



COMUNE DI TERNI
PROVINCIA DI TERNI



Unione Europea
NextGenerationEU

Intervento finanziato dall'Unione Europea
NextGenerationEU

**ADEGUAMENTO SISMICO
DEL COMPLESSO SCOLASTICO "LE GRAZIE" EDIFICI B-C
VIA DEI CICLAMINI 1 - TERNI**

Finanziato dall'Unione Europea - NextGenerationEU

Proprietà: Comune di Terni
Responsabile Unico del Procedimento: geom. Stefano Fredduzzi

RELAZIONE GEOLOGICA

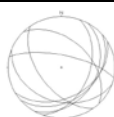
PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

 <p>CITTA FUTURA via S. Chiara, 9 – 55100 Lucca tel. 0583/490920 – Fax 490921 E. mail: posta@cittafutura.com</p>		EMISSIONE 01/09/2022
		REVISIONE
		FASCICOLO RG01
Responsabile integrazione prestazioni specialistiche:	ing. Alfredo Alunni-Macerini	Produzione: dott. Paolo Bartoccini
Progetto architettonico:	arch. Cristiana Brindisi ing. Nubia Salani ing. Alessio Bellucci arch. Elena Carnaroli	
Strutture:	ing. Andrea Alunni-Macerini Ing. Marco Andreoni	Verifica: dott.ssa Roberta Giorgi
Impianti:	ing. Alfredo Alunni-Macerini	
Impianti meccanici:	ing. Gian Piero Calissi	Approvazione: ing. Alfredo Alunni-Macerini
Impianti elettrici ordinari e speciali - Acustica:	dott.per.ind. Davide Possamai	
Prevenzione incendi - Energetica:	ing. Chiara Calissi	
Coordinamento Sicurezza:	ing. Paolo Amadio	
Rilievi:	geom. Alfredo Antonelli	
Geologia:	dott.ssa Roberta Giorgi dott. Paolo Bartoccini	

1.0 PREMESSA.....	3
1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI	3
1.2 FINALITA' E METODOLOGIA DI STUDIO	3
1.3 ELABORATI E ALLEGATI	4
2.0 STUDIO GEOLOGICO GENERALE	5
2.1 CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (§ 6.2.1 NTC' 18)	5
2.1.1 Geomorfologia e Geologia di Area Vasta	5
2.1.2 Dati sulla Franosità della Zona	6
2.1.3 Idrogeologia di Area Vasta	6
2.2 GEOMORFOLOGIA, IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA DI AREA RISTRETTA	8
2.2.1 Geomorfologia e Geologia del Sito Progettuale	8
2.2.2 Idraulica del Sito Progettuale	8
2.2.3 Idrogeologia del Sito Progettuale	8
2.2.4 Analisi Cartografia di Piano di Bacino (PAI Fiume Tevere)	8
2.2.5 Vincoli di Normativa	8
3.0 MODELLAZIONE GEOLOGICA (§ 6.2, § 6.2.1, § 6.12.1 NTC 2018).....	9
3.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE CONDOTTE E STANDARD DI RIFERIMENTO	9
3.1.1 Prove Penetrometriche Statiche Continue	9
3.1.1.2 Prelievo di campione di terreno	10
3.1.2 Analisi Geomeccaniche di Laboratorio	10
3.2 SINTESI DELLE ANALISI CONDOTTE	11
3.2.1 Modello Geologico e Idrogeologico di Sito per Verifiche Geotecniche	11
3.2.2 Modello Litotecnico di Sito per Verifiche Geotecniche	12
3.3 CONSIDERAZIONI SULLA CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA	13
3.4 ELEMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI INSTABILITA' E PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL SITO	13
3.4.1 Prescrizioni Tecniche	13
4.0 MODELLAZIONE SISMICA	14
4.1 FINALITA' E METODOLOGIA DI STUDIO	14
4.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA	14
4.2.1 Classificazione Sismica	14
4.2.2 Sismicità Storica (Catalogo CPTI15)	15
4.2.3 Sismicità Attuale (Archivio ISIDe)	16
4.2.4 Strutture e Faglie Sismogenetiche	17
4.2.4.1 Progetto IT.HA.CA	17
4.2.4.2 Progetto DISS	17
4.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	18



4.3.1 Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica - V_R	18
4.3.2 Coordinate Geografiche (WGS84 - ED 50).....	18
4.3.3 Parametri della Pericolosità Sismica di Base.....	19
4.3.4 Scenario Sismico di Riferimento.....	20
4.4 AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	20
4.4.1 Indagini Geofisiche Dedicate e Standard di Riferimento.....	20
4.4.2 Risultati Analisi Congiunta Dati Geofisici.....	20
4.4.2.1 Modello Sismo-Stratigrafico (Profilo V_s) di Sito per Verifiche Geotecniche.....	21
4.4.3 Scelta dell'Approccio Semplificato per la Valutazione della RSL.....	22
4.4.3.1 Calcolo della $V_{s,EQUIVALENTE}$ ($V_{s,30}$).....	22
4.4.3.2 Condizione topografica.....	22
4.4.3.3 Spettri Elastici e Coefficienti Sismici di Progetto.....	23
4.4.3.3.1 SLD.....	23
4.4.3.3.2 SLV.....	23
4.5 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE.....	24
4.6.1 Verifica a liquefazione "Livello Geologico-Litotecnico 3" - "Sismostrato 5".....	26
4.6.2 Verifica a liquefazione "Livello Geologico-Litotecnico 4" - "Sismostrato 5".....	26
5.0 GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO (TRS).....	27
6.0 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI.....	28



1.0 PREMESSA

Su incarico della Soc. Città Futura Soc. Coop. è stata redatta la presente **RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA, DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E DI MODELLAZIONE SISMICA** per il progetto di:

“ADEGUAMENTO SISMICO DEL COMPLESSO SCOLASTICO “LE GRAZIE”, EDIFICI B-C”

edificio sito nel Comune di Terni (TR), loc. Terni, Via dei Ciclamini, 1, su area censita al NCEU al Foglio n. 136 Particelle 163-254-257.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente è redatta in conformità a quanto previsto:

- dal DPR 380/01 smi,
- dalle Nuove NTC 2018 (DM 22/02/2018),
- della Circolare Ministeriale 7/2019,
- dalla L.R. 01/2015 smi,
- dalla DGR Umbria 304/2015,
- *Standard minimo per la Relazione Geologica ai sensi delle NTC 2008 di cui alla DELIBERA DI CONSIGLIO N. 37/11 DEL 11/07/2011 dell'O.R.G. Umbria.*

1.2 FINALITÀ E METODOLOGIA DI STUDIO

Il presente studio si prefigge di riconoscere:

- a piccola scala (AREA VASTA), gli eventuali processi geomorfologici, idrogeologici, idraulici e sismici che possono interessare il sito progettuale ed interferire con la stabilità generale dell'area, nello stato attuale e futuro, sulla base di dati bibliografici e cartografie tematiche di pianificazione territoriale esistenti;
- a grande scala (AREA RISTRETTA), il modello geologico, litotecnico, idrogeologico e geofisico specifico di sito mediante campagna di indagine geognostica dedicata.

Gli esiti di tali studi determineranno le caratteristiche litostratigrafiche, litotecniche ed idrogeologiche dei terreni, suggerendo, se necessario, gli interventi:

- di natura geologico-geomorfologica ed idrogeologica necessari alla stabilità geotecnico-strutturale delle opere da realizzare e del volume significativo da esse perturbate, sia in fase edificatoria esecutiva (transitoria) che di esercizio (post operam), in condizioni statiche e dinamiche;
- di regimentazione superficiale e profonda delle acque meteoriche nelle specifiche aree progettuali.



1.3 ELABORATI E ALLEGATI

Si allegano alla presente relazione:

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO GENERALE

- TAVOLA 1: Corografia topografica, scala 1:25.000 (IGM F.138, IV SE – Terni)
 TAVOLA 2: CTR, scala 1:10.000 (Sezione 346-080 Terni)
 TAVOLA 3: Ortofotocarta, scala 1:5.000 (Sezione 346-080 Terni, volo anno 2017)

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO DI DETTAGLIO

- TAVOLA 4: Planimetria catastale, scala 1:1.000 (Foglio n. 136 - Particelle 163-254-257 Comune di Terni)

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E DI DETTAGLIO

- TAVOLA 5: Estratto A - Carta Geologica, Estratto Tavola G1 A3-g, Variante Parziale al PRG a contenuto complesso, approvato il 07/10/2019 (scala 1:10.000)
 Estratto B - Carta Geologica Regionale di dettaglio scala 1:5.000 (Sez. 346-080 Terni su base foto aerea Google Earth)

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

- TAVOLA 6: Estratto A - Ambiti degli Acquiferi di Rilevante Interesse Regionale e punti di Approvvigionamento Idrico della Rete Aquedottistica Regionale, Regione dell'Umbria Carta N45, Piano Urbanistico Territoriale PUT, scala 1:100.000.

VINCOLI GEOTEMATICI DI NATURA NORMATIVA

- TAVOLA 7: Estratto A - PAI Fiume Tevere, Assetto Idraulico
"Fasce Fluviali e Zone a Rischio del Reticolo Principale", Tav. 27, scala 1:10.000
 Estratto B - PAI Fiume Tevere, Assetto Idraulico
"Fasce e Rischio sul Reticolo Secondario e Minore", Tav. Pb96, Fosso Valenza, scala 1:10.000

- TAVOLA 8: Estratto A - TAVOLA PAI da PRG del Comune di Terni
"Fasce e Rischio Reticolo Secondario", Fosso Valenza, scala 1:5.000

- TAVOLA 9: Estratto A - PAI Fiume Tevere, Assetto Geomorfologico
"Carta Inventario fenomeni franosi", Tav. 132/304
 Estratto B - Progetto IFFI, *"Inventario dei fenomeni franosi in Italia"* stralcio aerofotogrammetrico

CARTA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

- TAVOLA 10: Elaborato A - Pianta coperture con ubicazione delle indagini geologiche e geofisiche scala 1:500

MODELLO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E LITOTECNICO DI SITO PER VERIFICHE GEOTECNICHE

- TAVOLA 11: Elaborato A - Sezione geologica, idrogeologica e litotecnica "X - X'", scala 1:200

ALLEGATI DI PROGETTO (A FINE RELAZIONE)

REPORT PROVE IN SITO

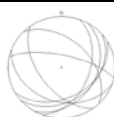
- Allegato 1: Certificati prove penetrometriche statiche "CPT" cpt1, cpt2, cpt3, documentazione fotografica e parametri geotecnici.

REPORT ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

- Allegato 2: Analisi di laboratorio Campione CPT1-C1.

REPORT INDAGINI GEOFISICHE

- Allegato 3: Report indagine geofisiche attive multicanale in onde di Rayleigh (ZVF), MW 1 ed indagini geofisiche passive a stazione singola, HV 1 (con analisi congiunta dati MW 1 - HV 1).



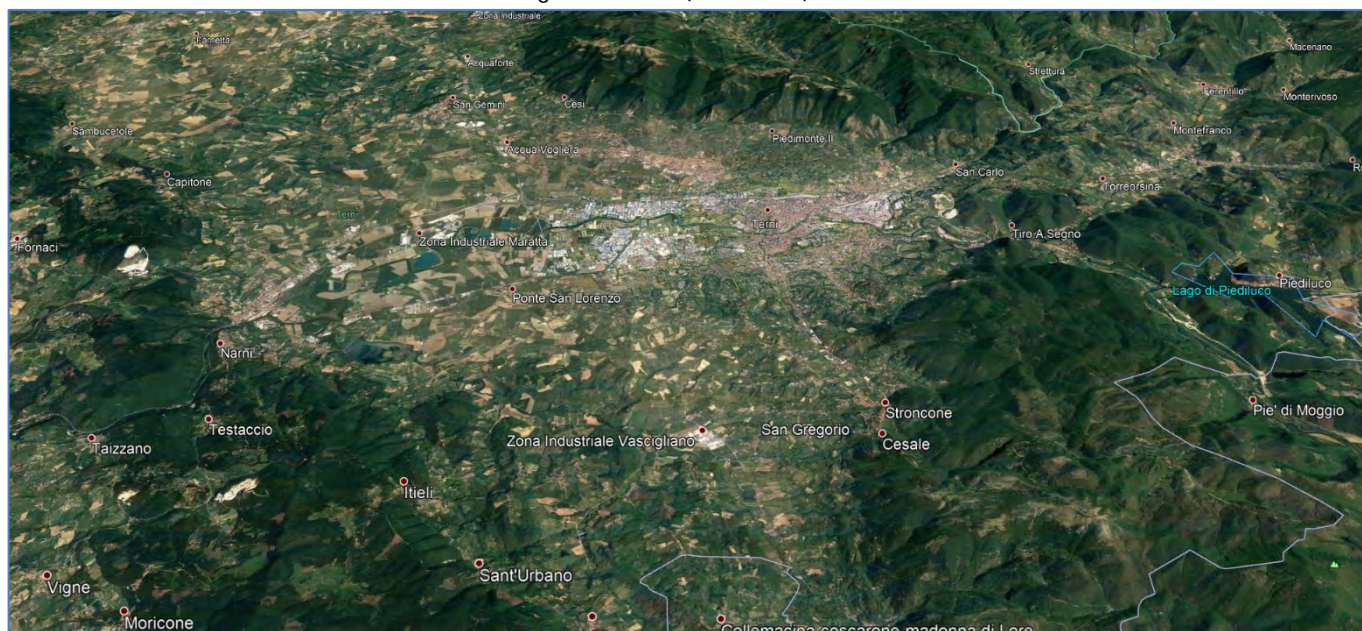
2.0 STUDIO GEOLOGICO GENERALE

2.1 CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (§ 6.2.1 NTC' 18)

2.1.1 GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA DI AREA VASTA

L'area in studio si colloca all'interno della Conca Ternana, classica depressione endoreica intramontana pianeggiante tipica dell'area pre-appenninica ed appenninica centrale, di chiara origine tettonica (*graben*).

Il bacino è delimitato ai lati da dorsali carbonatiche di elevazione compresa tra gli 800-1.000 slm (*horst* o pilastri tettonici), e fasce detritiche di raccordo; presenta una forma grossolanamente poligonale, allungata in direzione NE, ed una estensione di circa 100 Km² (**Tavola 1**). La morfologia attuale è il risultato di un chiaro e forte controllo strutturale prodotto dall'attività tettonica distensiva plio-pleistocenica (e ancora attuale) in cui le principali dislocazioni dirette e/o faglie bordiere di importanza regionale hanno disarticolato ribassandolo il basamento carbonatico della serie Umbro Marchigiana. Il fiume Nera costituisce l'elemento morfologico principale di evoluzione geodinamica della valle. Le quote altimetriche della conca sono comprese tra m 90-150 slm e tendono a diminuire in asse al talweg del F. Nera (da E ad W).



La depressione, formatasi in seno alla tettonica distensiva plio-pleistocenica, è stata dapprima colmata parzialmente da depositi continentali di tipo deltizio e fluvio-lacustre (paleo conoide di Terni e antico lago Tiberino) e, dopo lo svuotamento, da depositi di tipo alluvionale (nel fondovalle) con coni e/o fasce detritiche di raccordo lungo i bordi laterali (Pleistocene Sup. - Olocene). L'elemento attuale di evoluzione morfologica dell'area è, come detto, il fiume Nera che con i suoi depositi tende a colmare la porzione centrale della depressione; gli spessori dei termini alluvionali sono dell'ordine dei 10-50 m circa e sono costituiti da prevalenti litotipi granulari (sabbie e ghiaie); le potenze e spessori di tali depositi progressivamente diminuiscono passando da E (area di Terni) ad W (zona di Narni Scalo). Al di sotto dei depositi alluvionali sono presenti depositi continentali di origine lacustre e fluvio-lacustre (Pliocene e Pleistocene) costituiti da conglomerati con subordinati livelli di limi argillosi compatti riferibili alla paleo-conoide di Terni; per tali terreni i dati bibliografici evidenziano sempre una diminuzione di granulometria passando da E verso W, con scomparsa dei litotipi conglomeratici verso la porzione centro-occidentale della conca, sostituiti dalle argille e limi grigi compatti (ambiente lacustre).



Il bed-rock geologico locale riferibile alla serie calcareo-marnosa Umbro-Marchigiana, nell'area orientale della conca sono presenti entro m 80-140 dal p.c., mentre raggiungono profondità ben superiori attraversando la conca verso W (per effetto di dislocazioni tettoniche prodotte dall'azione di sistemi di faglie dirette).

2.1.2 DATI SULLA FRANOSITÀ DELLA ZONA

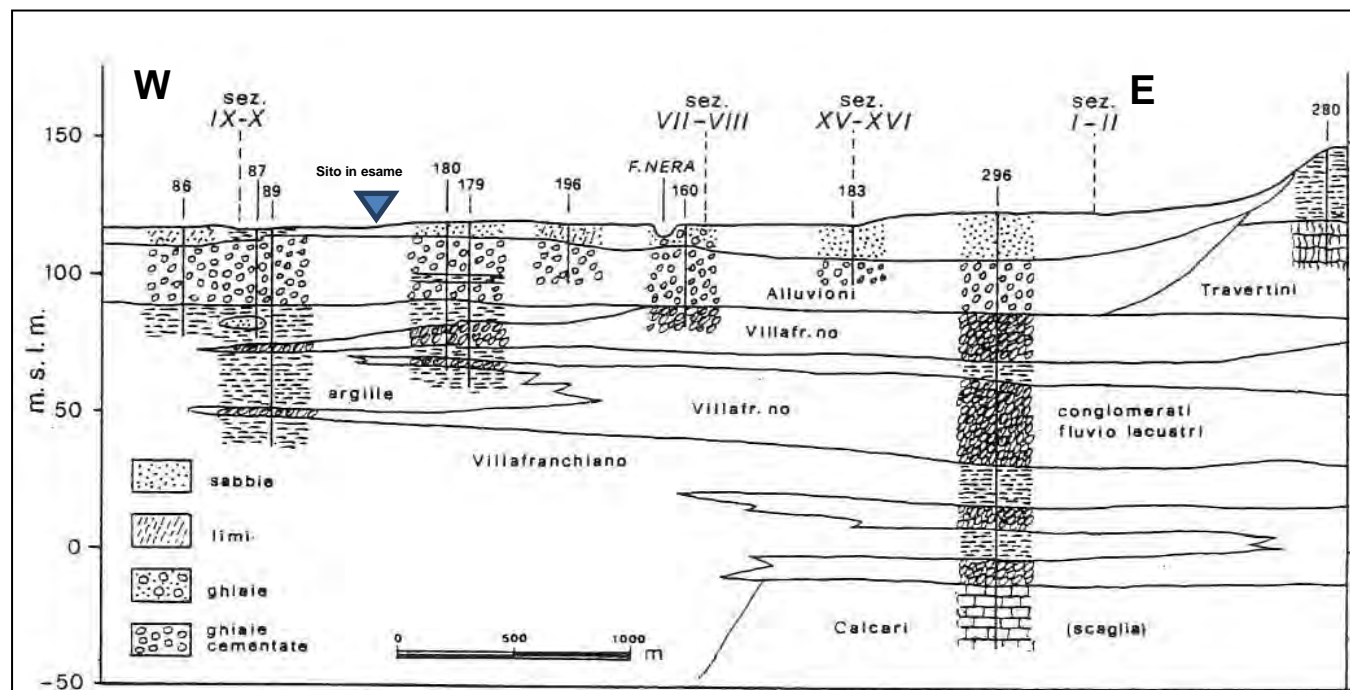
La favorevole posizione morfologica e clivometrica del sito, la consultazione di cartografie geotematiche sul rischio di frana di cui agli estratti di **TAVOLA 5** e **TAVOLA 9**, gli esiti del rilievo geomorfologico generale di superficie, evidenziano che l'area oggetto di analisi non risulta interessata da frane inattive e/o relitte, quiescenti e attive.

2.1.3 IDROGEOLOGIA DI AREA VASTA

La parte centro orientale della conca ternana (in cui ricade l'area di progetto), è caratterizzata dalla presenza di più corpi acquiferi sovrapposti e forse collegati idraulicamente. Il corpo acquifero superficiale principale di natura alluvionale è riferibile al F. Nera e risulta costituito da terreni a prevalente granulometria medio-grossolana già in superficie, con spessori che passano da oltre 30 m (area E, ossia presso la città di Terni) fino a pochi metri e/o con falda sub-affiorante in prossimità della porzione W della conca (area Narni Scalo).

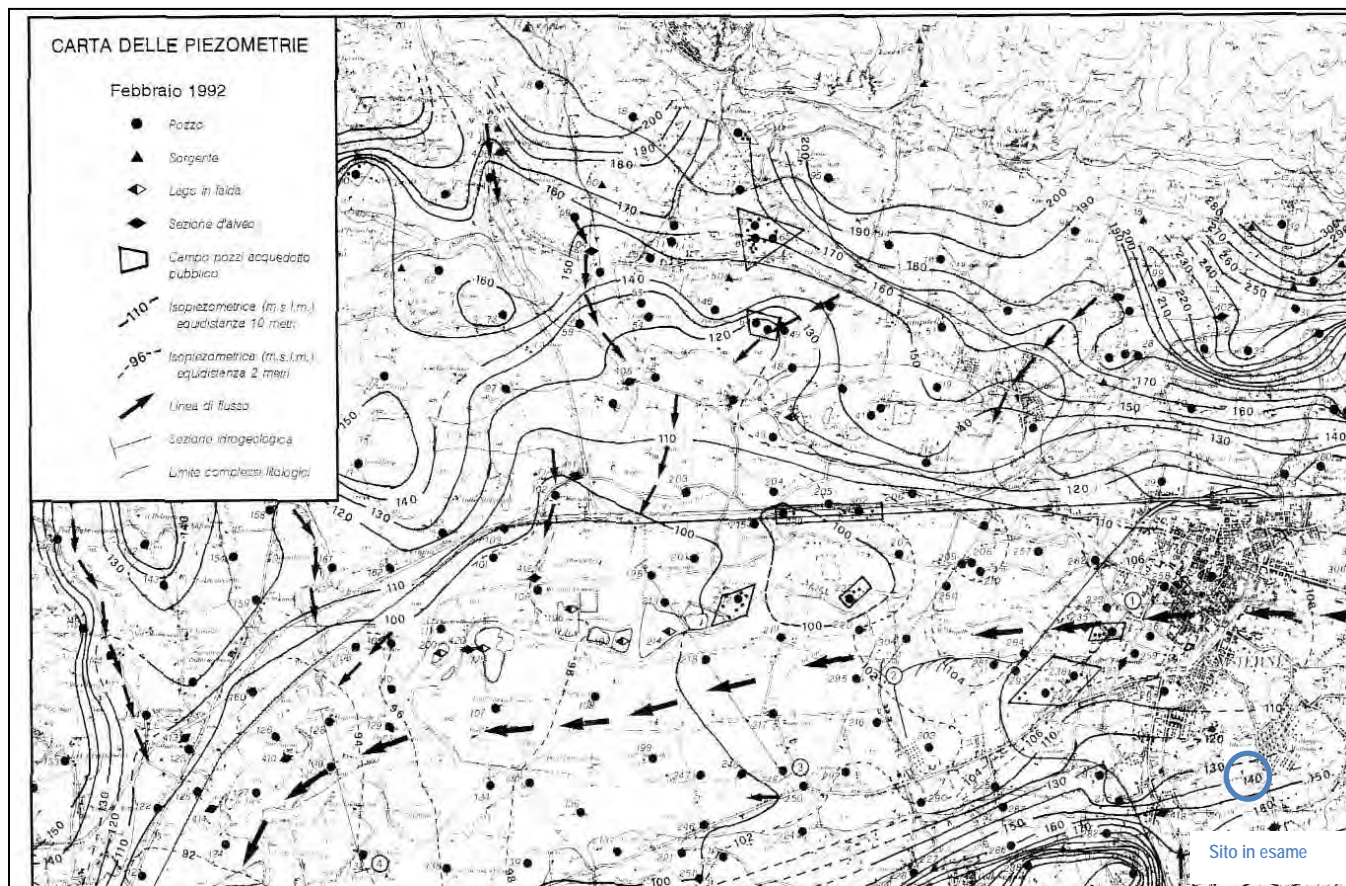
I terreni del corpo acquifero superficiale poggiano su altri depositi grossolani più antichi di tipo conglomeratico e natura deltizio-fluviale e lacustre, databili al Plio-Pleistocene (conoide di Terni), saturi, con spessori anche superiori a m 100; questi litotipi sono intervallati da livelli argillo-limosi con scarsa continuità laterale e geometria lentiforme, cosicché tutto il corpo può essere considerato come un unico livello e/o strato. L'acquifero in oggetto poggia, sotto a m 120-130 dal p.c., su un terzo corpo acquifero costituito dai litotipi calcarei in stato fratturato della serie calcareo marnosa Umbro-Marchigiana.

Passando invece verso la porzione W della conca i livelli conglomeratici del secondo corpo acquifero tendono a scomparire con incremento e quasi esclusiva presenza dei livelli argillo-limosi, mentre per effetto di dislocazioni tettoniche il terzo corpo acquifero raggiunge profondità superiori a 250 m.



Nella porzione E della conca il ridotto spessore del non saturo superficiale (5-20 m), le caratteristiche di permeabilità da elevata a estremamente elevata, oltre che l'uso a cui la risorsa è destinata (uso potabile per consumo umano) rendono l'acquifero a **vulnerabilità da elevata ad estremamente elevata (TAVOLA 6)**.

Per l'assetto piezometrico ed idrogeologico locale si è fatto riferimento alla carta piezometrica allegata alla pubblicazione del GNDI – CNR sulla vulnerabilità degli acquiferi della conca ternana e sotto riportata.



La visione d'insieme evidenzia una disposizione abbastanza regolare delle isopieze: subparallele ai limiti idrogeologici della piana in corrispondenza dei bordi settentrionale ed orientale e perpendicolari alle direzioni di massimo allungamento vallivo, con marcata concavità verso E nella parte centrale. Il flusso principale nella Conca Ternana ha direzione E – W con gradiente idraulico che varia da 0.5% (alla periferia di Terni) a 0.1% (nella zona di Maratta Alta); verso Narni si ha un incremento del gradiente fino a circa l' 1%.

L'andamento della superficie piezometrica nella zona limitrofa al F. Nera, permette di ipotizzare i rapporti di scambio tra fiume e falda alluvionale libera. Infatti, nel tratto in cui il F. Nera attraversa l'abitato di Terni, l'alveo fluviale risulta sospeso di almeno 15 m rispetto alla sottostante falda alluvionale, con conseguenti perdite idrauliche ed alimentazioni dal sub-alveo verso l'acquifero.



2.2 GEOMORFOLOGIA, IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA DI AREA RISTRETTA

2.2.1 GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA DEL SITO PROGETTUALE

Come visibile in **TAVOLA 1**, **TAVOLA 2**, **TAVOLA 3** e **TAVOLA 4** l'edificio in esame si colloca nella zona S dell'abitato di Terni ed insiste, a livello morfologico, su terrazzo di natura alluvionale. L'assetto originario dei luoghi risulta ad oggi quasi totalmente compromesso a causa dell'elevata antropizzazione dell'area. La quota topografica è di circa m 156 slm mentre le pendenze di poco inferiori all' 1% verso nord (area pianeggiante).

