ALLEGATO PROVA TRIASSIALE C.I.D. Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE: 26/10/21	Inizio analisi: 27/09/21
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 413 del 02/09/21		Apertura campione: 23/09/21	Fine analisi: 29/09/21

COMMITTENTE: Ecocantieri S.r.l.
RIFERIMENTO: Comune di Bolano
SONDAGGIO: S6 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 4.00-4.50

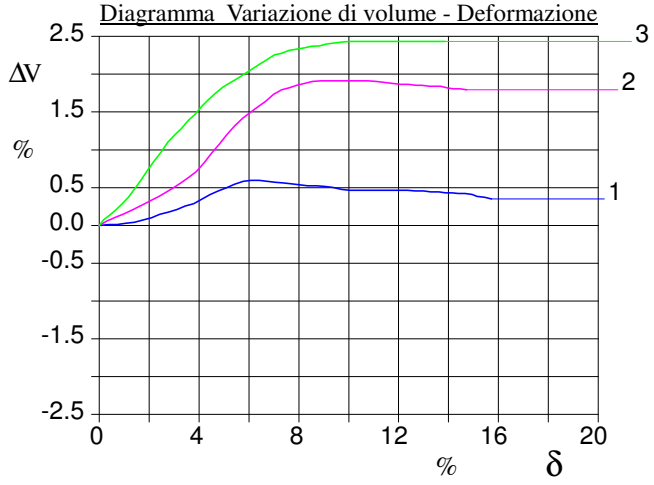
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE C.I.D.

Modalità di prova: Norma Racc. AGI 1994

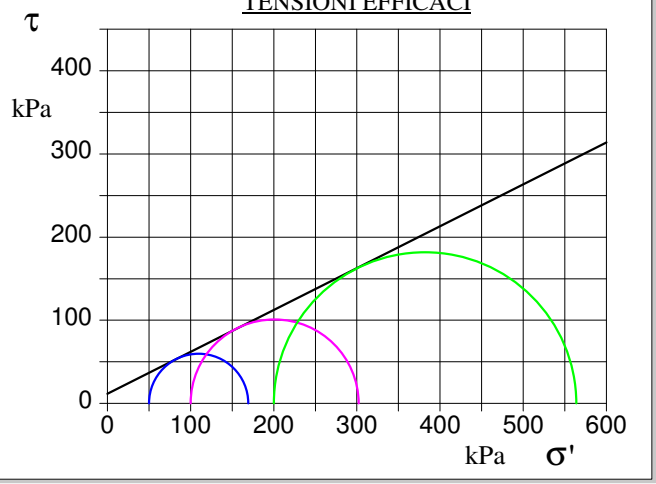
Pr.	Dimensioni		Caratteristiche fisiche				Consolidazione					Valori finali o a rottura				
n°	H_o cm	ϕ cm	γ kN/m³	γ_s	w_o %	S_o %	σ_3 kPa	u_o kPa	σ'_3 kPa	$\Delta V/V$ %	$\Delta H/H$ %	w_f %	δ_f %	$\sigma_1-\sigma_3$ kPa	$\frac{\sigma_1+\sigma_3}{2}$ kPa	$\frac{\sigma_1-\sigma_3}{2}$ kPa
1	7.60	3.80	20.5	2.65	19.4	99.7	350	300	50	0.7	0.0	19.3	15.7	119	110	60
2	7.60	3.80	20.0	2.65	21.1	97.6	400	300	100	3.0	0.1	21.4	11.7	202	201	101
3	7.60	3.80	20.0	2.65	21.0	97.1	500	300	200	4.8	0.2	20.8	13.1	364	382	182

H_o ϕ - Altezza e diametro provini
w_o w_f - Umidità iniziale e finale
γ γ_s - Peso di volume e peso specifico
S - Grado di saturazione
ΔH ΔV - Variaz. di altezza e volume
σ_3/u_o - Press. di cella/Back pressure
δ_f - Deformazione a rottura
σ_1 σ_3 - Tensioni totali