I terreni che costituiscono il livello fondale dell'edificio (**TAVOLA 5**) sono riferibili a **Depositi Alluvionali Terrazzati del F. Nera (Pleistocene - Olocene)** costituiti da prevalenti limi con argilla sabbioso, sabbie, sabbie limose presenti per spessori compresi tra m 10-15 dal p.c.; tali terreni sovrastano altri depositi alluvionali a granulometria più grossolana e costituiti da prevalenti ghiaie in matrice sabbiosa, talora prevalente, presenti fino a circa m 50.00 dal p.c. e sedi di falda freatica.

I depositi alluvionali del F. Nera poggiano a loro volta su depositi fluvio-lacustri (Villafranchiano s.l.) riferibili al **Sintema di Todi, Sub-Sintema di S. Maria di Ciciliano, Litofacies della Madonna dei Bagni (CGS – TOD2b, Pleistocene inf.)** costituiti da ghiaie e conglomerati eterometrici in matrice sabbiosa fortemente addensati, con intercalazione di limi sabbioso-argillosi compatti; sono presenti fino a circa 120-170 m dal p.c. dove poggiano, per contatto discordante, sui litotipi del bedrock geologico locale, (calcari e calcareo-marnosi stratificati della serie Umbro-Marchigiana).

2.2.2 IDRAULICA DEL SITO PROGETTUALE

Nell'area oggetto di studio vi è la presenza di numerosi corsi d'acqua minori (Fossi e Canali) i quali sono affluenti in sinistra del Fiume Nera intubati in concomitanza con gli attraversamenti stradali e/o ferroviari.

Il principale di questi è il F.sso Valenza che scorre a est dell'area in studio e presenta un andamento più o meno lineare ed in quale si sviluppa dalle aree collinari a sud verso i settori nord del Centro Abitato di Terni.

2.2.3 IDROGEOLOGIA DEL SITO PROGETTUALE

Le indagini geognostiche svolte mediante prove penetrometriche statiche (CPT1, CPT2, CPT3) hanno permesso di individuare un primo livello di falda superficiale costante per tutta l'area di studio a m -5.50 dal pc.

2.2.4 ANALISI CARTOGRAFIA DI PIANO DI BACINO (PAI FIUME TEVERE)

L'analisi della cartografia dedicata al rischio idraulico e geomorfologico prodotta dall'Autorità di Bacino del F. Tevere, mostra che il sito **progettuale** è **posto**:

- **ALL'INTERNO** del rischio idraulico per esondazioni e/o allagamenti, come visibile nelle cartografie tecniche del Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere (P.A.I. - Autorità di Bacino del F. Tevere) "Fasce e Rischio sul Reticolo Secondario e minore" (TAV. Pb96 Fosso Valenza). L'area in oggetto rientra all'interno dell'area di rischio R3, fascia idraulica "B".
- **ESTERNA** alle aree con rischio di frana per presenza di frane attive e/o quiescenti,

il tutto come visibile negli allegati tematici di **TAVOLA 7 ESTRATTO B**, **TAVOLA 8** e **TAVOLA 9**.

2.2.5 VINCOLI DI NORMATIVA

Non sono stati riscontrati altri vincoli di natura geologica, idrogeologica e geotematica in genere ostativi per gli interventi in progetto proposti.



3.0 MODELLAZIONE GEOLOGICA (§ 6.2, § 6.2.1, § 6.12.1 NTC 2018)

3.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE CONDOTTE E STANDARD DI RIFERIMENTO

A corredo degli interventi in progetto, è stata eseguita una campagna d'indagine geognostica dedicata che ha permesso:

- la caratterizzazione litostratigrafica, litotecnica ed idrogeologica dei terreni interessati dai piani fondali esistenti (e/o di progetto) oltre che del volume geologico significativo per fini geotecnici,
- l'evidenza di possibili criticità locali di natura geologica, geomorfologica e/o idrogeologica.

Nella tabella sottostante è riportata il tipo di indagine eseguite con le relative massime profondità raggiunte:

INDAGINI GEOGNOSTICHE DEDICATE			
TIPO INDAGINE	Quantità	SIGLA	PROFONDITA' da p.c. (m)
PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CONTINUE "CPT"	N. 3	CPT1	0.00-10.00
		CPT2	0.00-10.00
		CPT3	0.00-10.00

In **TAVOLA 9** è riportata l'ubicazione planimetrica dei punti di indagine, mentre in **Allegato 1** è consultabile la specifica documentazione fotografica.

Le indagini sono state tutte realizzate dalla ditta Terra S.n.c..

3.1.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CONTINUE

Le prove penetrometriche statiche sono state effettuate mediante l'utilizzo di un penetrometro semovente superpesante "PAGANI TG 73-200 kN". Le caratteristiche del penetrometro utilizzato, la modalità di svolgimento delle prove secondo norma ed i dati numerici acquisiti sono consultabili in **Allegato 1**.

I certificati delle prove penetrometriche statiche svolte (CPT1, CPT2, CPT3), l'ubicazione delle stesse, la documentazione fotografica, l'interpretazione della successione stratigrafica nonché dei parametri geotecnici sono consultabili in **Allegato 1**.

Tutte le indagini hanno evidenziato la presenza di un **LIVELLO 1** caratterizzato da un terreno vegetale e/o riporto rappresentato da limi argillosi sabbiosi più o meno essiccati e pietrisco eterogenico a spigoli vivi in matrice sabbioso-limosa come si evidenzia anche dai parametri geotecnici desunti.

Al di sotto, in accordo con la dinamica deposizionale alluvionale tipica dell'area di studio, è presente un **LIVELLO 2** a comportamento misto, caratterizzato da limo con argilla sabbioso il quale passa verso il basso ad un **LIVELLO 3** a comportamento prevalentemente attritivo con presenza di limo sabbioso deb. argilloso. Le indagini svolte si concludono con la presenza di un **LIVELLO 4** a comportamento attritivo caratterizzato da sabbie limose deb. ghiaiose a probabile andamento lenticolare.

Durante il corso delle indagini si è inoltre provveduto ad eseguire (nel punto della prova penetrometrica CPT1) il:

- prelievo di n.:1 campione di terreno da sottoporre ad analisi geotecniche di laboratorio.



3.1.1.2 Prelievo di campione di terreno

Nell'ambito delle indagini penetrometriche è stato prelevato n.1 campione di terreno per determinazioni di tipo geomeccanico. Nel punto d'indagine della prova CPT1 è stato prelevato un campione per analisi di laboratorio. Per il prelievo, è stato utilizzato un campionatore a pistone retrattile, dotato di fustella in acciaio inox con scarpa tagliente, del diametro interno di 88.1 mm. Arrivati alla profondità richiesta è stato fatto risalire il pistone fino a fine corsa per poi infiggere nel terreno la fustella in acciaio, riempiendola così parzialmente di terreno. Il campione prelevato, è stato sottoposto alle determinazioni geotecniche di seguito riportate per determinarne, mediante esecuzione di analisi geotecniche di laboratorio:

- le proprietà indice,
- le caratteristiche geomeccaniche, di resistenza e deformabilità,

Prova Penetrometrica	Sigla campione	Profondità (m da p.c.)
CPT1	CPT1-C1	1.40-1.70

3.1.2 ANALISI GEOMECCANICHE DI LABORATORIO

La tabella riassuntiva sottostante riporta le modalità e le profondità di prelievo del campione (indisturbato), oltre che alle determinazioni di laboratorio a cui è stato sottoposto.

Le analisi sono state eseguite per parametrizzare, a livello litotecnico, il **LIVELLO 2**. Le determinazioni e certificazioni sul campione prelevato è stato effettuato da laboratorio geotecnico autorizzato dal MIT-CSLP con Concessione Ministeriale 10324 del 29/10/2012 (Laboratorio Terra s.n.c.), e sono consultabili in **Allegato 2**.

PROVA PENETROMETRICA					
CAMPIONE					
R - roccia T - terra					
PROFONDITA' DI PRELIEVO					
CONTENITORE CAMPIONE					
GRADO DI QUALITA' CAMPIONE (AGI 1977)					
CPT1	C1	T	1.40-1.70	F	Q5

TIPO CAMPIONE	I	INDISTURBATO
	R	RIMANEGGIATO
CONTENITORE CAMPIONE	F	FUSTELLA ACCIAIO INOX
	Pz	SPEZZONE DI CAROTA

ANALISI GEOTECNICHE ESEGUITE						
peso di volume naturale norma ASTM D 1178	contenuto naturale in acqua norma ASTM D 2216	Analisi granulometrica per setacciatura Norma ASTM D 4220	Limiti di Atterberg Norma ASTM D 4318	Limite di Ritiro Norma ASTM D 427	prove di taglio diretto CD (Scatola di Casagrande) norma ASTM D 3080	Prove edometrica Norma ASTM D 2345
X	X	X	X	-	X	-

Tabella 12.4: Classi di qualità dei campioni

Caratteristiche geotecniche determinabili	Grado di qualità				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
a) profilo stratigrafico	X	X	X	X	X
b) composizione granulometrica		X	X	X	X
c) contenuto d'acqua naturale			X	X	X
d) peso di volume				X	X
e) caratteristiche meccaniche (resistenza, deformabilità, etc...)					X
	campioni disturbati o rimaneggiati		disturbo limitato	indisturbati	



3.2 SINTESI DELLE ANALISI CONDOTTE

3.2.1 MODELLO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI SITO PER VERIFICHE GEOTECNICHE

Il modello geologico specifico di sito per fini geotecnici è visibile in **TAVOLA 10** dove è riportata una:

- Sezione geologica, idrogeologica e litotecnica schematica " X – X' "

Nell'ambito del sito in studio, le indagini svolte hanno permesso il riconoscimento, a partire dall'alto verso il basso, dei seguenti LIVELLI GEOLOGICI.

MODELLO GEOLOGICO DI SITO						
TIPO DEPOSITO e/o FORMAZIONE	LIVELLI GEOLOGICI	DESCRIZIONE LITOLOGICA	COMPORTAMENTO LITOTECNICO	PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA DEDICATE		
				CPT1	CPT2	CPT3
TERRENO VEGETALE E/O RIPORTO	LIVELLO "1"	Limi argillosi sabbiosi più o meno essiccati e pietrisco eterogenico a spigoli vivi in matrice sabbioso-limosa NON IDONEO COME PIANO FONDALE	INCOERENTE	0.00-0.80	0.00-1.80	0.00-1.60
DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI DEL FIUME NERA bn2 (Pleistocene sup.-Olocene)	LIVELLO "2"	Limo con argilla sabbioso	COESIVO - INCOERENTE	0.80-2.80	1.80-3.40	1.60-2.60
	LIVELLO "3"	Limo sabbioso deb. argilloso	INCOERENTE	2.80-5.40	3.40-6.60	2.60-5.40
	LIVELLO "4"	Sabbie limose deb. ghiaiose a probabile andamento lenticolare	INCOERENTE	5.40-10.00*	6.60-10.00*	5.40-10.00*
CPT(n) - prova penetrometrica statica			*fine Indagine	PROFONDITA' LIVELLI DA P.C. (m)		



3.2.2 MODELLO LITOTECNICO DI SITO PER VERIFICHE GEOTECNICHE

Ai livelli geologici sopra definiti, sono riferiti medesimi LIVELLI LITOTECNICI, cui sono associabili i sottostanti valori delle caratteristiche fisico-meccaniche determinati con indagini in situ e analisi geomeccaniche di laboratorio:

MODELLO LITOTECNICO DI SITO									
LIVELLO "1"	CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI			PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA DEDICATE				VALORE MINIMO	VALORE MEDIO
				CPT1	CPT2	CPT3	CPT1-C1		
	Peso di volume	γ	kN/m ³	19.30	20.20	18.80	-	18.80	19.43
	Peso di volume saturo	γ_{sat}	kN/m ³	-	-	-	-	-	-
	NSPT	N_{spt}	-	-	-	-	-	-	-
	Densità relativa	D_r	%	-	-	-	-	-	-
	Angolo d'attrito drenato	Φ'	°	27.00	28.00	31.00	-	27.00	28.67
	Coesione drenata	c'	kPa	-	-	-	-	-	-
	Coesione non drenata	C_u	kPa	-	-	-	-	-	-
	Modulo di deformazione	E_u-E'	MPa	4.20	21.22	11.09	-	4.20	12.17
	Modulo Edometrico	E_d-Mo	MPa	7.58	38.28	19.96	-	7.58	21.94
LIVELLO "2"	CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI			PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA DEDICATE				VALORE MINIMO	VALORE MEDIO
				CPT1	CPT2	CPT3	CPT1-C1		
	Peso di volume	γ	kN/m ³	19.20	20.10	19.70	19.50	19.20	19.63
	Peso di volume saturo	γ_{sat}	kN/m ³	-	-	-	-	-	-
	NSPT	N_{spt}	-	-	-	-	-	-	-
	Densità relativa	D_r	%	-	-	-	-	-	-
	Angolo d'attrito drenato	Φ'	°	22.70	27.13	26.24	23.30	22.70	23.00
	Coesione drenata	c'	kPa	-	-	-	19.70	19.70	19.70
	Coesione non drenata	C_u	kPa	59.30	149.03	106.48	73.47	59.30	66.39
	Modulo di deformazione	E_u-E'	MPa	1.97	7.46	5.32	-	1.97	4.92
	Modulo Edometrico	E_d-Mo	MPa	4.36	13.43	9.58	-	4.36	9.12
LIVELLO "3"	CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI			PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA DEDICATE				VALORE MINIMO	VALORE MEDIO
				CPT1	CPT2	CPT3	CPT1-C1		
	Peso di volume	γ	kN/m ³	19.90	20.00	19.90	-	19.90	19.93
	Peso di volume saturo	γ_{sat}	kN/m ³	-	20.20	-	-	20.20	20.20
	NSPT	N_{spt}	-	-	-	-	-	-	-
	Densità relativa	D_r	%	26.77	42.29	46.86	-	26.77	38.64
	Angolo d'attrito drenato	Φ'	°	27.71	28.38	26.36	-	26.36	27.48
	Coesione drenata	c'	kPa	-	-	-	-	-	-
	Coesione non drenata	C_u	kPa	-	-	-	-	-	-
	Modulo di deformazione	E_u-E'	MPa	3.75	6.66	6.77	-	3.75	5.73
	Modulo Edometrico	E_d-Mo	MPa	6.78	11.96	12.17	-	6.78	10.30
LIVELLO "4"	CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI			PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA DEDICATE				VALORE MINIMO	VALORE MEDIO
				CPT1	CPT2	CPT3	CPT1-C1		
	Peso di volume	γ	kN/m ³	20.02	19.96	20.10	-	19.96	20.03
	Peso di volume saturo	γ_{sat}	kN/m ³	21.10	20.80	21.20	-	20.80	21.03
	NSPT	N_{spt}	-	-	-	-	-	-	-
	Densità relativa	D_r	%	40.18	45.15	43.00	-	40.18	42.78
	Angolo d'attrito drenato	Φ'	°	31.36	30.94	31.73	-	30.94	31.34
	Coesione drenata	c'	kPa	-	-	-	-	-	-
	Coesione non drenata	C_u	kPa	-	-	-	-	-	-
	Modulo di deformazione	E_u-E'	MPa	7.66	8.31	9.45	-	7.66	8.47
	Modulo Edometrico	E_d-Mo	MPa	14.14	14.96	17.03	-	14.14	15.38
CPT(n)-Prova penetrometrica statica; CPT(n)-C(n)-Campione prelevato								valori non considerati al fine della sicurezza	



3.3 CONSIDERAZIONI SULLA CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA

La campagna di indagini ha permesso di riconoscere e definire, oltre alle caratteristiche litologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni presenti ed interessanti il volume significativo, i **valori minimi e medi** dei parametri fisico-meccanici dei terreni cosicché, congruentemente a quanto stabilito nella Circolare n. 7/2019 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (§6.2.2. – *Indagini, Caratterizzazione e Modellazione Geotecnica*) **il progettista, nell'accettazione del presente piano di indagine geologica anche per fini geotecnici, possa pervenire, se reputato idoneo, ad una AUTONOMA e CONSAPEVOLE scelta dei valori caratteristici dei parametri per fini geotecnici.**

3.4 ELEMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI INSTABILITA' E PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL SITO

Le indagini condotte hanno permesso di evidenziare, **le seguenti condizioni FAVOREVOLI per fini edificatori:**

- assenza di processi morfologici di natura gravitativa relitti, inattivi, quiescenti e/o in atto,

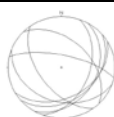
Le indagini condotte hanno inoltre permesso di evidenziare **le seguenti condizioni SFAVOREVOLI per fini edificatori:**

- presenza di terreno di vegetale (LIVELLO GEOLOGICO-LITOTECNICO "1") caratterizzato da limi sabbiosi più o meno essiccati con apparati radicali presenti entro le massime profondità di m 0.80-1.80 dal p.c.. Tale livello NON E' ASSOLUTAMENTE IDONEO COME BASE PER LA REALIZZAZIONE DI EVENTUALI NUOVE OPERE FONDALI DIRETTE (come tra l'altro previsto al §6.2.4 delle NTC 2018*"Il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua"*);
- zona soggetta a pericolo e/o rischio idraulico (area di rischio R3, fascia idraulica "B") così come definita dal Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere (P.A.I. - Autorità di Bacino del F. Tevere) "Fasce e Rischio sul Reticolo Secondario e Minore" (TAV. Pb96 Fosso Valenza).
- presenza di possibile circolazione idrica superficiale a probabile carattere stagionale a profondità di m 5.50 per presenza di livelli prevalentemente attrivi, limo sabbioso argilloso (LIVELLO GEOLOGICO-LITOTECNICO "3"), Sabbie limose deb. ghiaiose (LIVELLO GEOLOGICO-LITOTECNICO "4").

3.4.1 PRESCRIZIONI TECNICHE

Nel caso di realizzazione di nuove opere fondali dirette si PRESCRIVE di collocare gli ipotetici piani di appoggio sui terreni del LIVELLO GEOLOGICO E LITOTECNICO "2", *Limo con argilla sabbioso*.

Resta naturalmente al Progettista Strutturale e Geotecnico la verifica che le caratteristiche fisico-meccaniche dei livelli geologico-litotecnici individuati e riconosciuti, siano effettivamente compatibili sia con i carichi trasmessi dalle strutture esistenti e/o da realizzare, che con i prevedibili cedimenti indotti sul terreno, in funzione del tipo e dimensione delle opere fondali di progetto (e/o esistenti).



4.0 MODELLAZIONE SISMICA

4.1 FINALITÀ E METODOLOGIA DI STUDIO

La modellazione sismica di sito è finalizzata alla definizione dell'input sismico (scuotimento) di base e di sito, dipendente quest'ultimo da effetti stratigrafico-morfologici e topografici locali, in modo che il progettista strutturale possa *rappresentare l'azione sismica tramite spettri di risposta in accelerazione* (§ 3.2.3 delle NTC 2018).

4.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

4.2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Terni in seno alla riclassificazione sismica nazionale (O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006), con Delibera Giunta Regionale del n. 1111 è stato inserito in:

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
2	$0.15 < a_g < 0.25$
Zona con pericolosità media dove possono verificarsi forti terremoti	

L'area progettuale ricade anche all'interno della **Zona 920** di cui al progetto "Zonazione sismogenetica ZS9" del GNDT (Ordinanza P.C.M. 3274/2003 e § 2.8.2 ICMS D.P.C.N.), area caratterizzata da:

- meccanismi di fagliazione prevalente **normale-diretta**,
- valori massimi di Magnitudo Momento **M_w = 6.14**.



Tabella 2.8-1 – Valori di M_{max} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	M_{max}
Celli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana-Abruzzese, Appennino Umbro	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Geragagnano-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese	923, 927	7.06
Sanro – Irpinia-Basilicata	929, 935	7.29



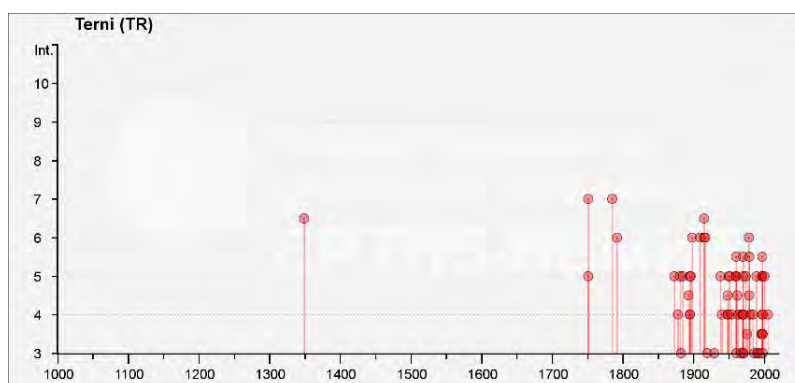
4.2.2 SISMICITÀ STORICA (CATALOGO CPTI15)

La consultazione del catalogo dei terremoti storici (dal 1349 al 2005) dell'INGV aventi magnitudo $M > 3$, è stata mirata a considerare tutti i sismi che hanno interessato il territorio comunale di Terni.

File downloaded from CPTI15 - DBMI15 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015 Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia										
Seismic history of	Terni									
PlaceID	IT_50252									
Coordinates (lat, lon)	42.562, 12.647									
Municipality (ISTAT 2015)	Terni									
Province	Terni									
Region	Umbria									
No. of reported earthquakes	93									

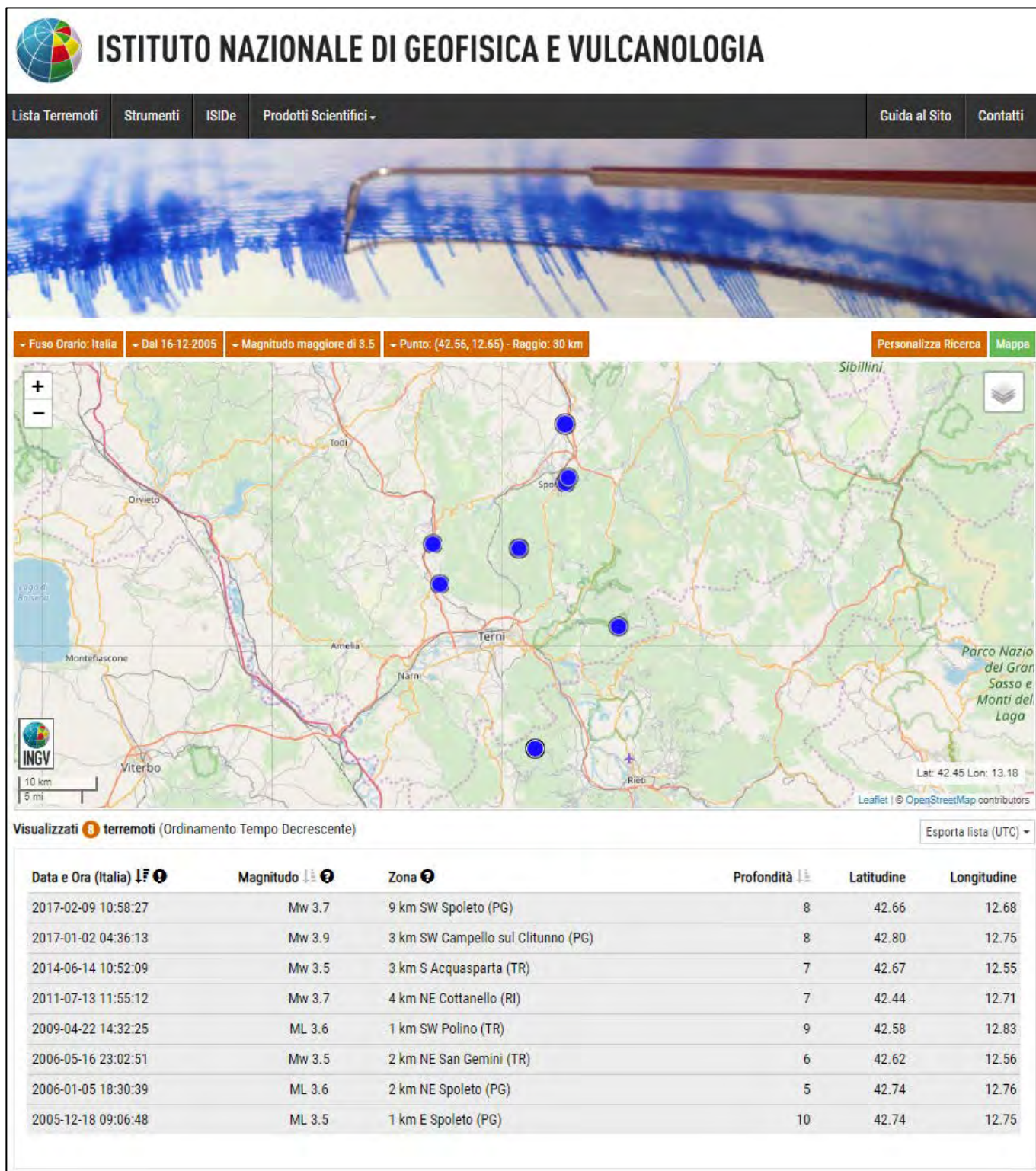
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6-7	1349 09 09 08 15	Viterbese	9		
NF	1639 10 07	Monti della Laga	39	9-10	6.21
F	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92
7	1751 06 11	Ternano	8	7	5.12
5	1751 07 27 01	Appennino umbro-marchigiano	66	10	6.38
7	1785 10 09 03 15	Monti Reatini	33	8-9	5.76
6	1792 07 20	Ternano	9	6-7	5.06
F	1854 01 17 09	Narni	6	5-6	4.71
5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
2	1874 02 24 06 52	Aquilano	26	6-7	5.12
F	1876 05 22 00 30	Spoletto	14	5-6	4.57
4	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	34	8	5.46
5	1881 03 11 22 50	Valle Umbra	15	5	4.51
3	1882 05 26 04 15	Cascia	16	5	4.45
5	1885 06 17 22 34	Monti Reatini	9	7	4.9
4-5	1893 08 02 00 59	Valnerina	84	5-6	4.55
5	1895 05 20 15 32 57.00	Valle Umbra	27	5-6	4.49
4	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
4	1895 11 01	Campagna romana	94	6-7	4.83
5	1896 01 06 15 59	Narni	13	5	4.08
NF	1897 01 19 19 20	Poggiodomo	19	6	4.68
6	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5.5
F	1904 02 24 15 53 26.00	Marsica	56	8-9	5.68
NF	1904 06 20 01 24	Assisi	24	5	4.1
NF	1904 09 02 11 21	Maceratese	59	5-6	4.63
F	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	93	5	4.75
NF	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
6	1909 02 06 08 05	Ternano	12	5	4.16
NF	1909 10 01 01 08	Spoletto	8	5-6	4.4
NF	1910 06 29 13 52	Valnerina	58	7	4.93
NF	1911 01 18 06 52	Lugnano in Teverina	19	6	4.42
NF	1911 04 10 09 43	Colli Albani	79	6	4.74
6-7	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
6	1915 11 11 03 41	Ternano	16	6	4.53
6	1917 05 12 15 34 36.00	Ternano	34	7-8	5.03
3	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
NF	1927 12 26 15 06 14.00	Colli Albani	38	7	4.89
3	1929 05 07 17 06	Valle Umbra	4	5	4.16
2-3	1930 04 07 17 17 18.00	Monti Sibillini	28	5-6	4.5
5	1938 08 12 02 28 33.00	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
4	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	106	7-8	5.29
4	1948 12 17 21 18 02.00	Monti Reatini	3	5-6	4.4
4-5	1948 12 31 03 32	Monti Reatini	95	8	5.42
4	1949 10 27 19 08	Monti Reatini	9	6-7	4.98
5	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69
5	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25
4	1954 03 23 17 55	Collestata	20	5	4.16

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
NF	1957 03 12 16 20	Valnerina	62	5	4.16
NF	1957 07 19 09 04 07.00	Valle Umbra	58	6-7	4.58
2	1960 03 16 01 52 48.00	Monti della Laga	81	5	4.44
5	1960 04 23 11 44	Monti Martani	21	6	4.66
5	1960 07 12 14 08	Monti Martani	35	7-8	4.93
5	1960 07 18 04 07	Ternano	32	6-7	4.53
5-6	1960 07 20 23 09	Ternano	22	7	4.67
3	1961 10 31 13 37	Reatino	84	8	5.09
4-5	1962 08 30 12 10	Valnerina	35	7	5.02
4	1963 02 02 19 34	Reatino	10	6	4.64
3	1967 12 03 21 29 59.00	Aquilano	32	5	4.37
F	1968 01 04 10 23	Sabina	28	6	4.53
4	1969 09 26 23 40 39.00	Ternano	97	5	4.39
5	1970 05 25 12 56	Ternano	17	5	4.35
5-6	1970 05 26 12 05	Ternano	7	5-6	4.37
4	1970 09 07 14 02 21.00	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4.35
3	1971 02 06 18 09	Tuscania	89	7-8	4.83
3	1971 02 11 18 49 21.00	Valle del Chiascio	71	6	4.61
4	1971 04 02 01 43 54.00	Valnerina	68	6	4.5
5	1974 12 02 01 55 15.00	Valnerina	27	7-8	4.58
3-4	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
6	1978 07 30 05 19 23.00	Ternano	25	7	4.32
4-5	1979 01 25 23 53 01.00	Valnerina	8	5	4.44
5-6	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	146	6	4.97
NF	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
4	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
NF	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	359	7	5.06
5	1989 12 22 06 48 13.91	Valle Umbra	114	5	4.44
3	1990 09 12 02 59 44.87	Valle Umbra	62	5-6	4.12
3	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4.72
3-4	1996 10 20 19 06 55.57	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36
5	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5-6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
3-4	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4.87
3-4	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
4	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
3	1998 08 15 05 18 08.89	Reatino	233	5-6	4.42
5	2000 12 16 07 31 07.66	Ternano	129	5-6	4.29
NF	2001 03 23 00 50 16.08	Sabina	85	5	3.77
4	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4.14



4.2.3 SISMICITÀ ATTUALE (ARCHIVIO ISIDE)

In base all'archivio *"ISIDE"* (Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base), dell'INGV dal dicembre 2005 ad oggi sono stati registrati, entro 30 Km dall'abitato di Terni, n. 8 terremoti con valori massimi di magnitudo $M > 3.5$ (magnitudo del momento sismico M_w o locale M_L), come di seguito riportato.