Diagramma Variazione di volume - Deformazione



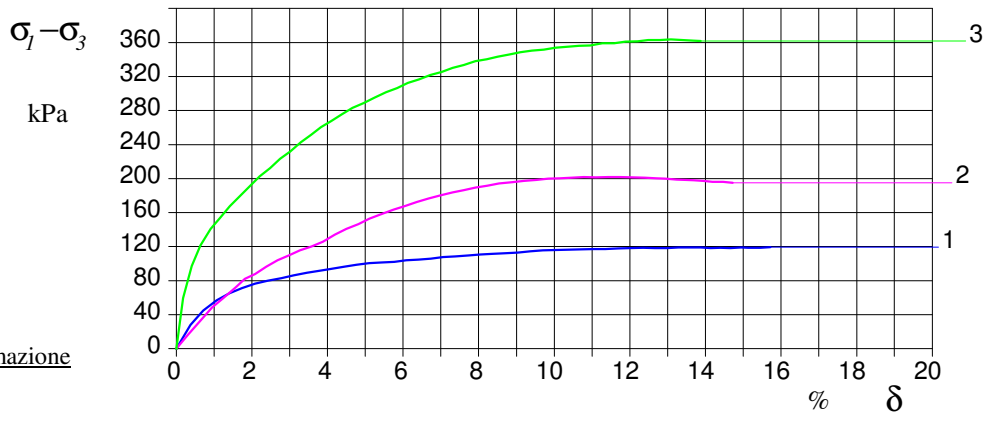
TENSIONI EFFICACI



Velocità di deformazione: 0.008 mm/min

c' = 12 kPa
ø' = 26.7 °

Diagramma
Tensione efficace - Deformazione



Limo con argilla sabbioso e ghiaioso di colore marrone

CAMPAGNA GEOGNOSTICA E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

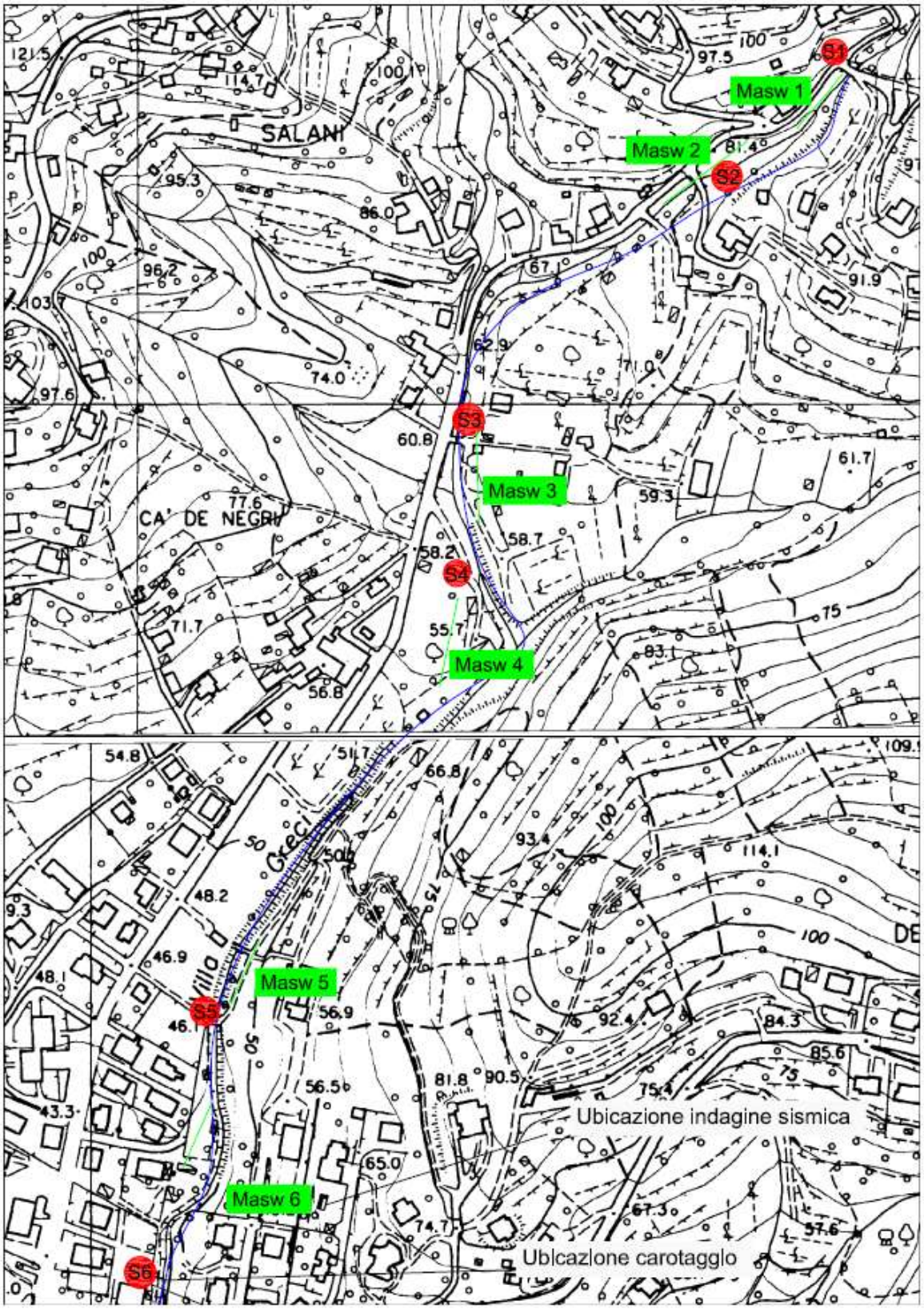


Fig.1 Ubicazione indagini su base CTR



PUNTO 1 - CAROTAGGIO

PUNTO 1 - STESA SISMICA

PUNTO 2- CAROTAGGIO