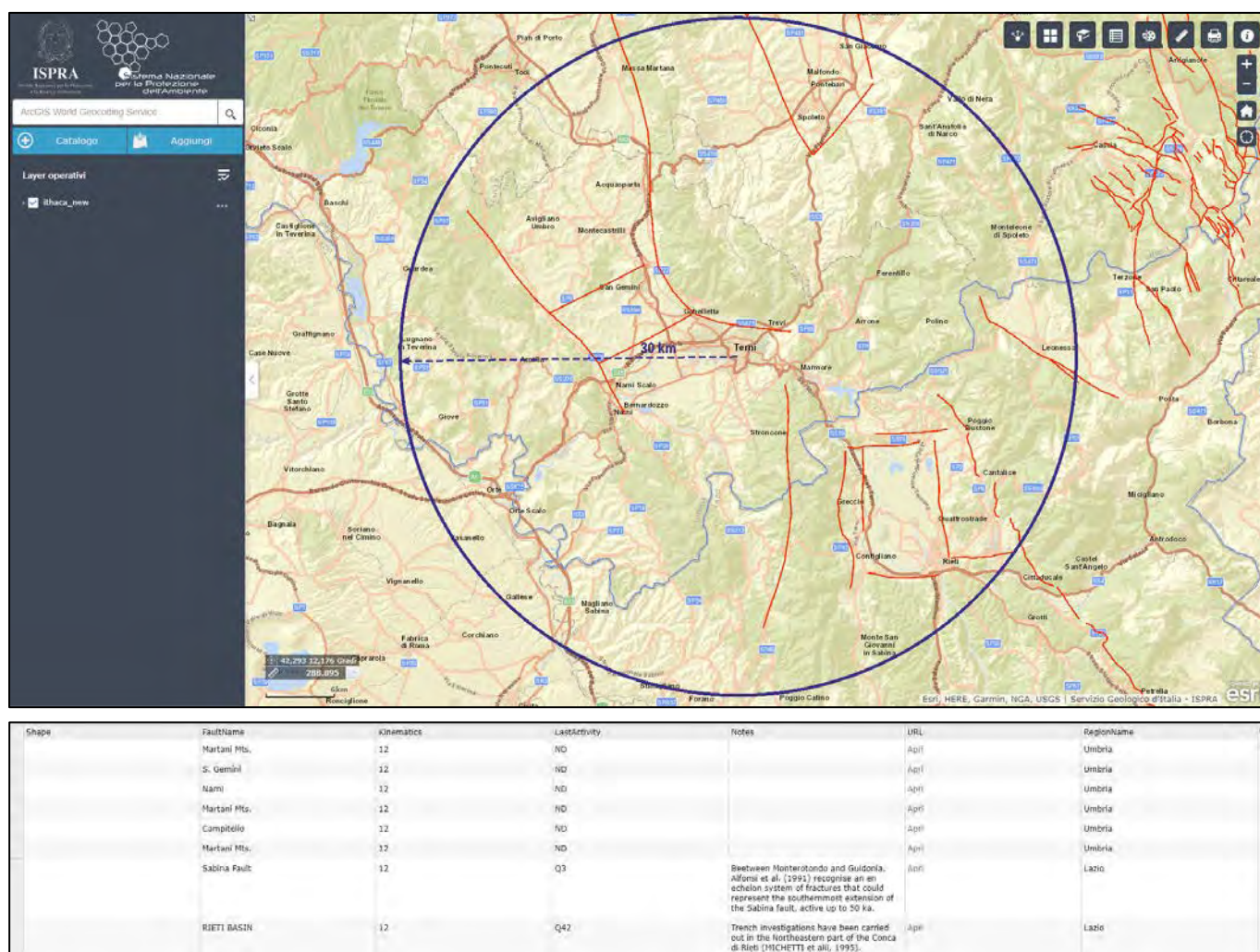


4.2.4 STRUTTURE E FAGLIE SISMOGENETICHE

Per indagare in modo completo la possibile presenza di sorgenti sismiche profonde ovvero di faglie attive e capaci limitrofe al sito progettuale, si è fatto riferimento agli studi bibliografici dedicati di seguito riportati.

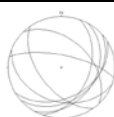
4.2.4.1 Progetto IT.HA.CA.

Il progetto IT.HA.CA. (*Italy HAZard from CApable faults* dell'ISPRA, database delle faglie capaci italiane, con cartografia on-line reperita all'indirizzo (<http://www.mais.sinanet.isprambiente.it/ost/>) evidenzia, entro un raggio di 30 Km dal sito progettuale, l'esistenza di sistemi antitetici a prevalente direzione appenninica ed anti-appenninica di faglie "capaci" (faglie attive in grado di produrre deformazioni sulla superficie terrestre), con meccanismi di rottura di tipo distensivo e transtensivo (tipici delle morfologie a horst e graben delle valli e conche tettoniche intramontane).



4.2.4.2 Progetto DISS

L'attività sismo-tettonica della zona oltre che essere storicamente conosciuta, è anche confermata dal progetto DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources* dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia I.N.G.V. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>) catalogo delle sorgenti sismiche singole e/o composite capaci di generare sismi con Magnitudo > 5.5, dove risulta che l'area in studio risulta esterna sia Individual (con perimetro giallo) che Composit Sources (campite in rosso). Come evidenziato nella figura a pagina successiva, entro 30 Km dal sito progettuale sono presenti:



- ITC6037: Mugello-Citta' di Castello-Leonessa**

[See details](#)

IDSource: ITC6037
SourceName: Mugello-Citta' di Castello-Leonessa
MinDepth: 0.5
MaxDepth: 3
StrikeMin: 280
StrikeMax: 330
DipMin: 25
DipMax: 40
RakeMin: 260
RakeMax: 280
Srmc: 0.1
SrmcMax: 1
MaxMag: 6.2
Created: 2005/10/10
Updated: 2010/04/30
MinDepthQ: 5
MaxDepthQ: 5
StrikeQ: 5
DipQ: 5
RakeQ: 5
SlipRateQ: 5
MaxMagQ: 2

IT5962: Trevi

[See details](#)

IDSource: IT5962
SourceName: Trevi
Length: 2
Width: 4.5
MinDepth: 2
MaxDepth: 4.3
Strike: 330
Dip: 30
Rake: 270
AvgSlip: 0.25
Srmc: 0.1
SrmcMax: 1
RechenMax: 250
RechenMin: 250
LatestEq: 15 Sep 1978
MaxMag: 5.5
LatL: 42.928
LongL: 12.723
LatR: 42.882
LongR: 12.68
LatLR: 42.9
LongLR: 12.721
LatLL: 42.845
LongLL: 12.764
Created: 2005/10/14
Updated: 2005/10/14
LengthQ: 3
WidthQ: 3
MinDepthQ: 1
MaxDepthQ: 1
StrikeQ: 1
DipQ: 1
RakeQ: 1
AvgSlipQ: 2
SlipRateQ: 5
RechenQ: 5
MaxMagQ: 1

DISS 3.2.0
Individual Seismogenic Source
Composite Seismogenic Source
Detained Seismogenic Source
Subdivision della città

An aerial satellite view of a residential neighborhood in Rome, Italy. A red pin is placed on a building labeled 'Scuola Primaria "Le Grazie"'. Other visible labels include 'Punto Barili - Forelli Sergio', 'Via delle Ginestre', 'Via delle Rose', 'Aeroporto', 'Istituto Compensivo Marconi', 'Ambulatorio Tirolo', and 'Esercizi Morena'. The interface includes a 'Mappa' / 'Satellite' toggle, a search bar, and navigation controls on the right side.

4.3.3 PARAMETRI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

I dati di pericolosità sismica di base di sito (riferita a suolo rigido con $V_s > 800$ m/s e condizione topografica pianeggiante) a_g - F_0 - T_c^* sono stati calcolati con il software Spettri-NTC ver.1.0.3 (MIT-CSLP).

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate ☐ Ricerca per comune


LONGITUDINE: 12.65320 LATITUDINE: 42.54796

REGIONE: Umbria PROVINCIA: Terni COMUNE: Terni

Elaborazioni grafiche:
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Controllo sul reticolo:
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione: media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N : 50 info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U : 1.5 info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : 75 info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R : info

Stati limite di esercizio - SLE:
 SLO - $P_{VR} = 81\%$: 45
 SLD - $P_{VR} = 63\%$: 75
 SLV - $P_{VR} = 10\%$: 712
 Stati limite ultimi - SLU:
 SLC - $P_{VR} = 5\%$: 1462

Elaborazioni:
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO:
 - - - - - Strategia per costruzioni ordinarie
 - - - - - Strategia scelta

INTRO **FASE 1** **FASE 2** FASE 3

Stato Limite	Probabilità di Superamento P_{VR}	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
SLO	81 %	45	0.067	2.496	0.278
SLD	63 %	75	0.082	2.496	0.289
SLV	10 %	712	0.188	2.466	0.327
SLC	5 %	1462	0.233	2.490	0.339
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R)		50 ANNI			



4.3.4 SCENARIO SISMICO DI RIFERIMENTO

Le analisi precedentemente condotte evidenziano che l'area è stata interessata e/o ha risentito dello scuotimento di terremoti prodotti da prevalente regime tettonico distensivo, aventi:

- valori di magnitudo (Momento) comprese tra 3.77-7.08,
- valori di Intensità Locale mai superiori a 6-7,

così come da analisi dei terremoti storici e progetti dedicati (IT.HA.C.A. e D.I.S.S.).

Per definire la coppia di valori M_w -D del sisma di riferimento del sito progettuale per eventuali verifiche geotecniche, viene utilizzata la "Metodologia originale per il calcolo della Magnitudo per la verifica delle condizioni per la liquefazione (contributo originale di Dario Albarello, Università di Siena)" riportata nella pubblicazione del DPC "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ)". Nell'Allegato 1 delle sopracitate Linee Guida, per il territorio comunale di Terni, il TERREMOTO DI RIFERIMENTO, è caratterizzato dalla seguente coppia di valori Magnitudo Momento – distanza ($M_w - d$):

$I_{rif} = 8$	$M_w = 6.72$	$d \text{ (km)} = 55$
---------------	--------------	-----------------------

4.4 AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Definita la Pericolosità Sismica di Base, l'azione sismica di progetto l'azione sismica di progetto si può determinare:

- con approccio semplificato ed utilizzo di categorie di sottosuolo di fondazione e condizioni topografiche (ai sensi del §3.2.2 NTC 2018),
- mediante studio di Risposta Sismica Locale (RSL) monodimensionale o bidimensionale (2D).

4.4.1 INDAGINI GEOFISICHE DEDICATE E STANDARD DI RIFERIMENTO

Nell'ambito del presente progetto sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

TIPO INDAGINE GEOFISICA	SIGLA
INDAGINE SISMICA ATTIVA MULTICANALE "MASW" IN ONDE DI RAYLEIGH (ZVF),	MW 1
INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA CON TECNICA "HVSr"	HV 1

L'ubicazione dei punti di indagine è visibile in **TAVOLA 10**.

I report con tutte le specifiche sulla strumentazione e tecniche di elaborazione utilizzate, e la documentazione fotografica dei punti di indagine geofisica, sono consultabili in **Allegato 3**.

4.4.2 RISULTATI ANALISI CONGIUNTA DATI GEOFISICI

L'analisi congiunta dei dati geofisici acquisiti con le "coppie" di indagini:

- MW 1 – HV 1,

ha permesso di:

- ricostruire il profilo V_s di sito,
- definire i valori di frequenza di sito (ricavati con microcremori al p.c.).



4.4.2.1 Modello Sismo-Stratigrafico (Profilo V_s) di Sito per Verifiche Geotecniche

Il profilo V_s di sito ottenuto mediante analisi congiunta:

- dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh (componente verticale – ZVF),
- della curva "HV" ottenuta con l'indagine geofisica passiva a stazione singola "HV1".

ha restituito il profilo V_s dedicato riportato nella tabella e grafico sottostante.

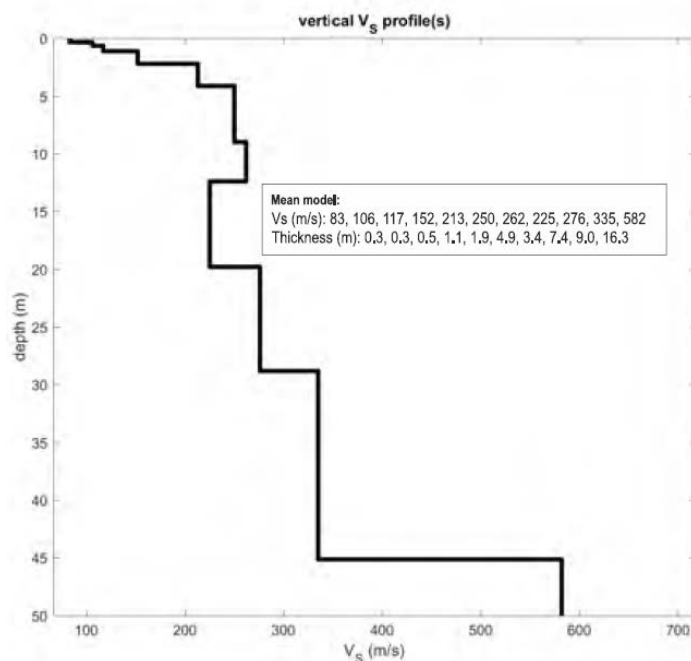


TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA DI SINTESI (analisi congiunta dati MW1-HV1)			
SISMOSTRATO	Profondità [m]	Spessore [m]	V_s [m/sec]
1	0.30	0.30	83.00
2	0.60	0.30	106.00
3	1.10	0.50	117.00
4	2.20	1.10	152.00
5	4.10	1.90	213.00
6	9.00	4.90	250.00
7	12.40	3.40	262.00
8	19.80	7.40	225.00
9	28.80	9.00	276.00
10	45.10	16.30	335.00
11	sotto 45.10		582.00

Il profilo V_s di sintesi ricalca l'andamento del modello geologico di sito almeno per le profondità investigate.

Le indagini geofisiche, analizzate in via congiunta, hanno inoltre permesso di identificare e definire che:

- il valore della frequenza di sito rilevate con microtremori al p.c.,
 - indagine HV 1, $f_0 = 1.85$ Hz,
- la profondità del BEDROCK SISMICO locale NON è stato individuato entro i -30m dal pc;
 - indagine MW 1 – HV 1, sicuramente maggiore di m 45.10 dal p.c.



4.4.3 SCELTA DELL'APPROCCIO SEMPLIFICATO PER LA VALUTAZIONE DELLA RSL

Le indagini e studi eseguiti hanno permesso di effettuare uno studio di RSL con **APPROCCIO SEMPLIFICATO (§3.2.2 NTC 2018)** alla luce delle seguenti considerazioni di:

- aumento medio delle V_s con la profondità senza inversioni significative di velocità, così come definite al §2.5.2.1 della pubblicazione *"INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA"*, redatta a cura del DPCM e DPCN;
- condizione topografica sub-pianeggiante, ovvero di collocazione su blando pendio con inclinazione media inferiore a 15° dall'orizzontale;
- presenza di bedrock sismico a profondità maggiore i m 30 dal p.c.
- tipologia delle opere in progetto

4.4.3.1 Calcolo della $V_{s,EQUIVALENTE}$ ($V_{s,30}$)

Data l'assenza di bedrock sismico entro m 30.0 dal p.c. attuale, il calcolo della $V_{s,EQ}$ quale $V_{s,30}$ effettuato al p.c. attuale (0.00 m) da indagine congiunta *"MW1-HV1"* fornisce il seguente valore:

NTC 2018		Calcolo $V_{S,30} - V_{S,eq}$		
$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$	$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$	Bedrock sismico NON PRESENTE entro 30.0 m dal p.c.		
		profondità piano fondale da p.c. (m)	$V_{S,30}$ (m/s)	$V_{S,eq}$ (m/s)
con:		0.00	235	-
h_i - spessore iesimo strato	N - numero di strati			
$V_{S,i}$ - velocità delle onde di taglio dell' i-esimo strato				
H - profondità del substrato, definito come quella formazione di roccia, caratterizzata da V_S non inferiore di 800 m/s				

Ai sensi della tabella 3.2.II delle NTC 2018, i terreni presenti sotto ai previsti piani fondali, sono ricompresi all'interno della

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO "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.*

4.4.3.2 Condizione topografica

La RSL in base alle specifiche caratteristiche morfologico-topografiche del sito, è definita mediante tabella 3.2.III delle NTC '08. La posizione morfologica evidenziata e di cui al § 2.1.1 (versante con $i < 15^\circ$ dall'orizzontale) permette di inserire il sito progettuale nella:

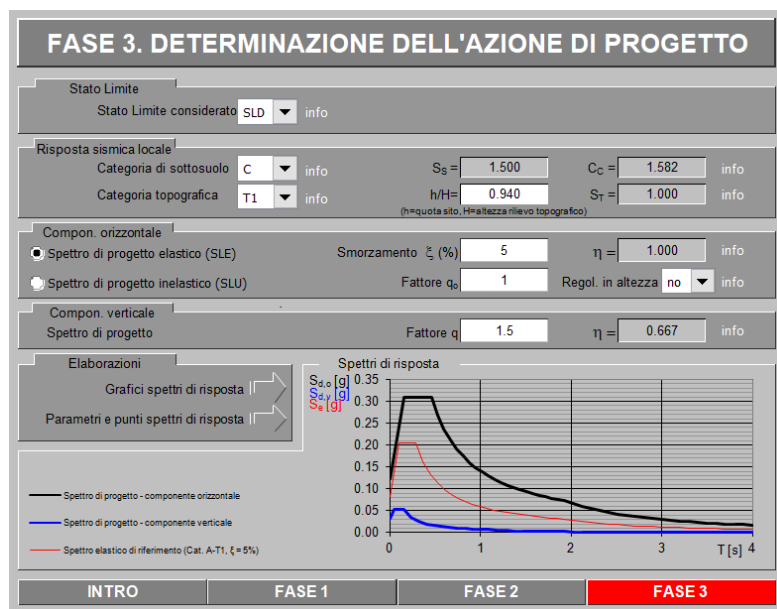
Condizione Topografica T1



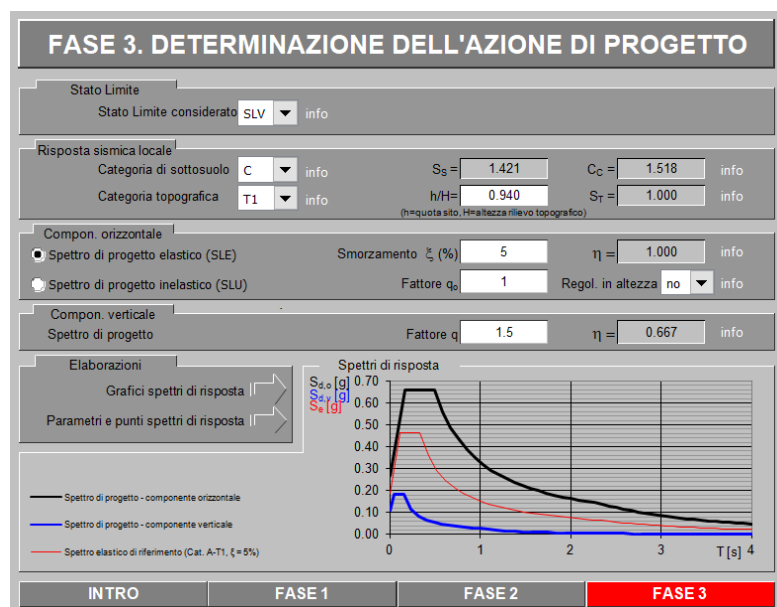
4.4.3.3 Spettri Elastici e Coefficienti Sismici di Progetto

Si riportano di seguito gli spettri elastici e parametri sismici di progetto per SLD-SLV calcati sempre con software Spettri-NTC ver.1.0.3 (MIT-CSLP).

4.4.3.3.1 SLD



4.4.3.3.2 SLV



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
S_a	0.082 g
F_a	2.496
T_a	0.289 s
S_d	1.500
C_d	1.582
S_T	1.000
ξ	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_b	0.152 s
T_c	0.457 s
T_d	1.029 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_0 \cdot S_1 \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (1.5 + \xi)} \geq 0.55; \eta \leq 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

$$T_b = T_a / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.6})$$

$$T_c = C_d \cdot T_b \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_d = 4 \cdot (0.4 + g) / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_b \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T}{T_b} - \frac{1}{\eta \cdot F_a} \right) \cdot \left(\frac{T}{T_b} \right)$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_d \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_d \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)^2$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura (NTC-08 § 3.2.3.5).

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S_d [g]
	0.000	0.124
T_b	0.152	0.306
T_c	0.457	0.306
	0.527	0.267
	0.597	0.236
	0.667	0.211
	0.737	0.181
	0.807	0.174
	0.877	0.160
	0.946	0.149
	1.016	0.138
	1.086	0.129
	1.156	0.122
	1.226	0.115
	1.296	0.106
	1.366	0.103
	1.436	0.098
	1.509	0.093
	1.579	0.089
	1.649	0.085
	1.719	0.082
	1.789	0.079
	1.859	0.076
T_d	1.929	0.073
	2.028	0.068
	2.127	0.060
	2.226	0.055
	2.324	0.050
	2.422	0.046
	2.521	0.043
	2.620	0.040
	2.718	0.037
	2.817	0.034
	2.915	0.032
	3.014	0.030
	3.113	0.028
	3.211	0.026
	3.310	0.025
	3.408	0.023
	3.507	0.022
	3.606	0.021
	3.704	0.020
	3.803	0.019
	3.901	0.018
	4.000	0.017

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
S_a	0.186 g
F_a	2.486
T_a	0.327 s
S_d	1.421
C_d	1.518
S_T	1.000
ξ	1.000

Parametri dipendenti

S	1.421
η	1.000
T_b	0.186 s
T_c	0.457 s
T_d	2.353 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_0 \cdot S_1 \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (1.5 + \xi)} \geq 0.55; \eta \leq 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

$$T_b = T_a / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.6})$$

$$T_c = C_d \cdot T_b \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_d = 4 \cdot (0.4 + g) / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_b \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T}{T_b} - \frac{1}{\eta \cdot F_a} \right) \cdot \left(\frac{T}{T_b} \right)$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

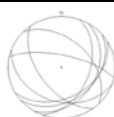
$$T_c \leq T < T_d \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_d \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)^2$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura (NTC-08 § 3.2.3.5).

Punti dello spettro di risposta

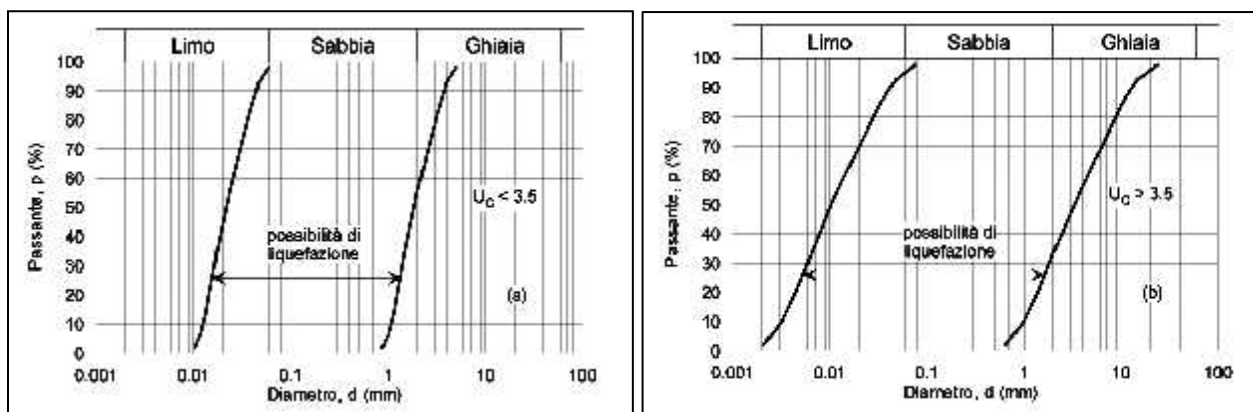
	T [s]	S_d [g]
	0.000	0.263
T_b	0.186	0.660
T_c	0.457	0.660
	0.585	0.569
	0.673	0.487
	0.762	0.430
	0.850	0.386
	0.939	0.349
	1.027	0.319
	1.115	0.294
	1.204	0.272
	1.292	0.254
	1.381	0.237
	1.469	0.223
	1.558	0.210
	1.648	0.199
	1.734	0.189
	1.823	0.180
	1.911	0.172
	2.000	0.164
	2.088	0.157
	2.176	0.151
	2.265	0.145
T_d	2.353	0.139
	2.432	0.130
	2.510	0.122
	2.588	0.115
	2.667	0.106
	2.745	0.102
	2.824	0.097
	2.902	0.092
	2.981	0.087
	3.059	0.082
	3.137	0.078
	3.215	0.075
	3.294	0.071
	3.373	0.068
	3.451	0.065
	3.529	0.062
	3.608	0.059
	3.686	0.057
	3.765	0.054
	3.843	0.052
	3.922	0.050
	4.000	0.048



4.5 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Secondo le NTC 2018 (§7.11.3.4.2), la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti 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 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Le prove penetrometriche statiche continue CPT1, CPT2, CPT3 (vedi collocazione in **TAVOLA 9**), hanno permesso di misurare la piezometrica locale della prima falda idrica la quale è stata individuata in tutti i punti d'indagine a -5.50 m dal p.c..

Il modello geologico di sito (**TAVOLA 10**) ha pertanto evidenziato, a livello IDROGEOLOGICO, la presenza di possibile circolazione idrica stagionale entro un *livello acquifero superficiale parzialmente saturo (LIVELLO GEOLOGICO LITOTECNICO 3 solo nel punto d'indagine CPT2), e un livello acquifero che, data la sua natura incoerente si può considerare completamente saturo (LIVELLO GEOLOGICO LITOTECNICO 4 in tutti i punti d'indagine CPT1, CPT2, CPT3).*

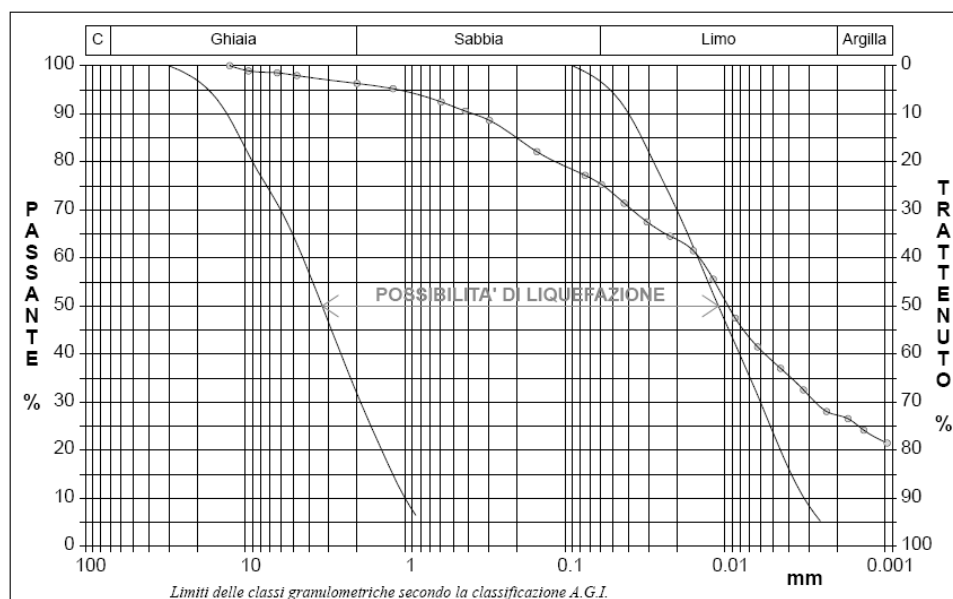
Il livello soprastante (LIVELLO 2), che funge da probabile battente semi-impermeabile superiore per il corpo acquifero superficiale, anche se non saturo, è costituito in prevalenza da limo con argilla sabbioso. Tale livello è stato indagato mediante analisi granulometriche e presenta fusi granulometrici delle particelle NON RICOMPRESI nelle zone di possibile liquefazione di cui alle figure soprastanti (verifica condizione 4), come evidenziato dalle curve granulometriche dei campioni:

- CPT1-C1 (LIVELLO GEOLOGICO-LITOTECNICO "2"),

a pagina seguente.



curva granulometriche del campione CPT1-C1



Il fabbricato presenta fondazioni superficiali, si procederà ad effettuare delle analisi di suscettibilità a liquefazione con metodi semplificati utilizzando il metodo di Andrus e Stokoe (1997-1998) che si basa principalmente sui dati di velocità delle onde sismiche di taglio (V_s), nei diversi livelli in falda.

Si prende come riferimento, a favore di sicurezza, la verticale stratigrafica desunta dalla prova penetrometrica CPT2, la quale è la sola che presenta 2 livelli interessati dalla falda presente:

- LIVELLO GEOLOGICO E LITOTECNICO "3" (*Limo sabbioso deb. argilloso*) è parzialmente saturo e possibile coincidente con il livello SISMOSTRATO 5 di cui al §4.4.2.1,
- LIVELLO GEOLOGICO E LITOTECNICO "4" (*Sabbie limose deb. ghiaiose a probabile andamento lenticolare*) considerato completamente saturo e possibile coincidente con il livello SISMOSTRATO 5 di cui al §4.4.2.1,

La verifica verrà eseguita a metà spessore della parte saturo dei sismostrati considerati.

DATI MACROSISMICI DI INPUT

- magnitudo momento $M_w = 6.72$ (§4.3.4),
- $PGA = 0.268$ (valore di a_g al suolo per SLV con Categoria di sottosuolo "C" e Condizione Topografica "T1", §4.4.3.3.2).

DATI PIEZOMETRICI, LITOSTRATIGRAFICI E SISMOSTRATIGRAFICI DI INPUT

TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA DI SINTESI PER VERIFICHE A LIQUEFAZIONE				
LIVELLO GEOLOGICO LITOTECNICO	SISMOSTRATO	Profondità parte saturo [m]	V_s [m/sec]	Peso di Volume Saturo [gr/cmc]
3	5	5.50-6.60	213	2.05 (20.2 kn/mc)
4	5	6.60-10.00	213	2.14 (21.03 kn/mc)

I valori degli spessori e V_s associati ai livelli geologici e litotecnici sono quelli rilevati con la campagna geognostica e geofisica svolta. Viste le profondità dei livelli litostratigrafici 3 e 4 in rapporto con il profilo V_s , a favore di sicurezza, si considera lo stesso sismostrato a velocità inferiore.



4.6.1 VERIFICA A LIQUEFAZIONE "LIVELLO GEOLOGICO-LITOTECNICO 3" - "SISMOSTRATO 5"

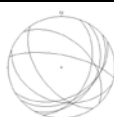
VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE									
(da prove sismiche a rifrazione)									
Metodo semplificato									
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato									
PARAMETRI:									
γ	=	2.05	g/cm ³						
σ_{vo}	=	1.24025	kg/cm ²						
σ'_{vo}	=	1.18525	kg/cm ²						
profondità della prova	=	605	cm						
profondità falda	=	550	cm						
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³						
Pressione neutra	=	0.055	kg/cm ²						
z	=	6.05	m						
V_s	=	213							
V_{s1c}	=	210	m/s						
				FC<5%	FC=20%	FC>35%			
				220	210	200			
V_{s1}	=	204.14							
M	=	6.7							
MSF	=	1.44	se M<7.5						
		1.32	se M>7.5						
R= Resistenza al taglio mobilitata									
T= Sforzo di taglio indotto dal sisma									
FC= Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia									
Vs= Velocità dell'onda di taglio S									
FORMULE:									
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$						204.14	V_{s1}
R	=	$0.03 \cdot (V_{s1}/100)^2 \cdot (0.9/(V_{s1c}-V_{s1})) \cdot (0.9/V_{s1c})$						0.274304454	R
T	=	$0.65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) \cdot r_d \cdot 1/MSF$						0.120999508	$T_{Ms7.5}$
				se M<7.5				0.131290261	$T_{M>7.5}$
				se M>7.5					
a_{max}/g	=	0.268							
r_d	=	0.9537175							
Fs=R/T	>	1						2.266988168	Verificato Fs
				se M<7.5				2.089297797	Verificato Fs
				se M>7.5					
"Software Freeware distribuito da geologi.it" Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820									

L'analisi restituisce (per $M_w < 7.50$) un FS > 1.25 ed il deposito risulta pertanto non liquefacibile.

4.6.2 VERIFICA A LIQUEFAZIONE "LIVELLO GEOLOGICO-LITOTECNICO 4" - "SISMOSTRATO 5"

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE									
(da prove sismiche a rifrazione)									
Metodo semplificato									
Metodo di Andrus e Stokoe (1997) modificato									
PARAMETRI:									
γ	=	2.1	g/cm ³						
σ_{vo}	=	1.512	kg/cm ²						
σ'_{vo}	=	1.342	kg/cm ²						
profondità della prova	=	720	cm						
profondità falda	=	550	cm						
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³						
Pressione neutra	=	0.17	kg/cm ²						
z	=	7.2	m						
V_s	=	213							
V_{s1c}	=	210	m/s						
				FC<5%	FC=20%	FC>35%			
				220	210	200			
V_{s1}	=	197.90							
M	=	6.7							
MSF	=	1.44	se M<7.5						
		1.32	se M>7.5						
R= Resistenza al taglio mobilitata									
T= Sforzo di taglio indotto dal sisma									
FC= Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia									
Vs= Velocità dell'onda di taglio S									
FORMULE:									
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$						197.90	V_{s1}
R	=	$0.03 \cdot (V_{s1}/100)^2 \cdot (0.9/(V_{s1c}-V_{s1})) \cdot (0.9/V_{s1c})$						0.187573246	R
T	=	$0.65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo})) \cdot r_d \cdot 1/MSF$						0.129079983	$T_{Ms7.5}$
				se M<7.5				0.140057963	$T_{M>7.5}$
				se M>7.5					
a_{max}/g	=	0.268							
r_d	=	0.94492							
Fs=R/T	>	1						1.453155179	Verificato Fs
				se M<7.5				1.339254416	Verificato Fs
				se M>7.5					
"Software Freeware distribuito da geologi.it" Studio Geologico Dott. Sebastiano Giovanni Monaco Via Torrente Trapani n. 13 - MESSINA (ME) - 98121 - E mail: sg.monaco@libero.it - Tel: 3394103820									

L'analisi restituisce (per $M_w < 7.50$) un FS > 1.25 ed il deposito risulta pertanto non liquefacibile.



5.0 GESTIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO (TRS)

Nell'ambito del presente progetto, se gli interventi determineranno la produzione di Terre e Rocce da Scavo (TRS), quali sottoprodotti occorre, in ottemperanza a quanto previsto dal DPR 120/2017, salvo quanto disposto in materia di siti contaminati, che si dovrà procedere prima dell'inizio dei lavori di scavo al rispetto:

- dell'iter previsto all'**art. 4** e altri articoli correlati, nel caso di riutilizzo integrale e/o parziale al di fuori del sito di produzione delle TRS;
- di quanto previsto dall'**art. 24**, nel caso di riutilizzo parziale e/o integrale in sito di produzione delle TRS escavate.

Si evidenzia che se saranno scavati terreni di riporto; ai fini dell'assimilazione di tali materiali a sottoprodotti ed all'applicazione del D.P.R. 120/2017 smi, dovranno anche essere valutate le condizioni di cui all'art. 4 comma 3.

Fermo restando le normative vigenti in materia di bonifica, qualora nel corso dell'esecuzione dello scavo vengano rilevati elementi che possano far presagire la potenziale contaminazione delle terre e rocce da scavo, anche a seguito delle stesse operazioni di scavo, il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di sospendere i lavori fino all'esecuzione della caratterizzazione. Il superamento delle "Soglie di Contaminazione" come definite dall'art. 240, comma 1, lettera b) del D.Lgs. 152/2006, comporta l'obbligo per il direttore dei lavori di darne immediata comunicazione.

- all'autorità competente sull'opera;
- al titolare dell'opera;
- al proprietario dell'area se distinto dal titolare dell'opera;
- ai soggetti di cui all'art. 242, comma 3 del D.Lgs. 152/2006 smi.

Alla comunicazione dovranno essere allegati i referti delle analisi chimiche effettuate.



6.0 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

Le indagini hanno riconosciuto la presenza, entro m 0.00-1.80 di profondità massima dal p.c. attuale di terreno vegetale recente ed antico essiccato (LIVELLO GEOLOGICO E LITOTECNICO "1").

Tale livello NON RISULTA IDONEO per la collocazione dei piani fondali esistenti e/o di progetto, per natura e compressibilità dei terreni.

Nel caso di realizzazione di nuove opere fondali dirette si PRESCRIVE di collocare gli ipotetici piani di appoggio a partire dai terreni del LIVELLO GEOLOGICO E LITOTECNICO "2", *limo con argilla sabbioso*.

Resta naturalmente al Progettista Strutturale e Geotecnico la verifica che le caratteristiche fisico-meccaniche dei livelli geologico-litotecnici individuati e riconosciuti, siano effettivamente compatibili sia con i carichi trasmessi dalle strutture esistenti e/o da realizzare, che con i prevedibili cedimenti indotti sul terreno, in funzione del tipo e dimensione delle opere fondali di progetto (e/o esistenti).

Dall'analisi del Piano di Assetto Idrogeologico del Fiume Tevere (P.A.I. - Autorità di Bacino del F. Tevere) inerente le "Fasce e Rischio sul Reticolo Secondario e Minore" (TAV. Pb96 Fosso Valenza), la zona è soggetta a pericolo e/o rischio idraulico R3, fascia idraulica "B".

Dalle indagini svolte risulta la presenza di possibile circolazione idrica superficiale a probabile carattere stagionale a profondità costante di m 5.50 dal pc per presenza di livelli prevalentemente attrivi, limo sabbioso argilloso (LIVELLO GEOLOGICO-LITOTECNICO "3"), Sabbie limose deb. ghiaiose (LIVELLO GEOLOGICO-LITOTECNICO "4").

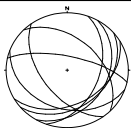
In base al report delle indagini geofisiche svolte (analisi congiunta "MW1-HV1"), risulta che il bedrock sismico con $V_s > 800$ m/s si trova a profondità > 30 m dal pc. In base al § 3.2 delle NTC 2018 e ai sensi della tabella 3.2.II delle NTC 18, il calcolo della $V_{s,eq}$ quale $V_{s,30}$ effettuato al p.c. attuale (0.00 m) ha permesso di attribuire ai terreni presenti una categoria di sottosuolo "C", mentre le condizioni topografiche sono assimilabili alla categoria "T1".



Il geologo

Dott. Geol. Paolo BARTOCCINI

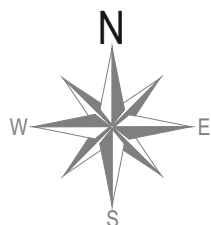
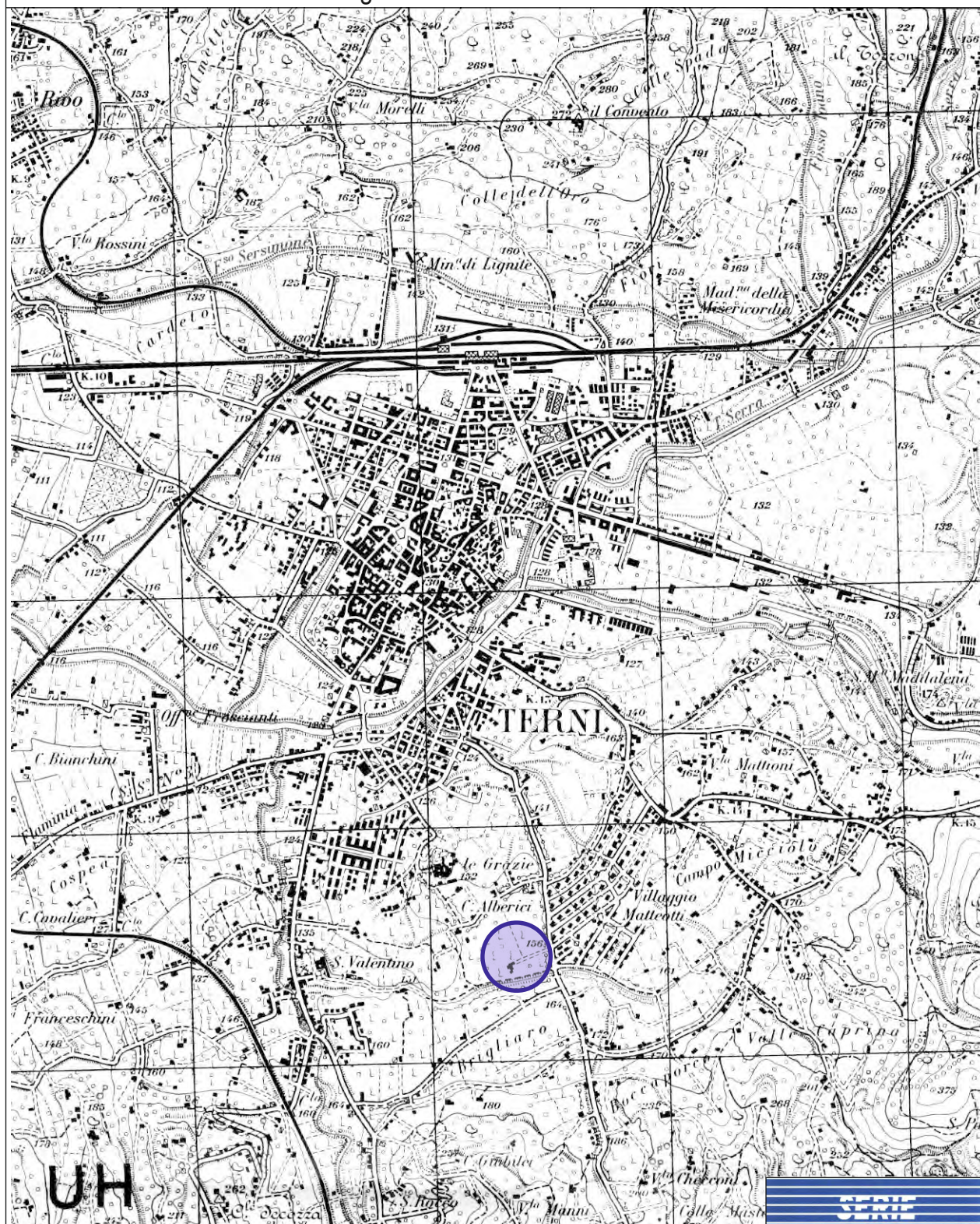




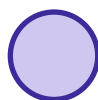
INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO GENERALE

TAVOLA **1**

IGM scala 1:25.000
Foglio n. 138 - I.V. SE - TERNI

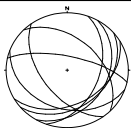


0 250 500 750 1000
metri



Sito in esame

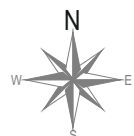




INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO GENERALE

TAVOLA **2**

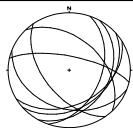
CTR scala 1:10.000
SEZIONE 346-080 Terni



0 100 200 360 400
metri



Edificio in esame



INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO GENERALE

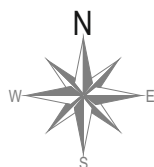
TAVOLA **3**



REGIONE UMBRIA
Direzione regionale Programmazione, affari internazionali ed europei. Agenda Digitale, Agenzie e società partecipate
SIAT - Sistema Informativo regionale Ambientale e Territoriale

WebGIS UmbriaGeo Regione Umbria

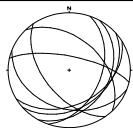
ORTOFOTOCARTA
Sez. 346080 (Terni) - Anno 2017



0 50 100 150 metri 200
scala 1:5.000



Edificio in esame

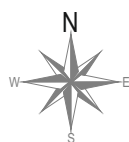


INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO DI DETTAGLIO

TAVOLA **4**

PLANIMETRIA CATASTALE

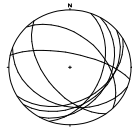
Foglio n. 136 - Particelle 163-254-257 (Comune di Terni)



0 10 20 30 40 metri
scala 1:1.000



Area in esame

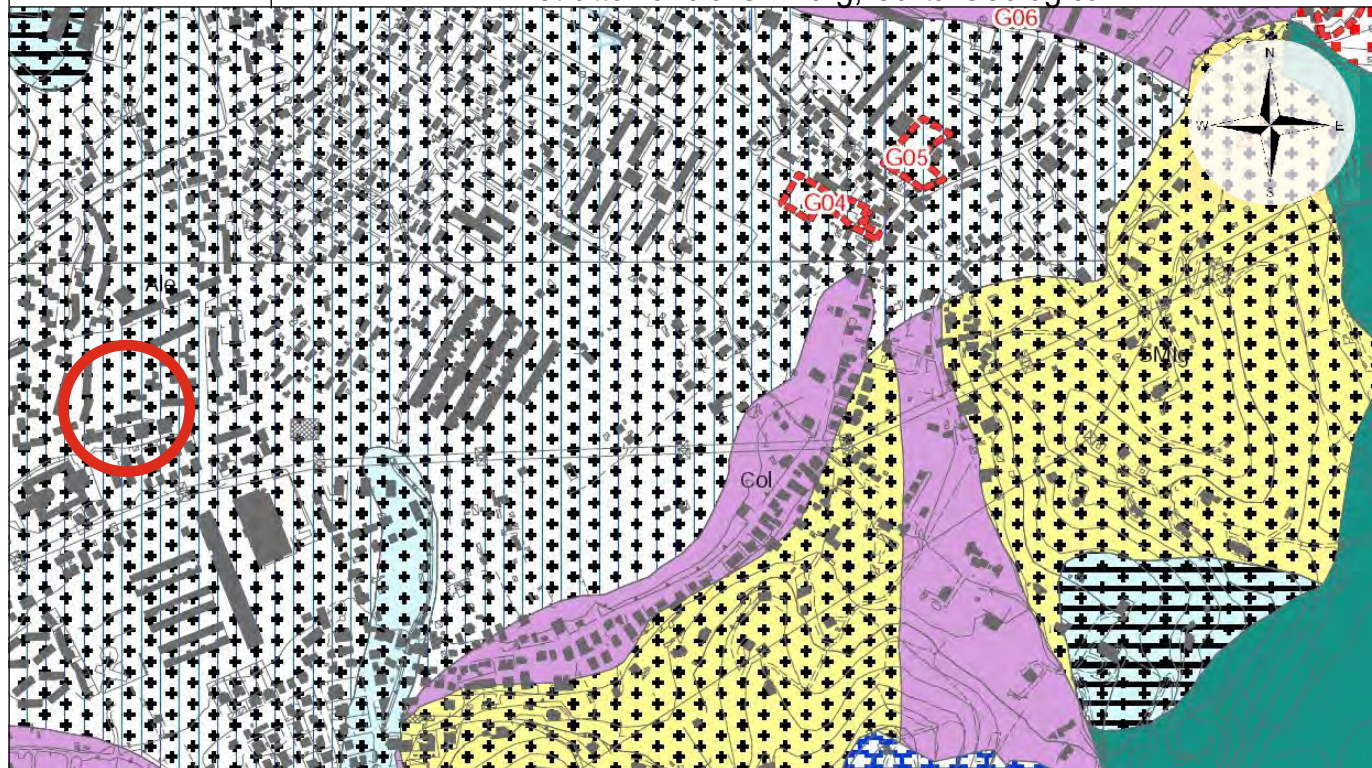


INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE e di DETTAGLIO

TAVOLA **5**

Estratto A

Variante Parziale al PRG a contenuto complesso,
approvato il 07/10/2019
Estratto Tavola G1 A3-g, Carta Geologica



LEGENDA

ELEMENTI GEOLOGICI

- acc** Accumuli antropici: Depositi di materiale non cementato, da poco a mediamente addensato; materiali di riporto di origine antropica (Chiosani).
- col** Depositi eluvio-colluviali: Depositi essenzialmente fini con clasti di varie dimensioni, provenienti dal distacco delle rocce del sottobito, accumulati sul posto o sedimentati sul versante per trasporto di massa o per riassestamento diffusivo (Pescione-Chiosani).
- ter** Terzi Rosse: Depositi costituiti da argille rosse, talora travertini a matrice calcarea densa, provenienti dall'alterazione e dalla dissoluzione dei carbonati (Pescione-Chiosani).
- alluv** Alluvioni: Un sottobito e limi argillosi con inglobati depositi lenticolari e noduli di ghiaie sabbiose; sabbie o debolmente cementate, talora a stratificazione incrociata, con intercalazioni di lenti di sabbie fini e ghiaie (a) Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Chiosani).
- alluv** (a) Depositi alluvionali non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con (a) (Pescione-Chiosani).
- alluv** (a) Depositi alluvionali non in rapporto con la morfologia né la dinamica attuale (Pescione-Chiosani).
- dpt** Depositi peluviali: Depositi argillosi e limosi con presenza di torbe (Pescione-Chiosani).

Depositi di versante

- dpt** Depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente alterati; i clasti sono prevalentemente a spigoli vivi, per lo più, in accumuli massivi a grossolana matrice stratificata.
- dpt** (a) Depositi in rapporto con la morfologia e la dinamica attuale (Chiosani).
- dpt** (a) Depositi non in rapporto con la dinamica attuale ma in continuità morfologica con (a) (Pescione-Chiosani).
- dpt** (a) Depositi non in rapporto con la morfologia né la dinamica attuale (Pescione-Chiosani).

Travertini

- tr** Travertini: Depositi di carbonato di calcio, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- tr** (a) Travertini: Depositi di carbonato di calcio, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.

LAC: GHIAIE E CONGLOMERATI

- LAC** Ghiaie e conglomerati di origine lacustre, talora in matrice sabbiosa, a clasti calcarei mediamente sabbiosi, talora con clasti calcarei grossolani.

Depositi Fluvio-Lacustri del Bacino Tiberino

- ACP** TRAVERTINI, SABBIE E LIM TRAVERTINOSI: Limi calcarei-travertinosi, sabbie limose fin sottilmente laminati, associati a travertini incrociati e nodulari, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- CGS** GHIAIE, GHIAIE SABBIOSE E CONGLOMERATI: Ghiaie e conglomerati in matrice sabbiosa, con clasti calcarei di varie dimensioni, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- SM** ARGILLE ED ARGILLE SABBIOSE: Argille ed argille sabbiose, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- SMG** ARGILLE ED ARGILLE SABBIOSE: Argille ed argille sabbiose, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.

Complesso Terrigeno Umbro

- SCH** SCHIER: Nella parte bassa marne dense ed argillose in strati da pochi a molti metri; le marne nel sottobito, verso l'alto, progressivamente meno dense, talora sabbiose e stratificate; talora in forma di noduli.