PUNTO 2 - STESA SISMICA

Fig.2 Ubicazione postazioni 1 e 2 su ortofoto satellitare



PUNTO 3 - CAROTAGGIO

PUNTO 3 - STESA SISMICA

PUNTO 4 - CAROTAGGIO

PUNTO 4 - STESA SISMICA

Fig.3 - Ubicazione postazioni 3 e 4 su ortofoto satellitare



Fig.4 - Ubicazione postazioni 5 e 6 su ortofoto satellitare

POSTAZIONE 1



Foto 1 – *Ubicazione sondaggio S1*



Foto 2 – *Ubicazione stendimento sismico S1*



Foto 3 - *Cassetta catalogatrice S1 da p.c. a 5 metri*

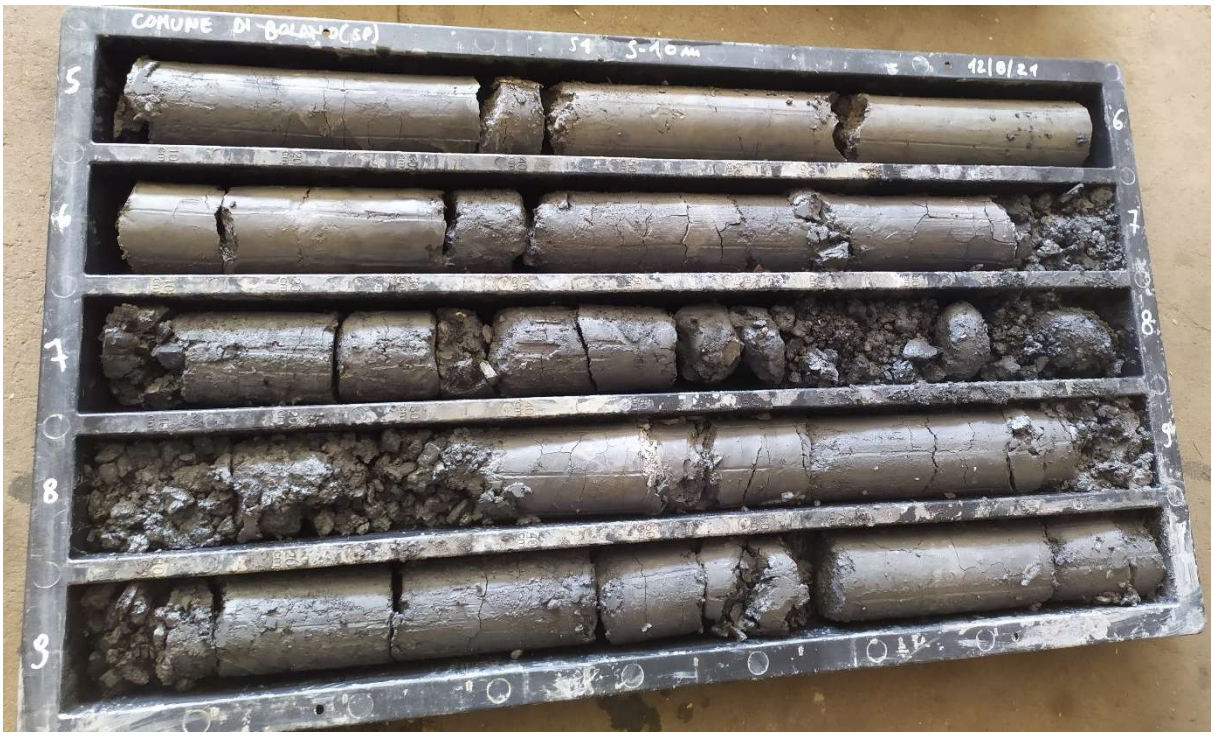