Complesso Carbonatico Umbro

- BIS** BISCIARO: Carbonati marini grigi scuri e marne grigie; nella parte bassa strati di calcare; talora in forma di noduli; talora in forma di strati.
- SCC** SCAGLIA CINEREA: Marne e marne argillose grigio-verdi o grigio-verdi scure, alla base, con calcari marini in strati con spessore da centimetri a decimetri; localmente intercalazioni di calcari marini grigi a strati da 10-20 cm (Eocene-Mio. Aquilano).
- VAS** SCAGLIA VAREGATA: Marne e marne argillose rosse e grigio-verdi con intercalazioni di calcari marini noduli e di calcare; stratificazione sottile (2-25 cm) e rima (Eocene medio-Eocene sup.).
- SGO** SCAGLIA ROSSA: Carbonati e calcari marini da noduli a noduli scuri con noduli e lenti di calcare; stratificazione sottile (2-25 cm) e rima (Eocene medio-Eocene sup.).
- SBI** SCAGLIA BIANCA: Carbonati marini bianchi o grigi; stratificazione stratificata, con lenti e strati di calcare; talora in forma di noduli; talora in forma di strati.
- FUC** MARNE A FUCO: Argille marino ed argille limonite, grigio scure, talora sabbiose, talora in forma di noduli; talora in forma di strati.
- MAI** MARNE A FUCO: Argille marino ed argille limonite, grigio scure, talora sabbiose, talora in forma di noduli; talora in forma di strati.
- CDU** CALCARI DI CASPROM: Carbonati marini grigi o grigio-verdi, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- POD** CALCARI E MARNE A POSCONIA: Carbonati marini grigi o grigio-verdi, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- RSB** ROSSO ARABICO: Marne e marne argillose rosse e grigio-verdi, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- SRN** MARNE DEL MONTE SERRONE: Marne e marne argillose rosse e grigio-verdi, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- COI** CORNOLIA: Carbonati marini grigi o grigio-verdi, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- BUG** FORMAZIONE DEL BUGARONE: Marne e marne argillose rosse e grigio-verdi, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.
- MAS** CALCARE MASSICCIO: Carbonati marini grigi o grigio-verdi, talora in forma di strati, talora in forma di noduli.

Sovrasimboli depositi alluvionali

- Depositi prevalentemente limo-sabbiosi
- Depositi prevalentemente ghiaiosi
- Depositi prevalentemente ghiaiosi e limo-sabbiosi
- Depositi prevalentemente limo-argillosi

CORPI DI FRANA

- STATO**
- TIPOLOGIA**
1. Colamento
2. Scorrimento
3. Crollo
4. Complessa
5. Erosione
6. Detriti fluviali

ELEMENTI TETTONICI E SEGNI CONVENZIONALI

- Stratificazione
- Stratificazione rovescia
- Faglia trasversale
- Faglia diretta
- Faglia sopalta
- Rovesciamento
- Sovversamento scalo
- Cavato di dissoluzione

Limite varianti



Area in esame

Regione Umbria
Direzione Ambiente, Territorio e Infrastrutture
Servizio Geologico e Sismico

SEZIONE 346080

CARTA GEOLOGICA

Estratto B



UNITA' DEL QUATERNARIO

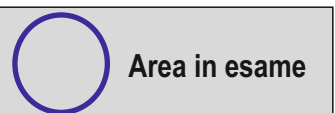
- a1a**, Depositi di frana in evoluzione
- a1a**, Depositi di frana quiescente
- a3a**, Detriti di falda
- a3b**, Detriti di falda
- b**, Depositi alluvionali
- b2**, Colte eluvio-colluviale
- bn1**, Depositi alluvionali terrazzati
- bn2**, Depositi alluvionali terrazzati

UNITA' SINTEMICHE

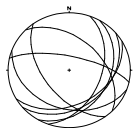
- SuperSistema Tiberino, Sistema del Nera-Velino, SubSistema di Montefranco - Collescipoli
- SuperSistema Tiberino, Sistema di Todi, Litofacies di Madonna dei Bagni
- SuperSistema Tiberino, Sistema di Todi, Litofacies di Pantalà
- SuperSistema Tiberino, Sistema di Todi, SubSistema di S. Maria di Cicaliano

FORMAZIONI

- Serie carbonatica Umbro-Marchigiana, Bisciario
- Serie carbonatica Umbro-Marchigiana, Corniola
- Serie carbonatica Umbro-Marchigiana, Scaglia Bianca
- Serie carbonatica Umbro-Marchigiana, Scaglia Rossa
- Serie torbiditica Umbra, Marnoso-Arenacea Umbra, Membro di Casa Spertaglia



Area in esame

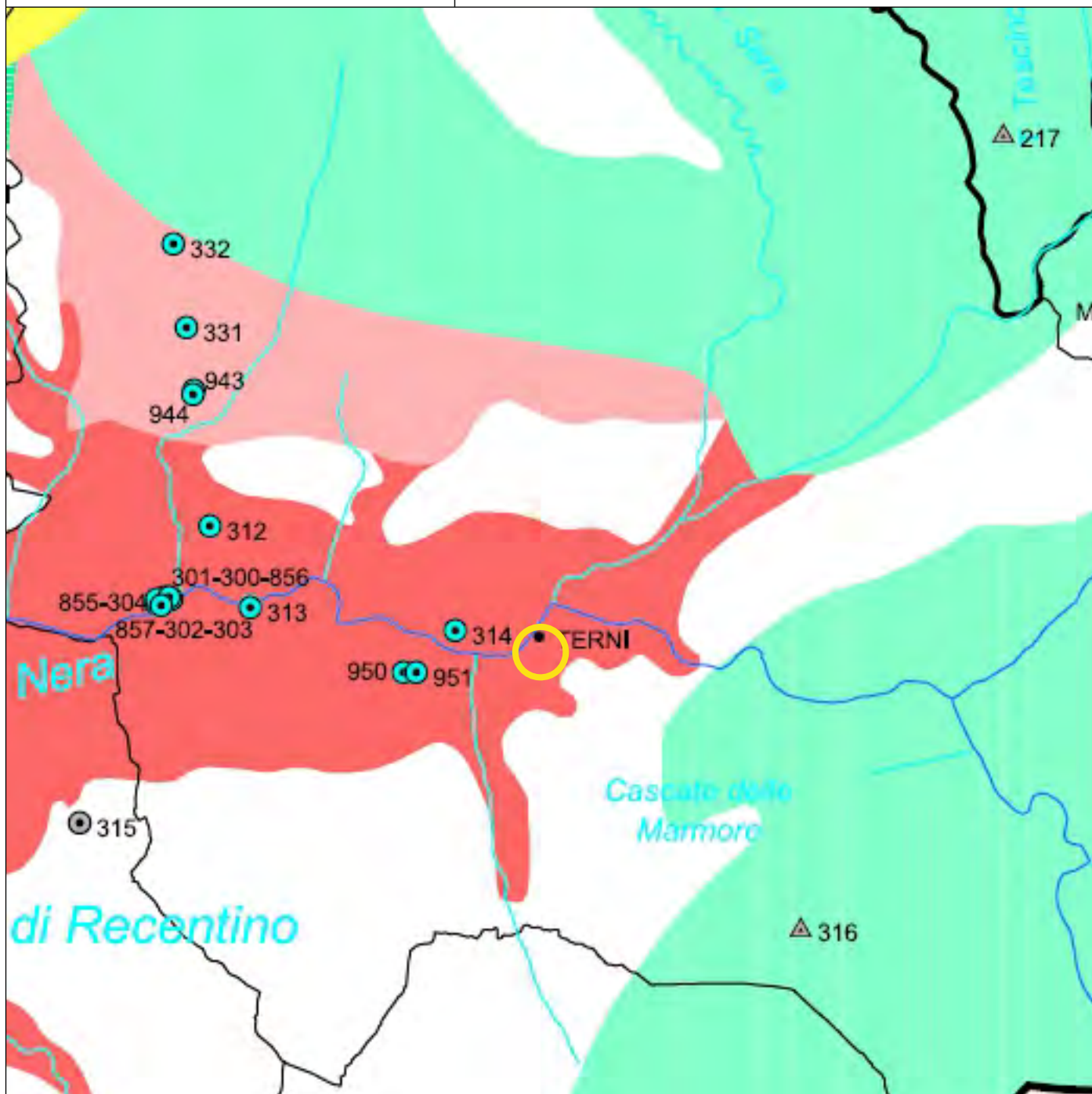


INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

TAVOLA **6**

REGIONE DELL'UMBRIA
PIANO URBANISTICO TERRITORIALE PUT

CARTA N.45: Ambiti degli Acquiferi di Rilevante Interesse Regionale e
punti di Approvvigionamento Idrico della Rete Aquedottistica Regionale
scala 1:100.000



Ambiti degli acquiferi di interesse regionale

- Acquiferi dei complessi carbonatici
- Acquiferi su depositi travertinosi
- Acquiferi alluvionali di interesse regionale
- Acquiferi su depositi vulcanici
- Ambiti di coltivazione di acque minerali caratterizzati dalla presenza di risorse idrominerali ricomprendenti una o più concessioni in esercizio
- Aree di ricerca di acque minerali ricomprendenti permessi in avanzata fase di ricerca e concessioni decadute o rinunciate

Ambiti territoriali ottimali di gestione dei servizi idrici regionali.
L.R. 5 dicembre 1997, n. 43

Confine regionale
Limiti di Comune

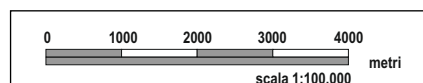
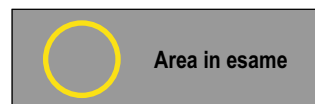
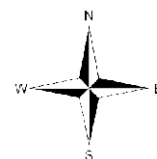
Acquiferi a vulnerabilità accertata

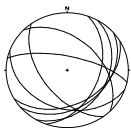
- Vulnerabilità estremamente elevata ed elevata
- Vulnerabilità alta e media

Punti di approvvigionamento idrico aggiornati al 1999

- Pozzo utilizzato
- Sorgente utilizzata
- Pozzo non utilizzato
- Sorgente non utilizzata

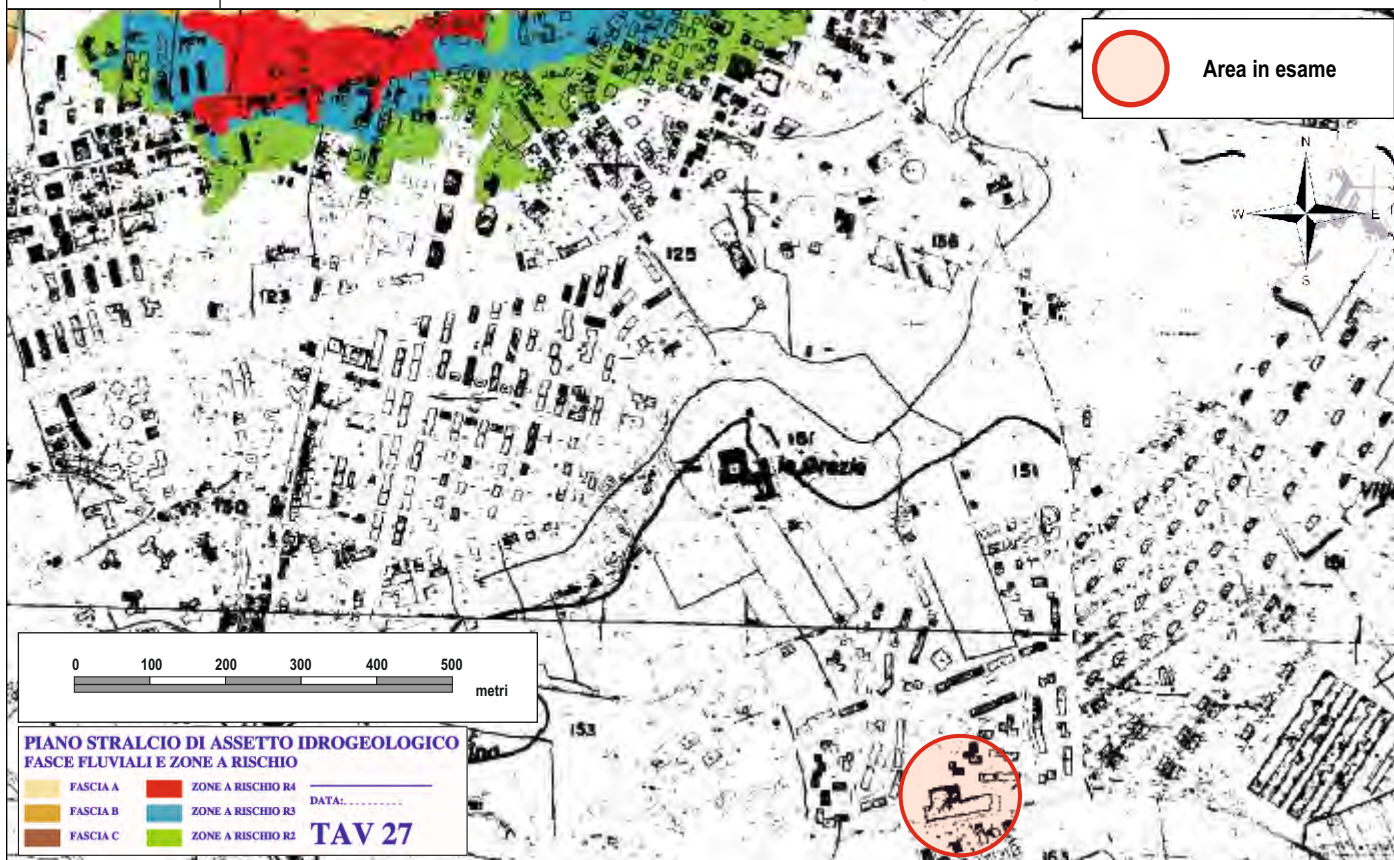
(n) Il numero è la chiave primaria del database PARAR correlato





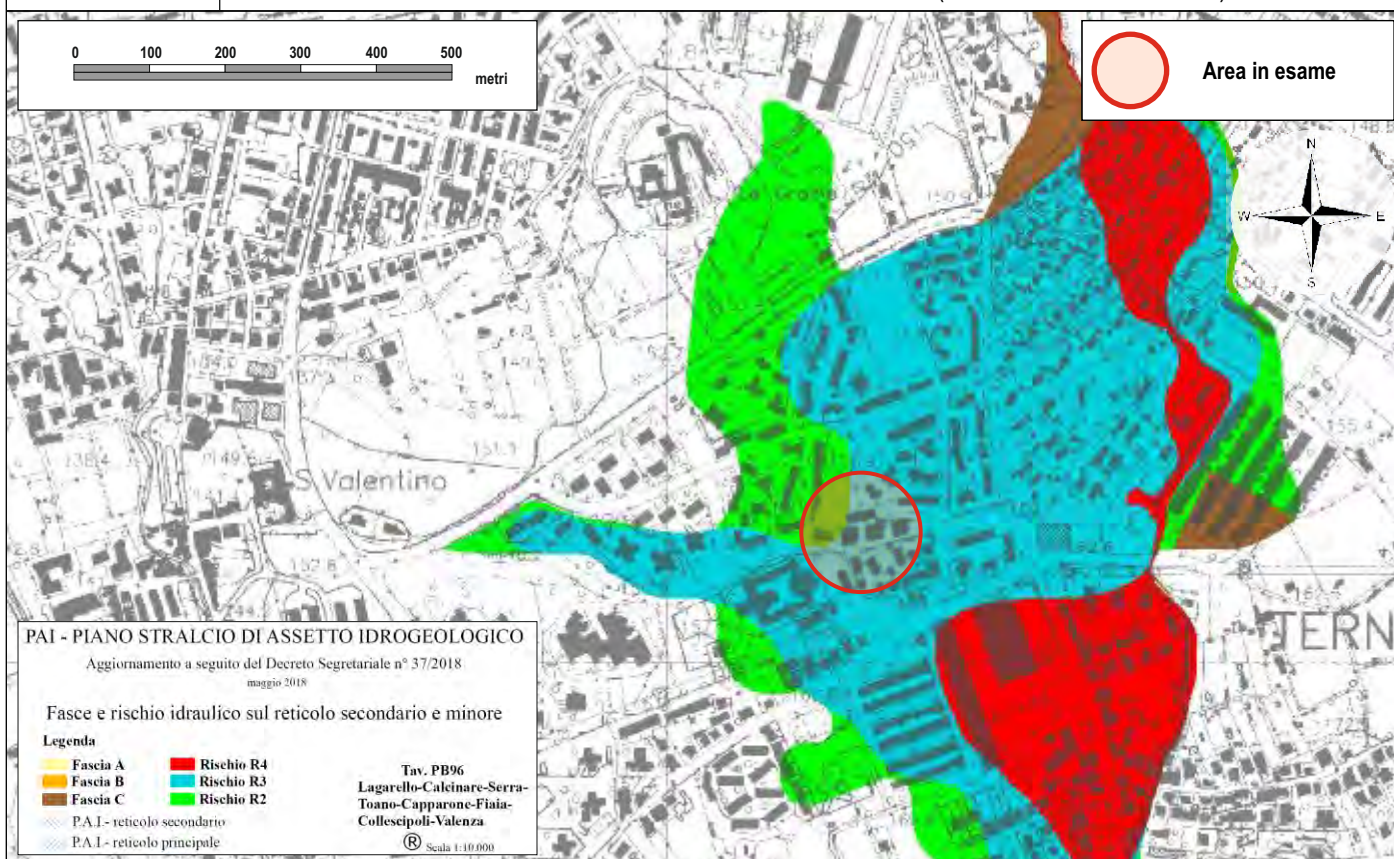
Estratto A

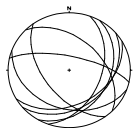
PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO del Fiume TEVERE (P.A.I. - Autorità di Bacino del F. Tevere)
"FASCE FLUVIALI E ZONE A RISCHIO" (TAV. n. 27) scala 1:10.000



Estratto B

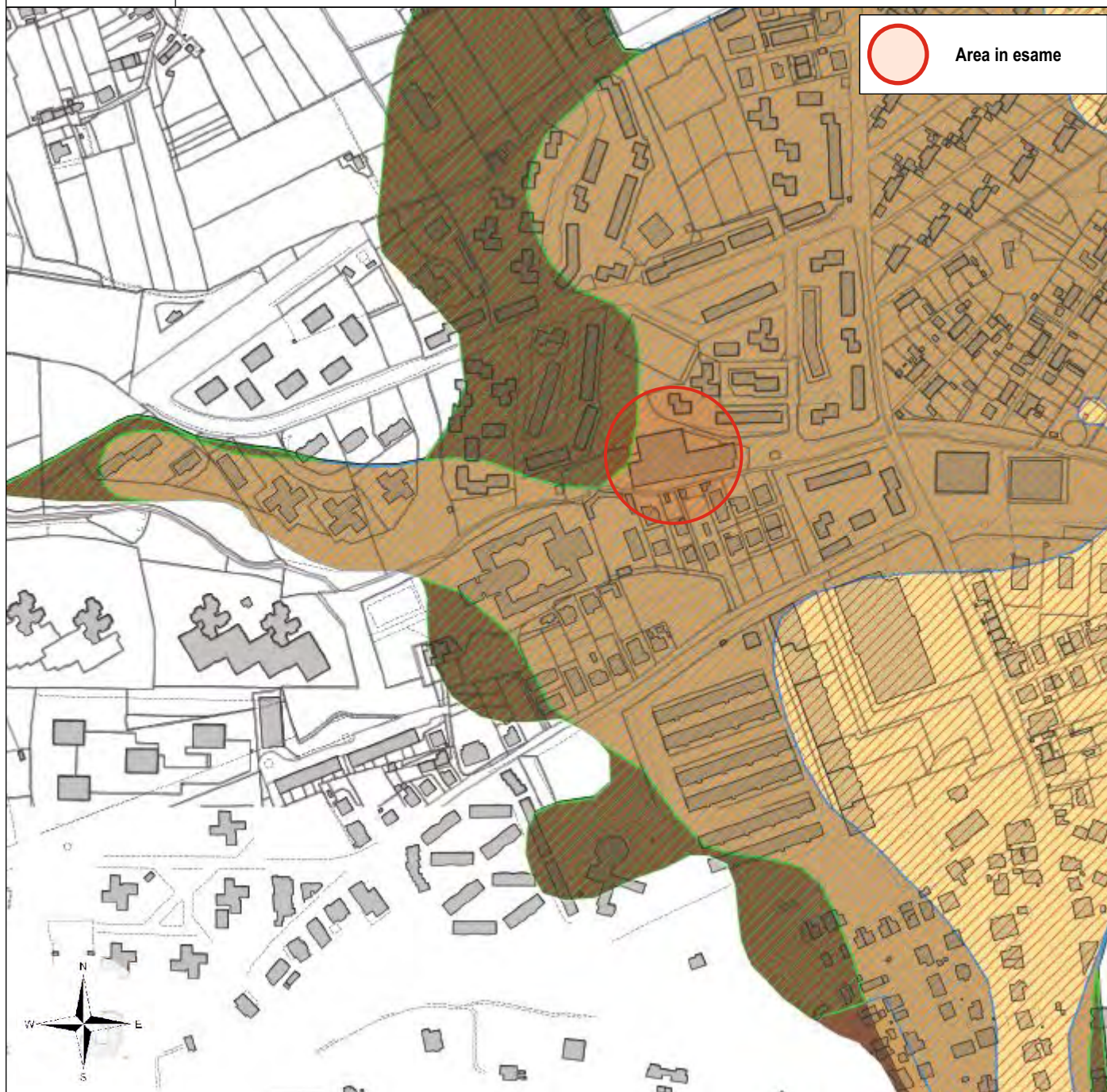
PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO del Fiume TEVERE (P.A.I. - Autorità di Bacino del F. Tevere)
"FASCE E RISCHIO SUL RETICOLO SECONDARIO E MINORE" (TAV. Pb96 Fosso Valenza) scala 1:10.000





Estratto A

PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO del Fiume Tevere (P.A.I. - Autorità di Bacino del F. Tevere)
"FASCE E RISCHIO ESONDAZIONE RETICOLO SECONDARIO" (Fosso Valenza) scala 1:5.000



PAI - PIANO STRALCIO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO
(Approvato il 10.11.2006)

AREE INTERESSATE DAL MODELLO DEL FIUME NERA

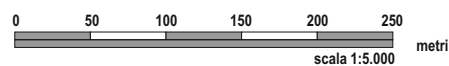
- FASCIA A
- FASCIA B
- FASCIA C

PERIMETRAZIONE AREE A RISCHIO IDRAULICO MOLTO ELEVATO

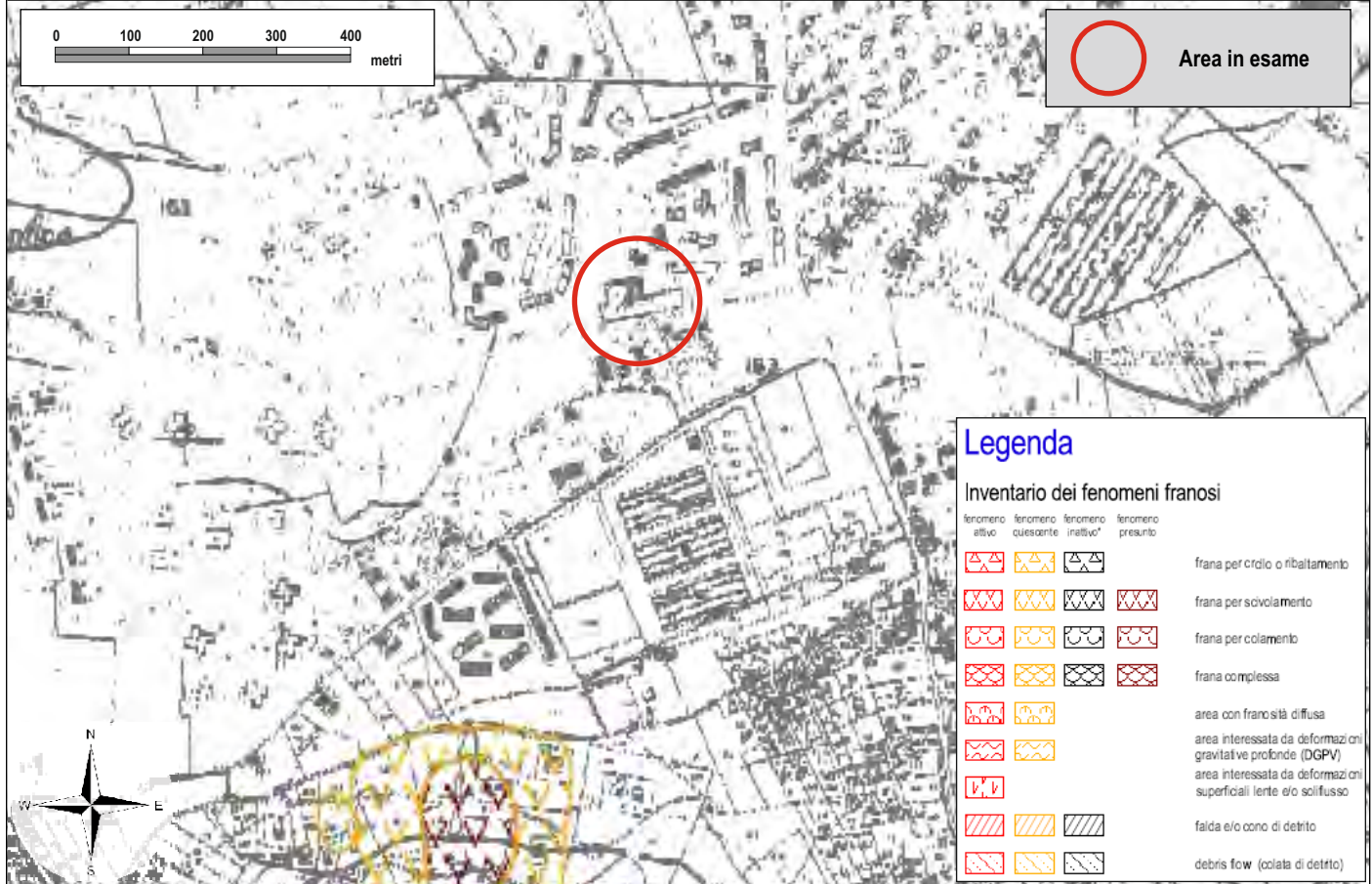
- RISCHIO R3 DEL RETICOLO PRINCIPALE
- RISCHIO R4 DEL RETICOLO PRINCIPALE
- AREE R4 DEL RETICOLO SECONDARIO

ACQUE (Individuazione corsi d'acqua e laghi ai sensi art. 48 L.R. 27/2000 P.U.T.)