Foto 4 - *Cassetta catalogatrice S1 da 5. a 10 metri*



Foto 5 - *Cassetta catalogatrice S1 da 10 metri a 13,8 metri*

POSTAZIONE 2



Foto 6 – *Ubicazione sondaggio S2*



Foto 7 - *Ubicazione stendimento sismico S2*



Foto 8 - *Cassetta catalogatrice S2 da p.c a 5 metri*



Foto 9 - *Cassetta catalogatrice S2 da 5 metri a 10 metri*



Foto 10 - *Cassetta catalogatrice S2 da 10 metri a 13 metri*

POSTAZIONE 3



Foto 11 – *Ubicazione sondaggio S3*



Foto 12 *– Ubicazione stendimento sismico S3*



Foto 13 - *Cassetta catalogatrice S3 da p.c a 5 metri*

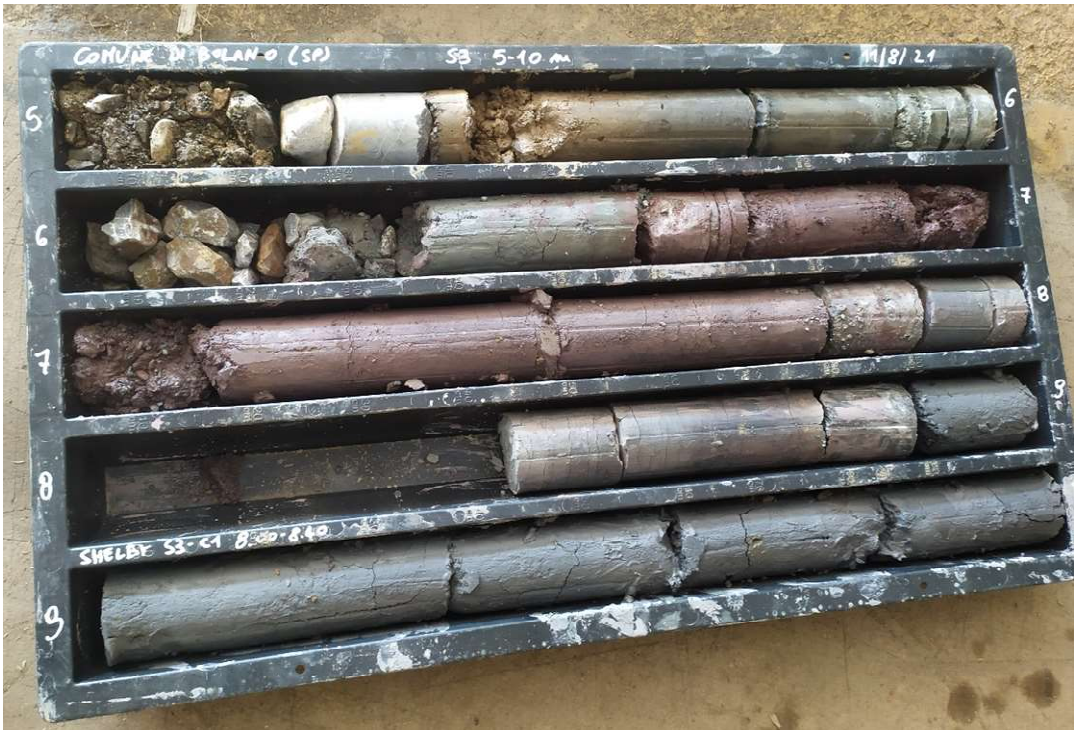


Foto 14 - *Cassetta catalogatrice S3 da 5 a 10 metri*



Foto 15 - *Cassetta catalogatrice S3 da 10 a 13 metri*

POSTAZIONE 4



Foto 16 – *Ubicazione sondaggio S4*



Foto 17- *Ubicazione stendimento sismico S4*



Foto 18 - *Cassetta catalogatrice S4 da p.c a 5 metri*

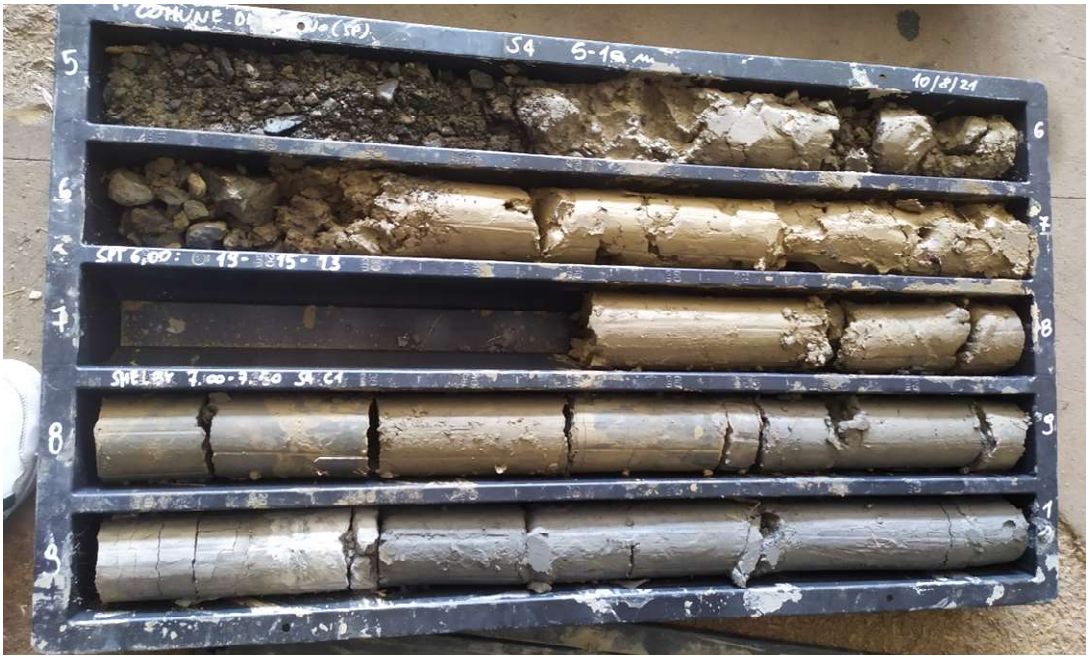


Foto 19 - *Cassetta catalogatrice S4 da 5 a 10 metri*



Foto 20 - *Cassetta catalogatrice S4 da 10 a 13 metri*

POSTAZIONE 5



Foto 21 – *Ubicazione stendimento sismico S5*



Foto 22 - *Cassetta catalogatrice S5 da p.c a 5 metri*



Foto 23 - *Cassetta catalogatrice S5 da 5 a 10 metri*



Foto 24 - *Cassetta catalogatrice S5 da 10 a 15 metri*

POSTAZIONE 6



Foto 25 - *Ubicazione sondaggio S6*



Foto 26 - *Ubicazione stendimento sismico S6*



Foto 27 - *Cassetta catalogatrice S5 da p.c a 5 metri*

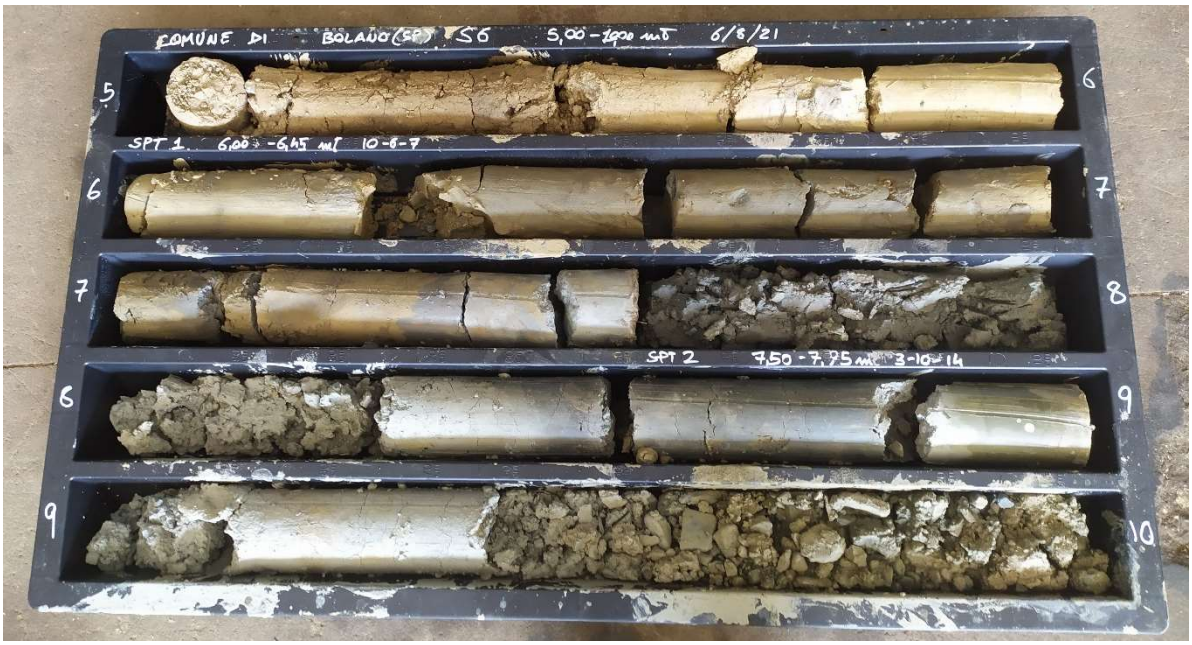


Foto 28 - *Cassetta catalogatrice S5 da 5 a 10 metri*



Foto 29 - *Cassetta catalogatrice S5 da 10 a 15 metri*