- CORSI D'ACQUA, LAGHI
- BACINI DI ORIGINE ARTIFICIALE
- TORRENTI
- CANALI ARTIFICIALI
- FOSSI



PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO del Fiume TEVERE (P.A.I. - Autorità di Bacino del F. Tevere)
"CARTA INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI" (TAV. n. 132/304) scala 1:10.000
















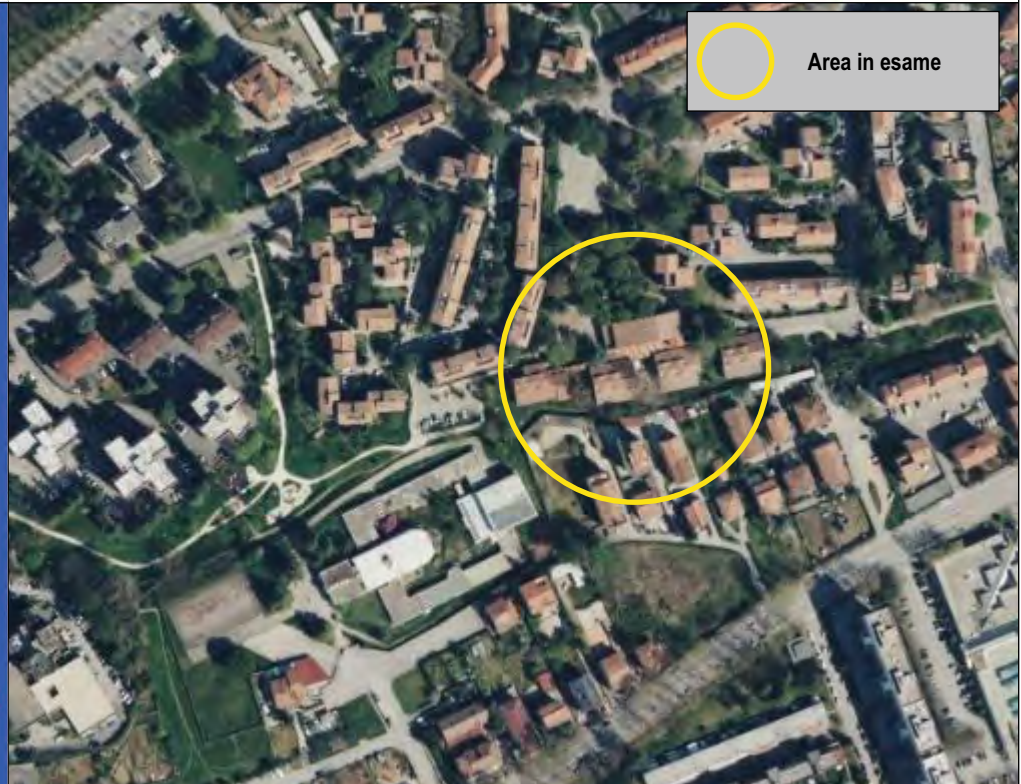
PROGETTO IFFI
Inventario dei Fenomeni Fraudolenti in Italia

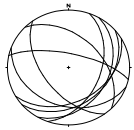


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Tipologia di frana

- | | |
|---|--|
|  | Crollo / ribaltamento |
|  | Scivolamento
rotazionale / traslativo |
|  | Espansione |
|  | Colamento lento |
|  | Colamento rapido |
|  | Sprofondamento |
|  | Complesso |
|  | n.d. |
|  | DGPV |
- 
- | | |
|---|---|
|  | Aree soggette
a crolli / ribaltamenti
diffusi |
|  | Aree soggette
a sprofondamenti diffusi |
|  | Aree soggette
a frane superficiali |



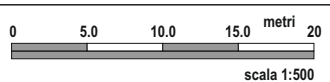
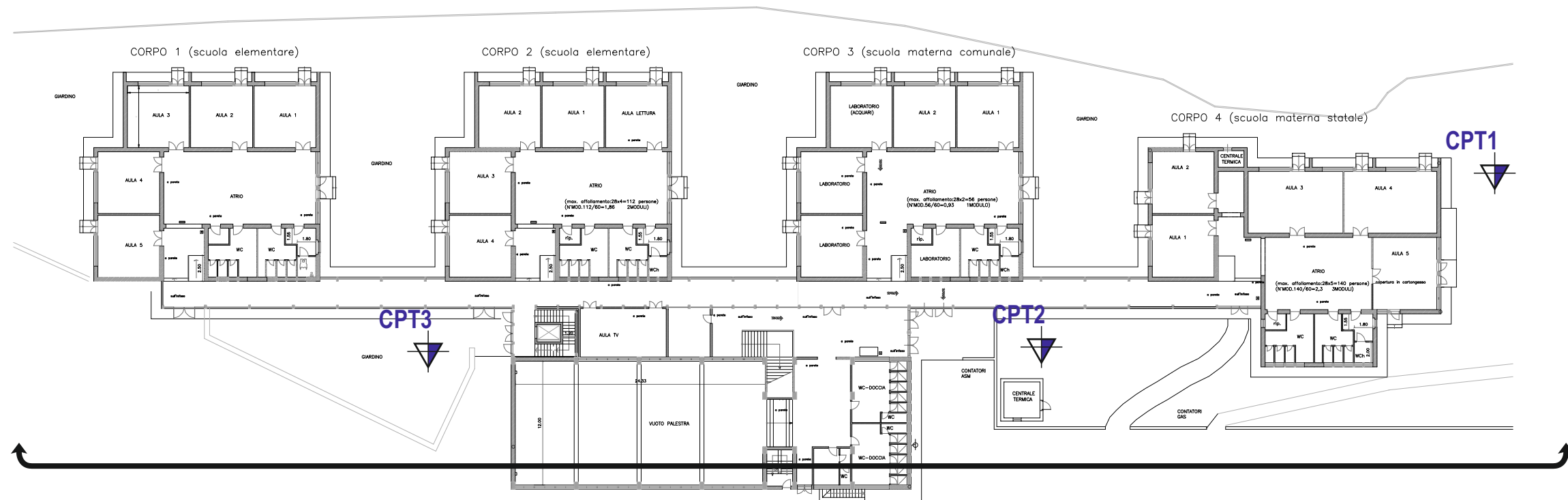
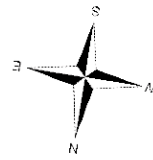


CARTA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE


TAVOLA 10

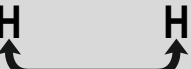
Elaborato A

Pianta piano terra con ubicazione delle indagini geologiche e geofisiche, scala 1:500



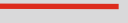


LEGENDA INDAGINI GEOLOGICHE

 CPT(n) - Prova penetrometrica statica "CPT"


 - Traccia della sezione geologica stato attuale e di progetto

LEGENDA INDAGINI GEOFISICHE

INDAGINE GEOFISICHE ATTIVE MULTICANALE "MASW" IN ONDE DI RAYLEIGH

-  - Asse stendimento (lunghezza 44.0 m)
-  SHOT - Scoppio, colpo verticale (offset minimo 4.0 m da G1 e G12) Colpo verticale su piastra in PE rigido con mazza dotata di switch piezoelettrico
-  G(n) - Geofono verticale da 4.5 Hz, (distanza intergeofonica 4.0 m)

INDAGINE GEOFISICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA

-  HV (n) - Indagine con tecnica dei rapporti spettrali HVSR

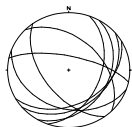


This architectural cross-section drawing illustrates the internal structure and ground levels of a building complex. The drawing is divided into four distinct horizontal levels, labeled from top to bottom as "Livello "1"", "Livello "2"", "Livello "3"", and "Livello "4"". The building's roofline is shown with various gabled and flat sections. The interior structure includes walls, floors, and stairs. The ground levels are indicated by different hatching patterns: "Livello "1"" is represented by a pattern of small circles, "Livello "2"" by a pattern of small squares, "Livello "3"" by a pattern of small triangles, and "Livello "4"" by a pattern of small diamonds. The drawing also includes labels for specific points of interest: CPT1, CPT2, and CPT3. The overall layout shows a complex arrangement of building footprints and internal spaces, with the ground levels providing a clear reference for the building's vertical structure.

Livello "X" livello geologica individuato

 piezometrica rilevata (-5.50m dal pc)

MODELLO LITOTECNICO DI SITO									
LIVELLO 1°	CARATTERISTICO GEOTECNICO - MECANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI				PUNTI DI INQUADRO GEOLOGICA E LITOTECNICA DEI TERRENI		VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	
	Presso di valenza	MP	15,20	25,10	25,10	-	15,20	19,43	
	Presso di valenza	MP	15,20	25,10	25,10	-	15,20	19,43	
	MPPT	MP	-	-	-	-	-	-	
	Densità relativa	DR	-	-	-	-	-	-	
	Angolo d'attrito ideale ϕ^0	CI	-	27,10	25,10	25,10	-	27,10	
	Angolo d'attrito reale ϕ^0	CR	-	27,10	25,10	25,10	-	27,10	
	Coesione nei terreni	CC	MP	4,50	12,13	12,13	-	4,50	
	Coesione nei terreni	CC	MP	4,50	12,13	12,13	-	4,50	
	Modulo elastico	EM	MP	7,00	35,20	35,20	-	7,00	21,50
LIVELLO 2°	CARATTERISTICO GEOTECNICO - MECANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI				PUNTI DI INQUADRO GEOLOGICA E LITOTECNICA DEI TERRENI		VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	
	Presso di valenza	MP	15,20	25,10	25,10	19,43	15,20	19,43	
	Presso di valenza	MP	15,20	25,10	25,10	19,43	15,20	19,43	
	MPPT	MP	-	-	-	-	-	-	
	Densità relativa	DR	-	-	-	-	-	-	
	Angolo d'attrito ideale ϕ^0	CI	MP	25,10	25,10	25,10	25,10	25,10	
	Angolo d'attrito reale ϕ^0	CR	MP	25,10	25,10	25,10	25,10	25,10	
	Coesione nei terreni	CC	MP	10,00	14,00	14,00	7,40	10,00	
	Coesione nei terreni	CC	MP	10,00	14,00	14,00	7,40	10,00	
	Modulo elastico	EM	MP	4,50	15,43	15,43	-	4,50	9,10
LIVELLO 3°	CARATTERISTICO GEOTECNICO - MECANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI				PUNTI DI INQUADRO GEOLOGICA E LITOTECNICA DEI TERRENI		VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	
	Presso di valenza	MP	15,20	25,10	25,10	-	15,20	19,43	
	Presso di valenza	MP	15,20	25,10	25,10	-	15,20	19,43	
	MPPT	MP	-	-	-	-	-	-	
	Densità relativa	DR	-	-	-	-	-	-	
	Angolo d'attrito ideale ϕ^0	CI	-	27,10	25,10	25,10	-	27,10	
	Angolo d'attrito reale ϕ^0	CR	-	27,10	25,10	25,10	-	27,10	
	Coesione nei terreni	CC	MP	4,50	12,13	12,13	-	4,50	
	Coesione nei terreni	CC	MP	4,50	12,13	12,13	-	4,50	
	Modulo elastico	EM	MP	7,00	35,20	35,20	-	7,00	21,50
LIVELLO 4°	CARATTERISTICO GEOTECNICO - MECANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI				PUNTI DI INQUADRO GEOLOGICA E LITOTECNICA DEI TERRENI		VALORE MINIMO	VALORE MEDIO	
	Presso di valenza	MP	15,20	25,10	25,10	-	15,20	19,43	
	Presso di valenza	MP	15,20	25,10	25,10	-	15,20	19,43	
	MPPT	MP	-	-	-	-	-	-	
	Densità relativa	DR	-	45,10	45,10	45,10	-	45,10	
	Angolo d'attrito ideale ϕ^0	CI	-	45,10	45,10	45,10	-	45,10	
	Angolo d'attrito reale ϕ^0	CR	-	45,10	45,10	45,10	-	45,10	
	Coesione nei terreni	CC	MP	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Coesione nei terreni	CC	MP	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Modulo elastico	EM	MP	7,00	35,20	35,20	-	7,00	21,50
MPPT=Presso di valenza massima; MP=Presso di valenza minima; DR=Densità relativa; CI=Angolo d'attrito ideale; CR=Angolo d'attrito reale; CC=Coesione nei terreni; EM=Modulo elastico.									



REPORT INDAGINI IN SITU

Allegato 1

**CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CONTINUE, ELABORAZIONI
E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA:**

CPT1

CPT2

CPT3

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA MECCANICA CONE PENETRATION TEST

CPT

Committente: **Clittà Futura Soc. Coop.**
Cantiere: **Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"**
Località: **Terni (TR)**

Data esec.: 23/02/2022

Strumento utilizzato:
PAGANI mod. TG63-200S semovente Matricola n. P000988

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = SPINTA \text{ (Kg)} / LETTURA \text{ DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B.: la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B.: causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta.

CELLA DI CARICO: AEP transducers

Modello: TC4 20 ton

Numero seriale: TGAS05V2 - 202002

Capacità massima (Kg): 20.000

Data ultima calibrazione: 14/04/2021

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartoccini



Sperimentatore
Giorgio Piagnani




TERRA S.n.c.

Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142

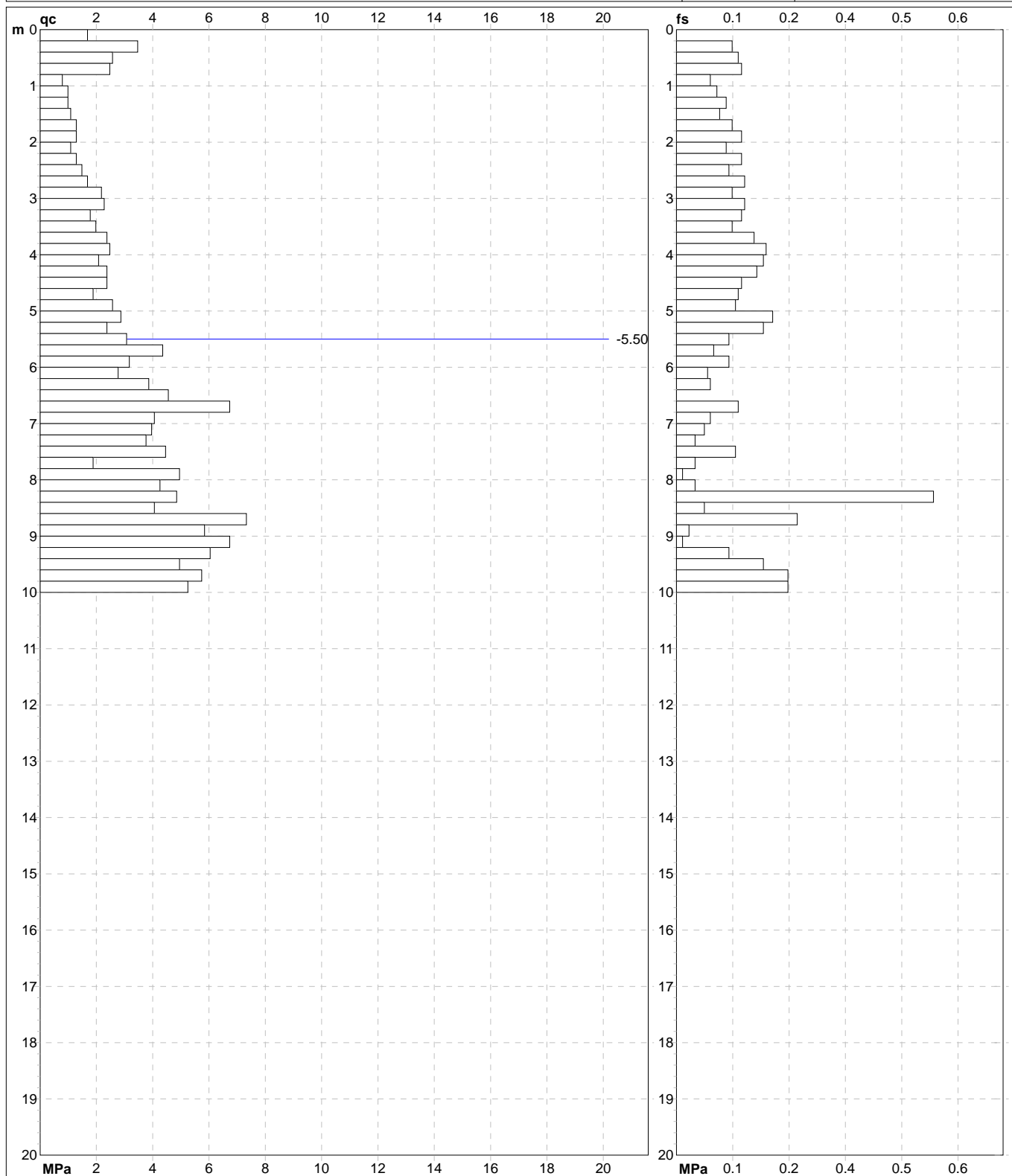
AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 075 8795142AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**CPT****1**Committente: **Città Futura Soc. Coop.**Cantiere: **Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"**Località: **Terni (TR)**U.M.: **MPa**Data esec.: **23/02/2022**Pagina: **1**Elaborato: **Falda: -5.50 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	17.0	43.0		1.7	0.00		0.0								
0.40	35.0	35.0		3.4	120.00	29	3.4								
0.60	26.0	44.0		2.5	133.00	20	5.1								
0.80	25.0	45.0		2.5	140.00	18	5.6								
1.00	8.0	29.0		0.8	73.00	11	9.1								
1.20	10.0	21.0		1.0	87.00	11	8.7								
1.40	10.0	23.0		1.0	107.00	9	10.7								
1.60	11.0	27.0		1.1	93.00	12	8.5								
1.80	13.0	27.0		1.3	120.00	11	9.2								
2.00	13.0	31.0		1.3	140.00	9	10.8								
2.20	11.0	32.0		1.1	107.00	10	9.7								
2.40	13.0	29.0		1.3	140.00	9	10.8								
2.60	15.0	36.0		1.5	113.00	13	7.5								
2.80	17.0	34.0		1.7	147.00	12	8.6								
3.00	22.0	44.0		2.2	120.00	18	5.5								
3.20	23.0	41.0		2.3	147.00	16	6.4								
3.40	18.0	40.0		1.8	140.00	13	7.8								
3.60	20.0	41.0		2.0	120.00	17	6.0								
3.80	24.0	42.0		2.4	167.00	14	7.0								
4.00	25.0	50.0		2.5	193.00	13	7.7								
4.20	21.0	50.0		2.1	187.00	11	8.9								
4.40	24.0	52.0		2.4	173.00	14	7.2								
4.60	24.0	50.0		2.4	140.00	17	5.8								
4.80	19.0	40.0		1.9	133.00	14	7.0								
5.00	26.0	46.0		2.5	127.00	20	4.9								
5.20	29.0	48.0		2.8	207.00	14	7.1								
5.40	24.0	55.0		2.4	187.00	13	7.8								
5.60	31.0	59.0		3.0	113.00	27	3.6								
5.80	44.0	61.0		4.3	80.00	55	1.8								
6.00	32.0	44.0		3.1	113.00	28	3.5								
6.20	28.0	45.0		2.7	67.00	42	2.4								
6.40	39.0	49.0		3.8	73.00	53	1.9								
6.60	46.0	57.0		4.5	0.00	53	0.0								
6.80	68.0	68.0		6.7	133.00	51	2.0								
7.00	41.0	61.0		4.0	73.00	56	1.8								
7.20	40.0	51.0		3.9	60.00	67	1.5								
7.40	38.0	47.0		3.7	40.00	95	1.1								
7.60	45.0	51.0		4.4	127.00	35	2.8								
7.80	19.0	38.0		1.9	40.00	48	2.1								
8.00	50.0	56.0		4.9	13.00	385	0.3								
8.20	43.0	45.0		4.2	40.00	108	0.9								
8.40	49.0	55.0		4.8	553.00	9	11.3								
8.60	41.0	124.0		4.0	60.00	68	1.5								
8.80	74.0	83.0		7.3	260.00	28	3.5								
9.00	59.0	98.0		5.8	27.00	219	0.5								
9.20	68.0	72.0		6.7	13.00	523	0.2								
9.40	61.0	63.0		6.0	113.00	54	1.9								
9.60	50.0	67.0		4.9	187.00	27	3.7								
9.80	58.0	86.0		5.7	240.00	24	4.1								
10.00	53.0	89.0		5.2	240.00	22	4.5								

Il direttore del laboratorio
Paolo BartocciniSperimentatore
Giorgio PiagnaniH = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazioneqc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 075 8795142AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**
DIAGRAMMI DI RESISTENZA**CPT****1**Committente: **Città Futura Soc. Coop.**
Cantiere: **Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"**
Località: **Terni (TR)**U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina: **1**
Elaborato:Data esec.: **23/02/2022**
Quota inizio: **Piano Campagna**
Falda: **-5.50 m da p.c.**Penetrometro: **TG63-200S**
Responsabile: **Dott. Geol. G. Piagnani**
Assistente:Preforo: **m**
Corr.astine: **kN/ml**
Cod. ISTAT: **055032**
Cod. punta: **meccanica**



TERRA S.n.c.

Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE



**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 075 8795142AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**CPT****2**Committente: **Città Futura Soc. Coop.**
Cantiere: **Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"**
Località: **Terni (TR)**U.M.: **MPa** Data eseg.: **23/02/2022**
Pagina: **1**
Elaborato: **Falda: -5.50 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	24.0	26.0		2.4	100.00	24	4.2								
0.40	26.0	41.0		2.5	147.00	18	5.7								
0.60	20.0	42.0		2.0	253.00	8	12.7								
0.80	25.0	63.0		2.5	67.00	37	2.7								
1.00	44.0	54.0		4.3	493.00	9	11.2								
1.20	355.0	429.0		34.8	427.00	83	1.2								
1.40	312.0	376.0		30.6	307.00	102	1.0								
1.60	222.0	268.0		21.8	167.00	133	0.8								
1.80	141.0	166.0		13.8	273.00	52	1.9								
2.00	41.0	82.0		4.0	320.00	13	7.8								
2.20	47.0	95.0		4.6	353.00	13	7.5								
2.40	59.0	112.0		5.8	407.00	14	6.9								
2.60	40.0	101.0		3.9	380.00	11	9.5								
2.80	41.0	98.0		4.0	320.00	13	7.8								
3.00	39.0	87.0		3.8	293.00	13	7.5								
3.20	53.0	97.0		5.2	353.00	15	6.7								
3.40	45.0	98.0		4.4	373.00	12	8.3								
3.60	38.0	94.0		3.7	213.00	18	5.6								
3.80	50.0	82.0		4.9	327.00	15	6.5								
4.00	42.0	91.0		4.1	200.00	21	4.8								
4.20	46.0	76.0		4.5	247.00	19	5.4								
4.40	32.0	69.0		3.1	233.00	14	7.3								
4.60	44.0	79.0		4.3	233.00	19	5.3								
4.80	47.0	82.0		4.6	173.00	27	3.7								
5.00	45.0	71.0		4.4	193.00	23	4.3								
5.20	34.0	63.0		3.3	133.00	26	3.9								
5.40	31.0	51.0		3.0	180.00	17	5.8								
5.60	42.0	69.0		4.1	187.00	22	4.5								
5.80	54.0	82.0		5.3	300.00	18	5.6								
6.00	51.0	96.0		5.0	280.00	18	5.5								
6.20	37.0	79.0		3.6	273.00	14	7.4								
6.40	20.0	61.0		2.0	180.00	11	9.0								
6.60	38.0	65.0		3.7	187.00	20	4.9								
6.80	64.0	92.0		6.3	113.00	57	1.8								
7.00	59.0	76.0		5.8	173.00	34	2.9								
7.20	57.0	83.0		5.6	80.00	71	1.4								
7.40	67.0	79.0		6.6	80.00	84	1.2								
7.60	30.0	42.0		2.9	47.00	64	1.6								
7.80	71.0	78.0		7.0	60.00	118	0.8								
8.00	49.0	58.0		4.8	27.00	181	0.6								
8.20	8.0	12.0		0.8	60.00	13	7.5								
8.40	40.0	49.0		3.9	87.00	46	2.2								
8.60	13.0	26.0		1.3	213.00	6	16.4								
8.80	30.0	62.0		2.9	113.00	27	3.8								
9.00	76.0	93.0		7.4	53.00	143	0.7								
9.20	29.0	37.0		2.8	187.00	16	6.4								
9.40	69.0	97.0		6.8	107.00	64	1.6								
9.60	73.0	89.0		7.2	107.00	68	1.5								
9.80	72.0	87.0		7.1	100.00	72	1.4								
10.00	58.0	68.0		5.7	67.00	87	1.2								

Il direttore del laboratorio
Paolo BartocciniSperimentatore
Giorgio PiagnaniH = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazioneqc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100



TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 075 8795142

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

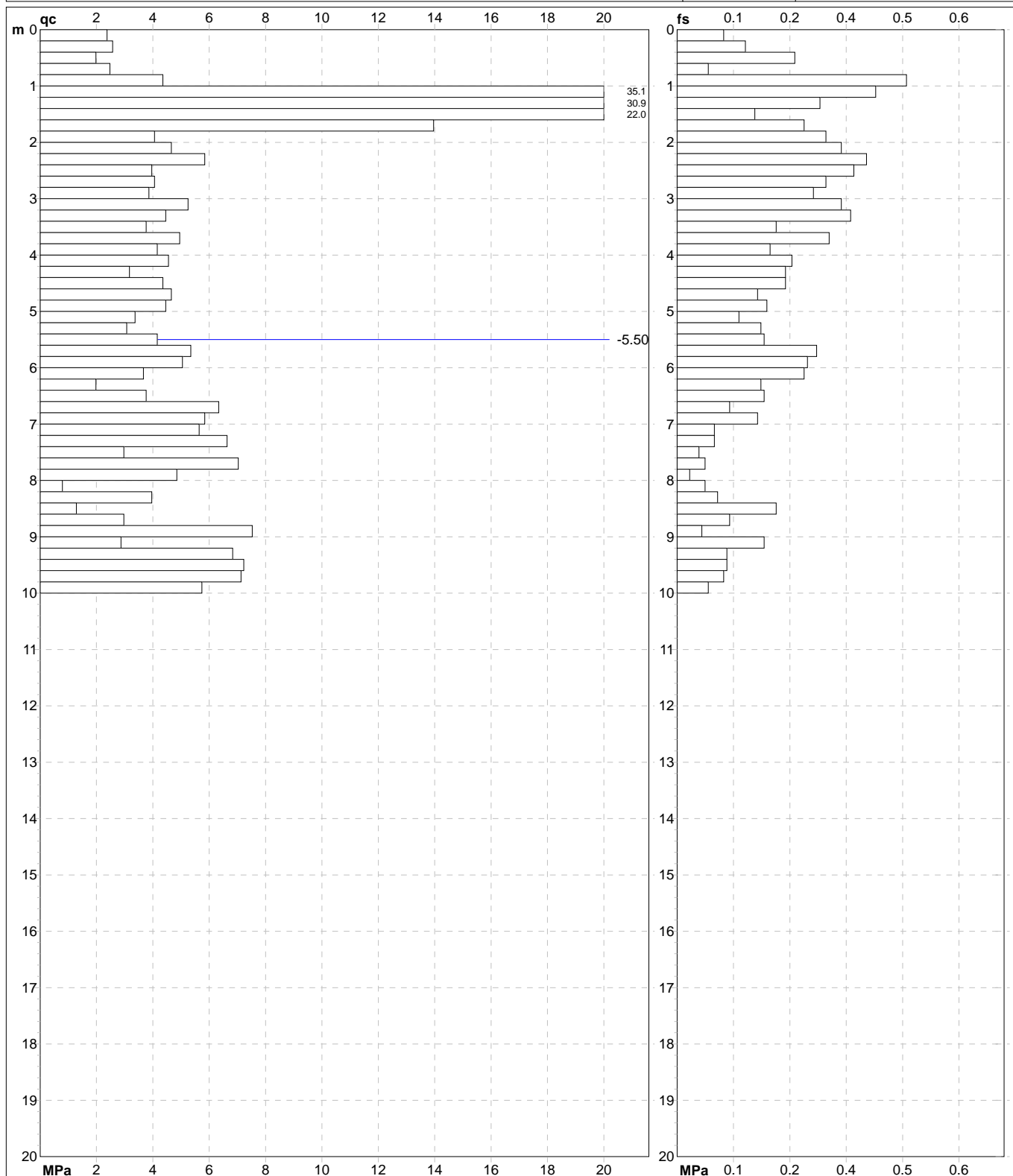
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI DI RESISTENZA

CPT**2**

Committente: **Città Futura Soc. Coop.**
Cantiere: **Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"**
Località: **Terni (TR)**

U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina: **1**
Elaborato:
Data exec.: **23/02/2022**
Quota inizio:
Falda: **-5.50 m** da p.c.



Penetrometro: **TG63-200S**
Responsabile: **Dott. Geol. G. Piagnani**
Assistente:

Preforo: **m**
Corr.astine: **kN/ml**
Cod.ISTAT: **055032**
Cod. punta: **meccanica**



TERRA S.n.c.

Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



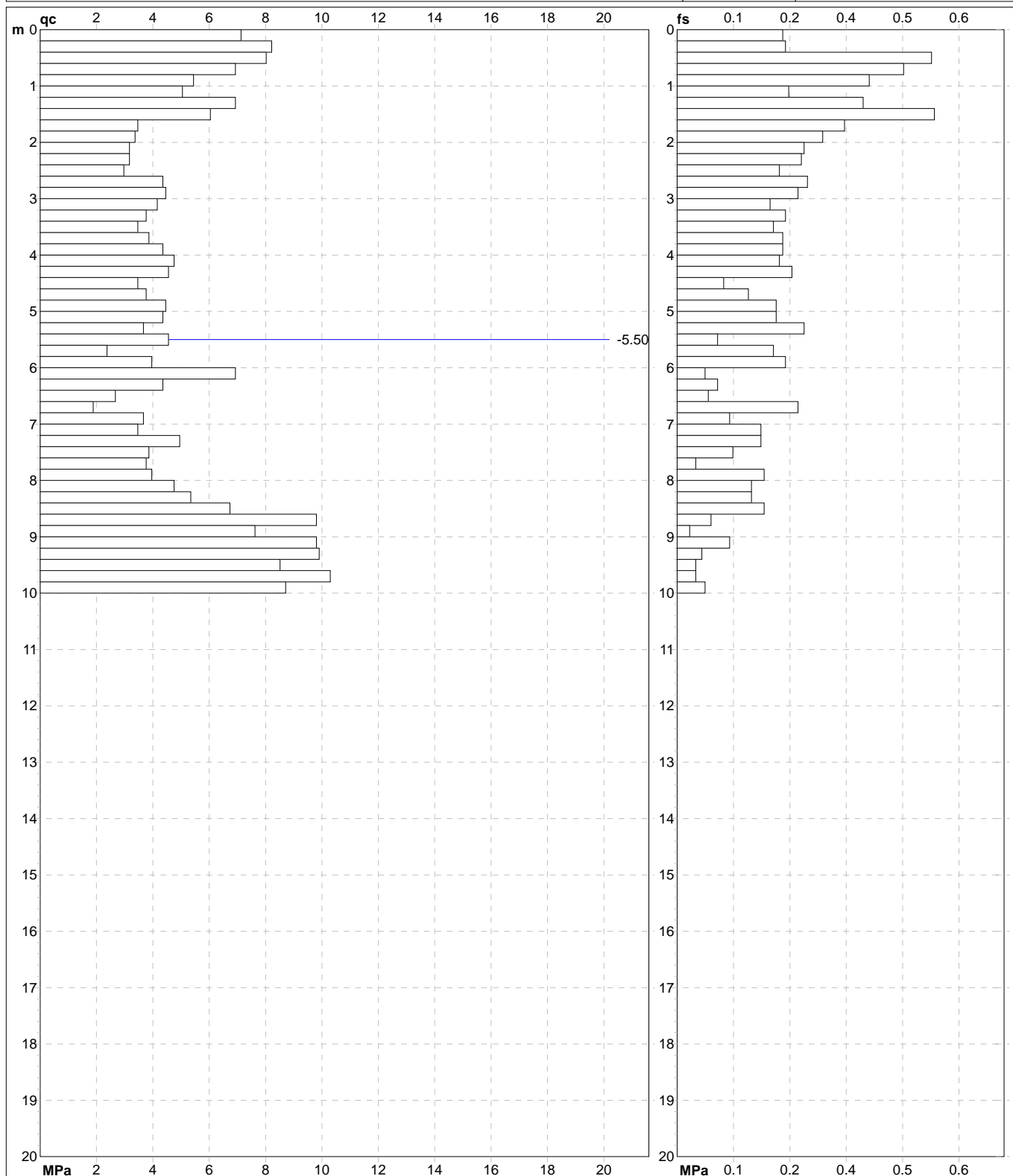
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE



**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 075 8795142AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**CPT****3**Committente: **Città Futura Soc. Coop.**Cantiere: **Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"**Località: **Terni (TR)**U.M.: **MPa**Data exec.: **23/02/2022**Pagina: **1**Elaborato: **Falda: -5.50 m da p.c.**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	72.0	94.0		7.1	227.00	32	3.2								
0.40	83.0	117.0		8.1	233.00	36	2.8								
0.60	81.0	116.0		7.9	547.00	15	6.8								
0.80	70.0	152.0		6.9	487.00	14	7.0								
1.00	55.0	128.0		5.4	413.00	13	7.5								
1.20	51.0	113.0		5.0	240.00	21	4.7								
1.40	70.0	106.0		6.9	400.00	18	5.7								
1.60	61.0	121.0		6.0	553.00	11	9.1								
1.80	35.0	118.0		3.4	360.00	10	10.3								
2.00	34.0	88.0		3.3	313.00	11	9.2								
2.20	32.0	79.0		3.1	273.00	12	8.5								
2.40	32.0	73.0		3.1	267.00	12	8.3								
2.60	30.0	70.0		2.9	220.00	14	7.3								
2.80	44.0	77.0		4.3	280.00	16	6.4								
3.00	45.0	87.0		4.4	260.00	17	5.8								
3.20	42.0	81.0		4.1	200.00	21	4.8								
3.40	38.0	68.0		3.7	233.00	16	6.1								
3.60	35.0	70.0		3.4	207.00	17	5.9								
3.80	39.0	70.0		3.8	227.00	17	5.8								
4.00	44.0	78.0		4.3	227.00	19	5.2								
4.20	48.0	82.0		4.7	220.00	22	4.6								
4.40	46.0	79.0		4.5	247.00	19	5.4								
4.60	35.0	72.0		3.4	100.00	35	2.9								
4.80	38.0	53.0		3.7	153.00	25	4.0								
5.00	45.0	68.0		4.4	213.00	21	4.7								
5.20	44.0	76.0		4.3	213.00	21	4.8								
5.40	37.0	69.0		3.6	273.00	14	7.4								
5.60	46.0	87.0		4.5	87.00	53	1.9								
5.80	24.0	37.0		2.4	207.00	12	8.6								
6.00	40.0	71.0		3.9	233.00	17	5.8								
6.20	70.0	105.0		6.9	60.00	117	0.9								
6.40	44.0	53.0		4.3	87.00	51	2.0								
6.60	27.0	40.0		2.6	67.00	40	2.5								
6.80	19.0	29.0		1.9	260.00	7	13.7								
7.00	37.0	76.0		3.6	113.00	33	3.1								
7.20	35.0	52.0		3.4	180.00	19	5.1								
7.40	50.0	77.0		4.9	180.00	28	3.6								
7.60	39.0	66.0		3.8	120.00	33	3.1								
7.80	38.0	56.0		3.7	40.00	95	1.1								
8.00	40.0	46.0		3.9	187.00	21	4.7								
8.20	48.0	76.0		4.7	160.00	30	3.3								
8.40	54.0	78.0		5.3	160.00	34	3.0								
8.60	68.0	92.0		6.7	187.00	36	2.8								
8.80	99.0	127.0		9.7	73.00	136	0.7								
9.00	77.0	88.0		7.5	27.00	285	0.4								
9.20	99.0	103.0		9.7	113.00	88	1.1								
9.40	100.0	117.0		9.8	53.00	189	0.5								
9.60	86.0	94.0		8.4	40.00	215	0.5								
9.80	104.0	110.0		10.2	40.00	260	0.4								
10.00	88.0	97.0		8.6	60.00	147	0.7								

Il direttore del laboratorio
Paolo BartocciniSperimentatore
Giorgio PiagnaniH = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10.00 costante di trasformazioneqc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 075 8795142AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**
DIAGRAMMI DI RESISTENZA**CPT****3**Committente: **Città Futura Soc. Coop.**
Cantiere: **Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"**
Località: **Terni (TR)**U.M.: **MPa**
Scala: **1:100**
Pagina: **1**
Elaborato:Data esec.: **23/02/2022**Quota inizio:
Falda: **-5.50 m** da p.c.Penetrometro: **TG63-200S**
Responsabile: **Dott. Geol. G. Piagnani**
Assistente:Preforo: **m**
Corr.astine: **kN/ml**
Cod.ISTAT: **055032**
Cod. punta: **meccanica**



TERRA S.n.c.

Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE PENETROMETRICHE



**TERRA S.n.c.**Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITYAUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

TARATURA CELLA DI CARICO

**EXPERIMENTATIONS S.r.l.**Rilievi, monitoraggi, ispezioni, elaborazione dati, certificazioni e prove sperimentali
di prodotti da costruzione, strutture, terreni e materiali in sito ed in laboratorio

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (art. 59 del D.P.R. 380/2001) settori:

- Materiali da costruzione - Settore A - (Legge n. 1086/71) Decreto n. 38194 del 14/01/1994 e successivi

- Terre e Rocce - Settori A e B - Decreto n. 54349 del 16/02/2006 e successivi

Organismo di Ispezione, Certificazione e Prova settore:

- Prodotti da costruzione ai sensi del Regolamento (UE) n. 305/2011 - Notifica n. 1676



LABORATORIO MATERIALI

TARATURA DI UNA CELLA DI CARICO

RAPPORTO DI PROVA N° R8094JA01 del 14/04/2021

- Pagina 1 di 1 -

RIF. V.A. N° R/8094 del 12/04/2021

DATI DICHIARATI

Intestatario: DOTT. GEOL. GIORGIO PIAGNANI
Indirizzo: Piazza 1° Maggio n. 5 06081 SPELLO (PG)Descrizione Attrezzatura: Cella di carico marca AEP TRANSDUCERS Mod. TCA Matr. 0605 avente portata 20 t
Display digitale marca PAGANI GEOTHECNICAL EQUIPMENT Matr.C004704 divisione 10 kg

RISULTATI DELLE PROVE

Data prova: 13/04/2021

Procedura: Sono stati eseguiti tre cicli di carico e scarico tra carico indicato nullo e carico indicato 800 kgx10 con la cella n° 1, poi sono stati eseguiti tre cicli di carico e scarico tra carico indicato nullo e carico indicato 2000 kgx10 con la cella n° 2. Le letture sono state fatte a carico indicato crescente.

Campione di riferimento: Cella n° 1 AEP TRANSDUCERS da 100 KN mod. TCE-TM matr. 808295.
Certificato di taratura LAT 093 N. 95420F DEL 25/05/2020
Cella n° 2 AEP TRANSDUCERS da 1000 KN mod. KAL matr. 54378.
Certificato di taratura LAT 093 N. 95620F DEL 25/05/2020

CARICO INDICATO F_i [kgx10]	CARICO VERO Q_i [t]	ERRORE RELATIVO %		CELLA UTILIZZATA n°
		RIPETIBILITÀ [b]	INDICAZIONE [q]	
400	4,009	0,06	0,17	1
800	8,026	0,09	0,24	
1200	12,061	0,09	0,38	
1600	16,069	0,17	0,32	2
2000	20,045	0,02	0,17	

Lo Sperimentatore
Geom. Mario MarconiIl Direttore
Dott. Ing. Roberto Calzoni

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \%$:

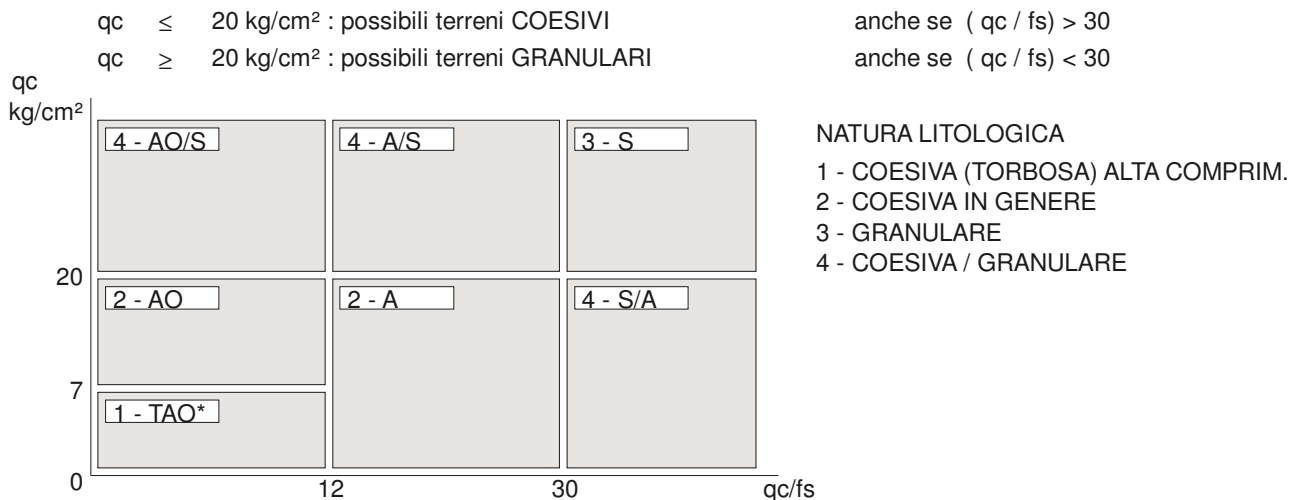
- AO	= argilla organica e terreni misti
- Att	= argilla (inorganica) molto tenera
- At	= argilla (inorganica) tenera
- Am	= argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac	= argilla (inorganica) consistente
- Acc	= argilla (inorganica) molto consistente
- ASL	= argilla sabbiosa e limosa
- SAL	= sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss	= sabbia sciolta
- Sm	= sabbia mediamente addensata
- Sd	= sabbia densa o cementata
- SC	= sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - D_r - q_c - σ'_{vo}]
- | | |
|---|---|
| \emptyset_{Ca} - Caquot (1948) | \emptyset_{Ko} - Koppejan (1948) |
| \emptyset_{DB} - De Beer (1965) | \emptyset_{Sc} - Schmertmann (1978) |
| \emptyset_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) | \emptyset_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose) |
- F.L.= fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- V_s = velocità di propagazione delle onde sismiche (Sycora e Stokoe 1983)

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

1

Committente: Città Futura Soc. Coop.

Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"

Località: Terni (TR)

U.M.: MPa

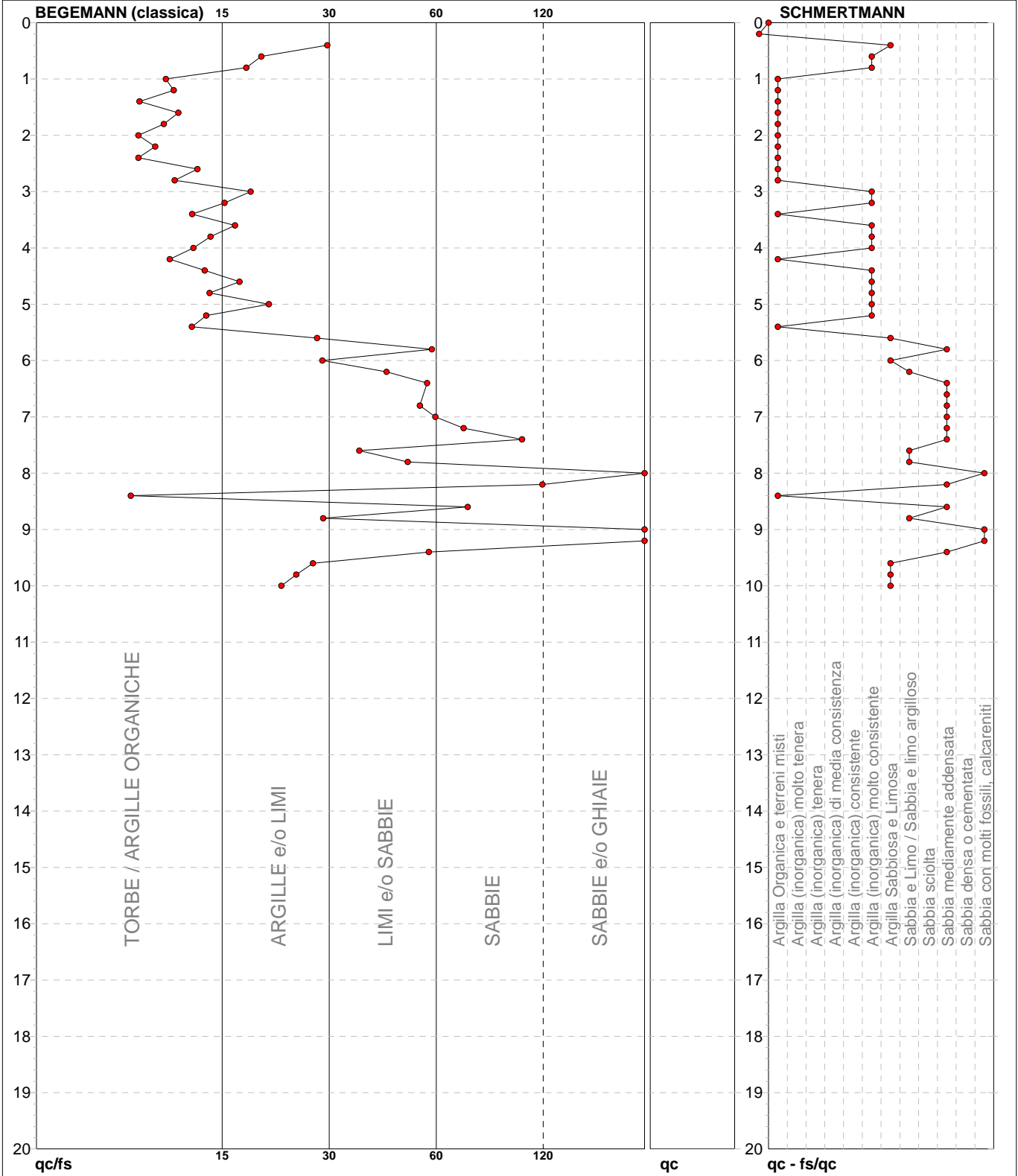
Scala: 1:100

Pagina: 1

Elaborato:

Data esec.: 23/02/2022

Falda: -5.50 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	71 punti, 71.72%	Argilla Organica e terreni misti:	14 punti, 14.14%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	6 punti, 6.06%
Argille e/o Limi :	14 punti, 14.14%	Argilla (inorganica) molto consist.:	12 punti, 12.12%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	4 punti, 4.04%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 8.08%			Sabbia mediamente addensata:	9 punti, 9.09%
Sabbie:	4 punti, 4.04%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	3 punti, 3.03%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 3.03%				

DATI A MERO USO INDICATIVO. L'ASSUNZIONE DEI VALORI E' PIENA ED UNICA RESPONSABILITA' DEL SOGGETTO UTILIZZATORE

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1

Committente: Città Futura Soc. Coop.	U.M.: MPa	Data esec.: 23/02/2022
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"	Pagina: 1	
Località: Terni (TR)	Elaborato:	Falda: -5.50 m da p.c.

Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2
0.20	1.7	--	3	1.84	3.6	161	70.9	99.9	12.1	18.1	5.3	92	41	40	38	35	44	27	2.8	4.2	5.0	--	--
0.40	3.4	29.2	4	1.98	7.5	211	114.3	99.9	19.4	29.2	10.3	99	42	40	38	35	44	29	5.7	8.6	10.3	--	--
0.60	2.5	19.5	4	1.95	11.3	189	91.0	85.1	15.5	23.2	7.6	78	39	37	34	32	41	28	4.2	6.4	7.6	--	--
0.80	2.5	17.9	4	1.94	15.1	186	89.1	57.6	15.1	22.7	7.4	70	38	35	32	30	39	28	4.1	6.1	7.4	--	--
1.00	0.8	11.0	2	1.86	18.8	121	39.2	15.8	6.7	10.0	3.4	26	32	28	25	24	32	26	1.3	2.0	2.4	--	--
1.20	1.0	11.5	2	1.90	22.5	132	49.0	16.6	8.3	12.5	3.9	29	32	29	25	24	32	26	1.6	2.5	2.9	--	--
1.40	1.0	9.3	2	1.90	26.2	132	49.0	13.7	8.3	12.5	3.9	25	32	28	25	23	31	26	1.6	2.5	2.9	--	--
1.60	1.1	11.8	2	1.91	30.0	137	52.6	12.7	8.9	13.4	4.2	25	32	28	24	23	31	26	1.8	2.7	3.2	--	--
1.80	1.3	10.8	2	1.93	33.7	145	59.3	12.7	10.1	15.1	4.6	28	32	28	25	23	32	26	2.1	3.2	3.8	--	--
2.00	1.3	9.3	2	1.93	37.5	145	59.3	11.1	10.1	15.1	4.6	25	32	27	24	23	31	26	2.1	3.2	3.8	--	--
2.20	1.1	10.3	2	1.91	41.3	137	52.6	8.5	9.8	14.7	4.2	17	30	26	23	21	29	26	1.8	2.7	3.2	--	--
2.40	1.3	9.3	2	1.93	45.1	145	59.3	8.8	10.7	16.0	4.6	21	31	26	23	22	30	26	2.1	3.2	3.8	--	--
2.60	1.5	13.3	2	1.95	48.9	154	65.3	9.0	11.6	17.4	4.9	24	31	27	23	22	30	27	2.5	3.7	4.4	--	--
2.80	1.7	11.6	2	1.97	52.7	161	70.9	9.1	12.5	18.8	5.3	26	32	27	24	22	31	27	2.8	4.2	5.0	--	--
3.00	2.2	18.3	4	1.93	56.5	177	82.9	10.1	14.1	21.1	6.5	33	33	28	25	23	32	28	3.6	5.4	6.5	--	--
3.20	2.3	15.6	4	1.94	60.3	180	85.1	9.6	14.6	21.9	6.8	33	33	28	25	23	31	28	3.8	5.6	6.8	--	--
3.40	1.8	12.9	2	1.98	64.2	164	73.5	7.4	15.8	23.6	5.5	23	31	26	23	22	30	27	2.9	4.4	5.3	--	--
3.60	2.0	16.7	4	1.93	68.0	171	78.4	7.5	16.6	25.0	5.9	26	32	26	23	22	30	27	3.3	4.9	5.9	--	--
3.80	2.4	14.4	4	1.94	71.8	183	87.1	8.0	17.2	25.9	7.1	31	32	27	24	23	31	28	3.9	5.9	7.1	--	--
4.00	2.5	13.0	4	1.94	75.6	186	89.1	7.7	18.3	27.5	7.4	31	32	27	24	22	31	28	4.1	6.1	7.4	--	--
4.20	2.1	11.2	4	1.93	79.4	174	80.7	6.4	20.6	30.8	6.2	23	31	26	23	21	29	27	3.4	5.1	6.2	--	--
4.40	2.4	13.9	4	1.94	83.2	183	87.1	6.7	21.3	31.9	7.1	27	32	26	23	22	30	28	3.9	5.9	7.1	--	--
4.60	2.4	17.1	4	1.94	87.0	183	87.1	6.3	22.7	34.0	7.1	26	32	26	23	22	30	28	3.9	5.9	7.1	--	--
4.80	1.9	14.3	2	1.99	90.9	168	76.0	5.0	25.1	37.6	5.7	17	30	25	22	20	28	27	3.1	4.7	5.6	--	--
5.00	2.5	20.5	4	1.95	94.7	189	91.0	6.0	25.1	37.6	7.6	27	32	26	23	22	30	28	4.2	6.4	7.6	--	--
5.20	2.8	14.0	4	1.96	98.5	197	96.3	6.1	25.9	38.9	8.5	29	32	26	23	22	30	29	4.7	7.1	8.5	--	--
5.40	2.4	12.8	4	1.94	102.3	183	87.1	5.1	28.1	42.2	7.1	22	31	25	22	21	29	28	3.9	5.9	7.1	--	--
5.60	3.0	27.4	4	0.97	104.2	202	101.3	6.1	27.5	41.3	9.1	30	32	27	23	22	30	29	5.1	7.6	9.1	--	--
5.80	4.3	55.0	3	0.91	106.0	230	143.7	9.2	25.2	37.8	12.9	42	34	28	25	24	32	31	7.2	10.8	12.9	--	--
6.00	3.1	28.3	4	0.97	107.9	204	104.5	6.0	28.5	42.8	9.4	30	32	27	23	22	30	29	5.2	7.8	9.4	--	--
6.20	2.7	41.8	3	0.87	109.6	194	94.6	5.2	30.0	45.0	8.2	26	32	26	23	21	29	28	4.6	6.9	8.2	--	--
6.40	3.8	53.4	3	0.90	111.4	220	127.4	7.4	27.4	41.0	11.5	37	33	27	24	23	31	30	6.4	9.6	11.5	--	--
6.60	4.5	--	3	0.91	113.2	234	150.3	9.0	26.8	40.2	13.5	42	34	28	25	23	32	31	7.5	11.3	13.5	--	--
6.80	6.7	51.1	3	0.95	115.0	271	222.1	14.3	37.8	56.6	20.0	55	36	30	27	25	34	32	11.1	16.7	20.0	--	--
7.00	4.0	56.2	3	0.90	116.8	224	133.9	7.5	28.6	43.0	12.1	37	33	27	24	23	31	30	6.7	10.0	12.1	--	--
7.20	3.9	66.7	3	0.90	118.5	222	130.7	7.1	29.6	44.4	11.8	36	33	27	24	23	31	30	6.5	9.8	11.8	--	--
7.40	3.7	95.0	3	0.90	120.3	218	124.1	6.5	31.0	46.4	11.2	34	33	27	24	22	30	30	6.2	9.3	11.2	--	--
7.60	4.4	35.4	3	0.91	122.1	232	147.0	7.9	29.4	44.1	13.2	39	33	28	24	23	31	31	7.4	11.0	13.2	--	--
7.80	1.9	47.5	4	0.92	123.9	168	76.0	3.4	34.8	52.3	5.7	9	29	23	20	19	26	27	3.1	4.7	5.6	--	--
8.00	4.9	384.6	3	0.92	125.7	242	163.3	8.7	29.8	44.7	14.7	42	34	28	25	23	32	31	8.2	12.3	14.7	--	--
8.20	4.2	107.5	3	0.91	127.4	228	140.5	7.1	31.8	47.7	12.6	37	33	27	24	23	31	30	7.0	10.5	12.6	--	--
8.40	4.8	8.9	4	1.01	129.4	240	160.1	8.2	30.9	46.4	14.4	41	34	28	25	23	31	31	8.0	12.0	14.4	--	--
8.60	4.0	68.3	3	0.90	131.2	224	133.9	6.4	33.9	50.9	12.1	34	33	27	24	22	30	30	6.7	10.0	12.1	--	--
8.80	7.3	28.5	4	1.03	133.2	280	241.7	13.2	41.1	61.6	21.8	54	36	30	27	25	34	32	12.1	18.1	21.8	--	--
9.00	5.8	218.5	3	0.93	135.0	257	192.7	9.8	32.9	49.3	17.3	46	34	28	25	24	32	32	9.6	14.5	17.3	--	--
9.20	6.7	523.1	3	0.95	136.9	271	222.1	11.5	37.8	56.6	20.0	51	35	29	26	24	33	32	11.1	16.7	20.0	--	--
9.40	6.0	54.0	3	0.94	138.7	260	199.3	9.9	33.9	50.9	17.9	47	35	28	25	24	32	32	10.0	14.9	17.9	--	--
9.60	4.9	26.7	4	1.01	140.7	242	163.3	7.6	34.3	51.5	14.7	39	34	27	24	23	31	31	8.2	12.3	14.7	--	--
9.80	5.7	24.2	4	1.02	142.7	256	189.5	9.0	33.8	50.7	17.1	44	34	28	25	23	32	31	9.5	14.2	17.1	--	--
10.00	5.2	22.1	4	1.01	144.6	247	173.1	7.9	34.9	52.3	15.6	41	34	28	24	23	31	31	8.7	13.0	15.6	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA

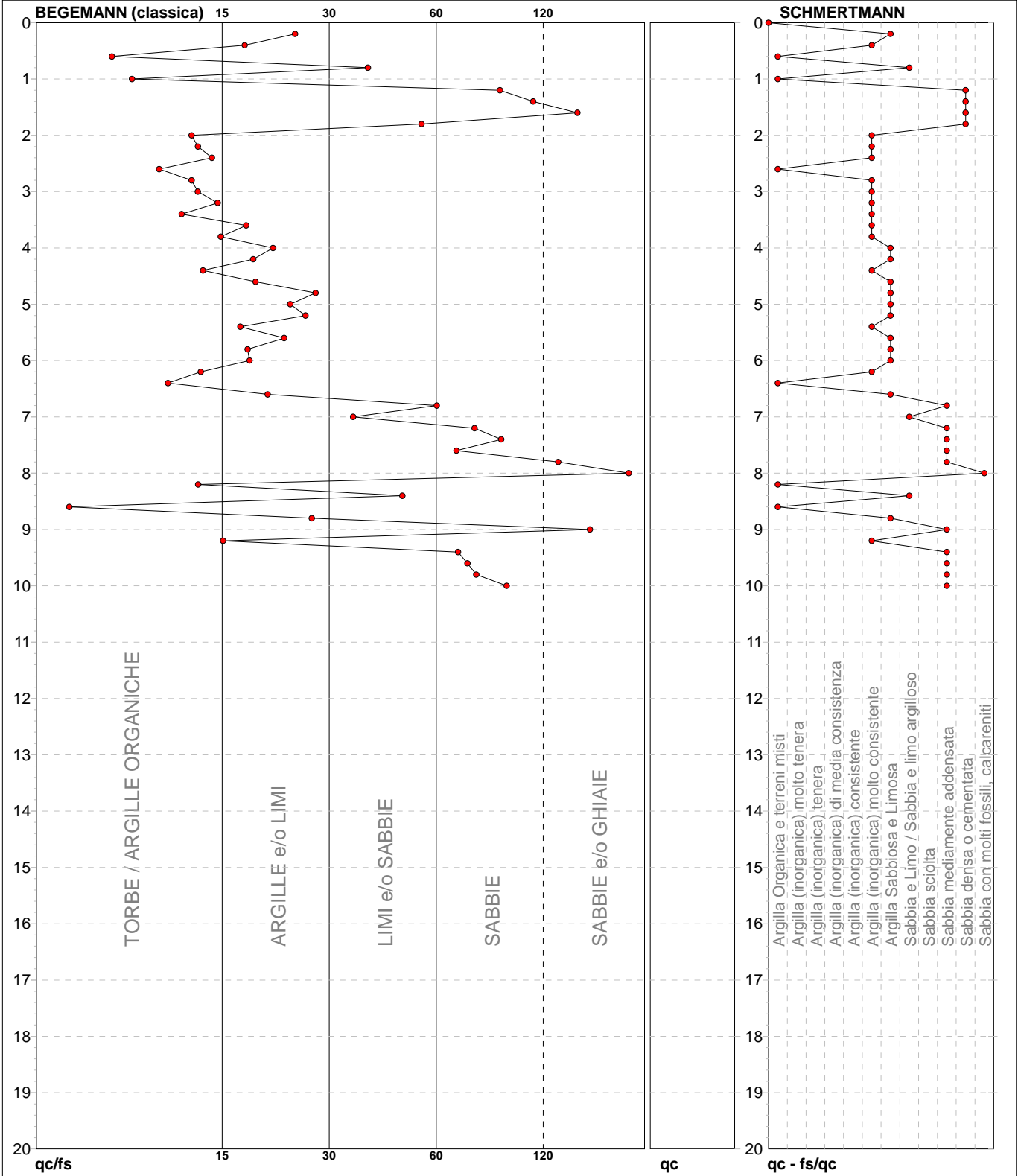
CPT

2

Committente: CIttà Futura Soc. Coop.
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"
Località: Terni (TR)

U.M.: MPa
Scala: 1:100
Pagina: 1
Elaborato:

Data eseg.: 23/02/2022
Falda: -5.50 m da p.c.



Torbe / Argille org. :	64 punti, 64.65%	Argilla Organica e terreni misti:	6 punti, 6.06%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	12 punti, 12.12%
Argille e/o Limi :	18 punti, 18.18%	Argilla (inorganica) molto consist.:	14 punti, 14.14%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	3 punti, 3.03%
Limi e/o Sabbie :	5 punti, 5.05%			Sabbia mediamente addensata:	10 punti, 10.10%
Sabbie:	10 punti, 10.10%			Sabbia densa o cementata:	4 punti, 4.04%
Sabbie e/o Ghiaie :	3 punti, 3.03%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punti, 1.01%

DATI A MERO USO INDICATIVO. L'ASSUNZIONE DEI VALORI E' PIENA ED UNICA RESPONSABILITA' DEL SOGGETTO UTILIZZATORE

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2

Committente: Clttà Futura Soc. Coop.	U.M.: MPa	Data esec.: 23/02/2022
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"	Pagina: 1	
Località: Terni (TR)	Elaborato:	Falda: -5.50 m da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2	
0.20	2.4	24.0	4	1.94	3.8	183	87.1	99.9	14.8	22.2	7.1	100	42	42	39	36	45	28	3.9	5.9	7.1	--	--	
0.40	2.5	17.7	4	1.95	7.6	189	91.0	99.9	15.5	23.2	7.6	88	40	39	36	34	42	28	4.2	6.4	7.6	--	--	
0.60	2.0	7.9	4	1.93	11.4	171	78.4	70.0	13.3	20.0	5.9	69	38	35	33	30	39	27	3.3	4.9	5.9	--	--	
0.80	2.5	37.3	3	1.86	15.0	186	89.1	58.1	15.1	22.7	7.4	70	38	35	32	30	39	28	4.1	6.1	7.4	--	--	
1.00	4.3	8.9	4	2.00	19.0	230	143.7	79.0	24.4	36.7	12.9	84	40	37	34	32	41	31	7.2	10.8	12.9	--	--	
1.20	34.8	83.1	3	2.15	23.2	506	979.0	99.9	166.4	249.7	104.4	100	42	46	44	41	45	40	58.0	87.0	104.4	--	--	
1.40	30.6	101.6	3	2.15	27.4	482	979.0	99.9	166.4	249.7	91.7	100	42	45	42	39	45	40	51.0	76.4	91.7	--	--	
1.60	21.8	132.9	3	2.15	31.6	424	725.2	99.9	123.3	184.9	65.3	100	42	42	40	37	45	38	36.3	54.4	65.3	--	--	
1.80	13.8	51.6	3	2.06	35.6	357	460.6	99.9	78.3	117.5	41.5	100	42	39	37	34	43	36	23.0	34.5	41.5	--	--	
2.00	4.0	12.8	4	2.00	39.6	224	133.9	28.8	22.8	34.2	12.1	63	37	33	30	28	37	30	6.7	10.0	12.1	--	--	
2.20	4.6	13.3	4	2.01	43.5	236	153.5	30.4	26.1	39.2	13.8	66	37	33	30	28	37	31	7.7	11.5	13.8	--	--	
2.40	5.8	14.5	4	2.02	47.4	257	192.7	36.2	32.8	49.1	17.3	72	38	34	31	29	38	32	9.6	14.5	17.3	--	--	
2.60	3.9	10.5	4	2.00	51.4	222	130.7	20.2	22.2	33.3	11.8	56	36	31	28	27	35	30	6.5	9.8	11.8	--	--	
2.80	4.0	12.8	4	2.00	55.3	224	133.9	19.0	22.8	34.2	12.1	55	36	31	28	26	35	30	6.7	10.0	12.1	--	--	
3.00	3.8	13.3	4	2.00	59.2	220	127.4	16.4	21.7	32.5	11.5	52	35	30	27	26	35	30	6.4	9.6	11.5	--	--	
3.20	5.2	15.0	4	2.01	63.1	247	173.1	22.2	29.4	44.1	15.6	61	37	32	29	27	36	31	8.7	13.0	15.6	--	--	
3.40	4.4	12.1	4	2.00	67.1	232	147.0	16.7	25.0	37.5	13.2	54	36	31	28	26	35	31	7.4	11.0	13.2	--	--	
3.60	3.7	17.8	4	1.99	71.0	218	124.1	12.6	21.1	31.7	11.2	47	35	29	26	25	33	30	6.2	9.3	11.2	--	--	
3.80	4.9	15.3	4	2.01	74.9	242	163.3	16.6	27.8	41.7	14.7	55	36	31	28	26	35	31	8.2	12.3	14.7	--	--	
4.00	4.1	21.0	4	2.00	78.8	226	137.2	12.6	23.3	35.0	12.3	47	35	29	26	25	33	30	6.9	10.3	12.3	--	--	
4.20	4.5	18.6	4	2.01	82.8	234	150.3	13.2	25.5	38.3	13.5	49	35	30	27	25	34	31	7.5	11.3	13.5	--	--	
4.40	3.1	13.7	4	1.97	86.6	204	104.5	7.9	20.8	31.3	9.4	36	33	28	24	23	31	29	5.2	7.8	9.4	--	--	
4.60	4.3	18.9	4	2.00	90.5	230	143.7	11.2	24.4	36.7	12.9	46	34	29	26	24	33	31	7.2	10.8	12.9	--	--	
4.80	4.6	27.2	4	2.01	94.5	236	153.5	11.5	26.1	39.2	13.8	47	35	29	26	24	33	31	7.7	11.5	13.8	--	--	
5.00	4.4	23.3	4	2.00	98.4	232	147.0	10.4	25.0	37.5	13.2	44	34	29	26	24	32	31	7.4	11.0	13.2	--	--	
5.20	3.3	25.6	4	1.98	102.3	209	111.1	7.0	25.7	38.6	10.0	34	33	27	24	22	31	29	5.6	8.3	10.0	--	--	
5.40	3.0	17.2	4	1.97	106.1	202	101.3	5.9	28.2	42.3	9.1	30	32	26	23	22	30	29	5.1	7.6	9.1	--	--	
5.60	4.1	22.5	4	1.00	108.1	226	137.2	8.5	25.7	38.5	12.3	40	34	28	25	23	32	30	6.9	10.3	12.3	--	--	
5.80	5.3	18.0	4	1.01	110.1	249	176.4	11.3	30.0	45.0	15.9	48	35	29	26	24	33	31	8.8	13.2	15.9	--	--	
6.00	5.0	18.2	4	1.01	112.1	243	166.6	10.3	28.3	42.5	15.0	46	34	29	26	24	32	31	8.3	12.5	15.0	--	--	
6.20	3.6	13.6	4	0.99	114.0	216	120.9	6.8	29.0	43.5	10.9	34	33	27	24	22	31	30	6.0	9.1	10.9	--	--	
6.40	2.0	11.1	4	0.93	115.8	171	78.4	3.9	32.5	48.8	5.9	13	30	24	21	19	27	27	3.3	4.9	5.9	--	--	
6.60	3.7	20.3	4	0.99	117.7	218	124.1	6.7	30.0	45.0	11.2	34	33	27	24	22	31	30	6.2	9.3	11.2	--	--	
6.80	6.3	56.6	3	0.94	119.6	265	209.1	12.6	35.5	53.3	18.8	52	35	29	26	25	33	32	10.5	15.7	18.8	--	--	
7.00	5.8	34.1	3	0.93	121.4	257	192.7	11.2	32.8	49.1	17.3	49	35	29	26	24	33	32	9.6	14.5	17.3	--	--	
7.20	5.6	71.3	3	0.93	123.2	254	186.2	10.5	31.7	47.5	16.8	47	35	29	26	24	33	31	9.3	14.0	16.8	--	--	
7.40	6.6	83.8	3	0.95	125.1	270	218.9	12.6	37.2	55.8	19.7	52	35	29	26	25	33	32	10.9	16.4	19.7	--	--	
7.60	2.9	63.8	3	0.88	126.8	199	98.0	4.5	35.3	53.0	8.8	24	31	25	22	21	29	29	4.9	7.4	8.8	--	--	
7.80	7.0	118.3	3	0.95	128.7	276	231.9	13.1	39.4	59.1	20.9	54	36	30	27	25	34	32	11.6	17.4	20.9	--	--	
8.00	4.8	181.5	3	0.92	130.5	240	160.1	8.1	31.2	46.8	14.4	40	34	28	25	23	31	31	8.0	12.0	14.4	--	--	
8.20	0.8	13.3	2	0.86	132.1	121	39.2	1.4	23.1	34.6	3.4	--	28	19	15	14	25	26	1.3	2.0	2.4	--	--	
8.40	3.9	46.0	3	0.90	133.9	222	130.7	6.1	35.3	52.9	11.8	33	33	27	23	22	30	30	6.5	9.8	11.8	--	--	
8.60	1.3	6.1	2	0.93	135.7	145	59.3	2.2	32.4	48.6	4.6	--	28	21	17	17	25	26	2.1	3.2	3.8	--	--	
8.80	2.9	26.5	4	0.96	137.6	199	98.0	4.1	38.4	57.6	8.8	22	31	25	22	20	28	29	4.9	7.4	8.8	--	--	
9.00	7.4	143.4	3	0.96	139.5	283	248.3	12.9	42.2	63.3	22.3	54	36	30	26	25	33	33	12.4	18.6	22.3	--	--	
9.20	2.8	15.5	4	0.96	141.4	197	96.3	3.9	39.7	59.5	8.5	21	31	25	21	20	28	29	4.7	7.1	8.5	--	--	
9.40	6.8	64.5	3	0.95	143.2	273	225.4	11.1	38.3	57.5	20.3	50	35	29	26	24	33	32	11.3	16.9	20.3	--	--	
9.60	7.2	68.2	3	0.96	145.1	279	238.5	11.7	40.5	60.8	21.5	52	35	29	26	24	33	32	11.9	17.9	21.5	--	--	
9.80	7.1	72.0	3	0.95	147.0	277	235.2	11.3	40.0	60.0	21.2	51	35	29	26	24	33	32	11.8	17.6	21.2	--	--	
10.00	5.7	86.6	3	0.93	148.8	256	189.5	8.5	35.3	53.0	17.1	43	34	28	25	23	32	31	9.5	14.2	17.1	--	--	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIAGRAMMI LITOLOGIA

CPT

3

Committente: CIttà Futura Soc. Coop.

Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"

Località: Terni (TR)

U.M.: MPa

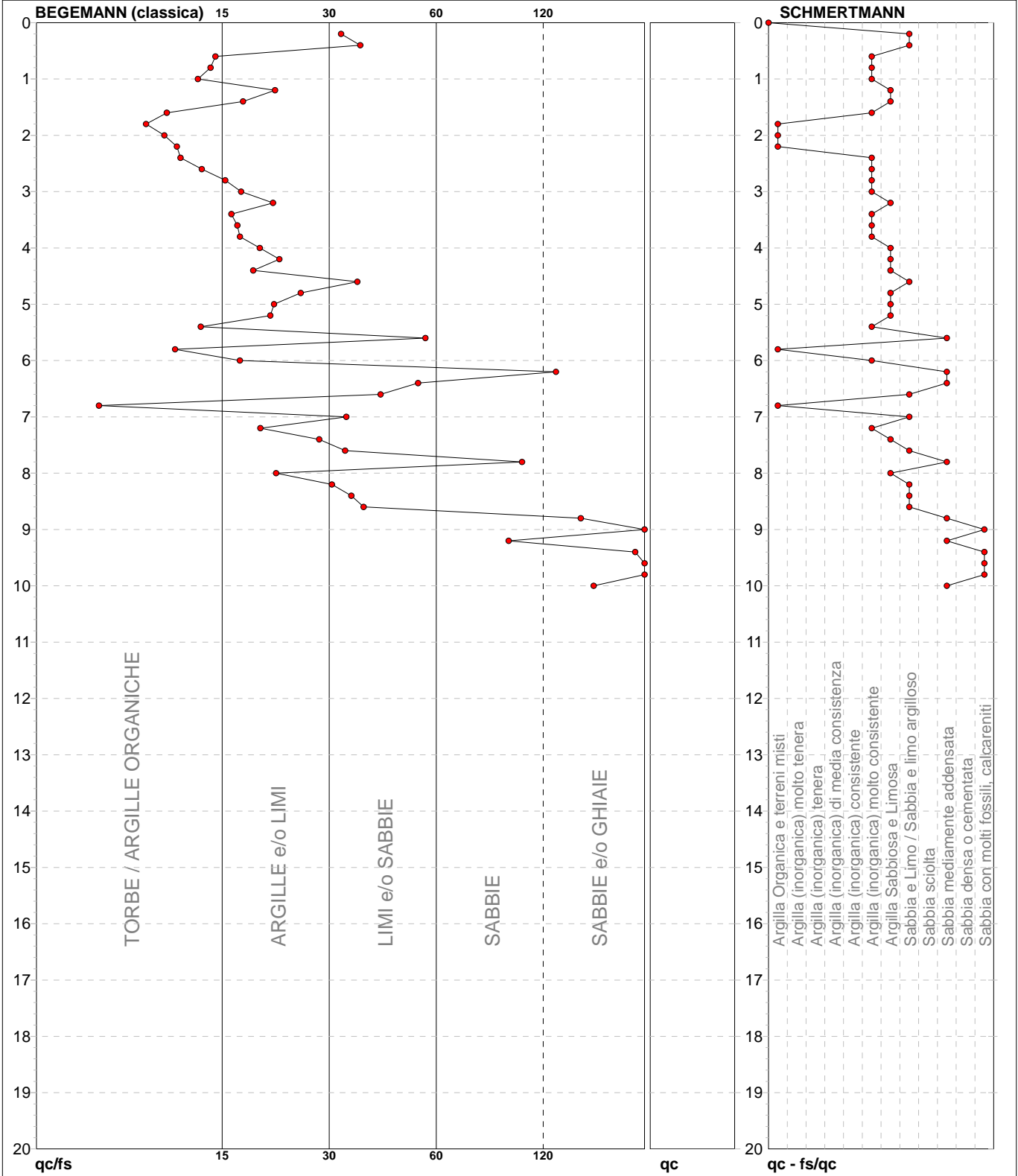
Scala: 1:100

Pagina: 1

Elaborato:

Data eseg.: 23/02/2022

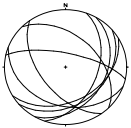
Falda: -5.50 m da p.c.



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	3

Committente: Città Futura Soc. Coop.	U.M.: MPa	Data esec.: 23/02/2022
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Primaria "Le Grazie"	Pagina: 1	
Località: Terni (TR)	Elaborato:	Falda: -5.50 m da p.c.

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'_{vo} kPa	Vs m/s	Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2	
0.20	7.1	31.7	3	1.95	3.8	277	235.2	99.9	40.0	60.0	21.2	100	42	47	45	42	45	32	11.8	17.6	21.2	--	--	
0.40	8.1	35.6	3	1.97	7.7	293	271.1	99.9	46.1	69.1	24.4	100	42	44	42	39	45	33	13.6	20.3	24.4	--	--	
0.60	7.9	14.8	4	2.03	11.7	290	264.6	99.9	45.0	67.5	23.8	100	42	42	40	37	45	33	13.2	19.8	23.8	--	--	
0.80	6.9	14.4	4	2.03	15.7	274	228.7	99.9	38.9	58.3	20.6	100	42	40	37	35	43	32	11.4	17.2	20.6	--	--	
1.00	5.4	13.3	4	2.01	19.6	251	179.7	99.9	30.5	45.8	16.2	91	41	38	35	33	41	31	9.0	13.5	16.2	--	--	
1.20	5.0	21.3	4	2.01	23.5	243	166.6	72.5	28.3	42.5	15.0	84	40	36	34	31	40	31	8.3	12.5	15.0	--	--	
1.40	6.9	17.5	4	2.03	27.5	274	228.7	88.6	38.9	58.3	20.6	91	41	37	34	32	41	32	11.4	17.2	20.6	--	--	
1.60	6.0	11.0	4	2.02	31.5	260	199.3	63.1	33.9	50.8	17.9	83	40	36	33	31	40	32	10.0	14.9	17.9	--	--	
1.80	3.4	9.7	4	1.98	35.3	211	114.3	27.2	19.4	29.2	10.3	61	37	32	30	28	37	29	5.7	8.6	10.3	--	--	
2.00	3.3	10.9	4	1.98	39.2	209	111.1	23.1	18.9	28.3	10.0	57	36	32	29	27	36	29	5.6	8.3	10.0	--	--	
2.20	3.1	11.7	4	1.97	43.1	204	104.5	19.0	17.8	26.7	9.4	53	35	31	28	26	35	29	5.2	7.8	9.4	--	--	
2.40	3.1	12.0	4	1.97	47.0	204	104.5	17.1	17.8	26.7	9.4	51	35	31	28	26	35	29	5.2	7.8	9.4	--	--	
2.60	2.9	13.6	4	1.96	50.8	199	98.0	14.3	16.7	25.0	8.8	47	35	30	27	25	34	29	4.9	7.4	8.8	--	--	
2.80	4.3	15.7	4	2.00	54.7	230	143.7	21.0	24.4	36.7	12.9	58	36	31	29	27	36	31	7.2	10.8	12.9	--	--	
3.00	4.4	17.3	4	2.00	58.7	232	147.0	19.8	25.0	37.5	13.2	57	36	31	28	26	35	31	7.4	11.0	13.2	--	--	
3.20	4.1	21.0	4	2.00	62.6	226	137.2	16.8	23.3	35.0	12.3	53	35	31	28	26	35	30	6.9	10.3	12.3	--	--	
3.40	3.7	16.3	4	1.99	66.5	218	124.1	13.7	21.1	31.7	11.2	48	35	30	27	25	34	30	6.2	9.3	11.2	--	--	
3.60	3.4	16.9	4	1.98	70.4	211	114.3	11.5	19.4	29.2	10.3	44	34	29	26	24	33	29	5.7	8.6	10.3	--	--	
3.80	3.8	17.2	4	2.00	74.3	220	127.4	12.3	21.7	32.5	11.5	46	34	29	26	25	33	30	6.4	9.6	11.5	--	--	
4.00	4.3	19.4	4	2.00	78.2	230	143.7	13.4	24.4	36.7	12.9	49	35	30	27	25	34	31	7.2	10.8	12.9	--	--	
4.20	4.7	21.8	4	2.01	82.1	238	156.8	14.1	26.7	40.0	14.1	51	35	30	27	25	34	31	7.8	11.8	14.1	--	--	
4.40	4.5	18.6	4	2.01	86.1	234	150.3	12.6	25.5	38.3	13.5	48	35	29	26	25	33	31	7.5	11.3	13.5	--	--	
4.60	3.4	35.0	3	1.89	89.7	211	114.3	8.5	21.3	32.0	10.3	38	33	28	25	23	32	29	5.7	8.6	10.3	--	--	
4.80	3.7	24.8	4	1.99	93.6	218	124.1	8.9	22.2	33.3	11.2	40	34	28	25	23	32	30	6.2	9.3	11.2	--	--	
5.00	4.4	21.1	4	2.00	97.6	232	147.0	10.5	25.0	37.5	13.2	45	34	29	26	24	33	31	7.4	11.0	13.2	--	--	
5.20	4.3	20.7	4	2.00	101.5	230	143.7	9.7	24.6	36.9	12.9	43	34	28	25	24	32	31	7.2	10.8	12.9	--	--	
5.40	3.6	13.6	4	1.99	105.4	216	120.9	7.4	25.9	38.8	10.9	36	33	27	24	23	31	30	6.0	9.1	10.9	--	--	
5.60	4.5	52.9	3	0.91	107.2	234	150.3	9.6	25.8	38.7	13.5	43	34	28	25	24	32	31	7.5	11.3	13.5	--	--	
5.80	2.4	11.6	4	0.94	109.0	183	87.1	4.7	30.3	45.4	7.1	20	31	25	22	21	28	28	3.9	5.9	7.1	--	--	
6.00	3.9	17.2	4	1.00	111.0	222	130.7	7.7	26.9	40.4	11.8	37	33	27	24	23	31	30	6.5	9.8	11.8	--	--	
6.20	6.9	116.7	3	0.95	112.9	274	228.7	15.2	38.9	58.3	20.6	56	36	30	27	25	34	32	11.4	17.2	20.6	--	--	
6.40	4.3	50.6	3	0.91	114.6	230	143.7	8.3	27.3	40.9	12.9	40	34	28	25	23	32	31	7.2	10.8	12.9	--	--	
6.60	2.6	40.3	3	0.87	116.3	192	92.8	4.7	32.3	48.5	7.9	23	31	25	22	21	29	28	4.4	6.6	7.9	--	--	
6.80	1.9	7.3	2	0.99	118.3	168	76.0	3.6	33.4	50.1	5.7	10	29	23	20	19	27	27	3.1	4.7	5.6	--	--	
7.00	3.6	32.7	3	0.89	120.0	216	120.9	6.3	31.2	46.8	10.9	33	33	27	24	22	30	30	6.0	9.1	10.9	--	--	
7.20	3.4	19.4	4	0.98	121.9	211	114.3	5.8	32.6	48.9	10.3	31	32	26	23	22	30	29	5.7	8.6	10.3	--	--	
7.40	4.9	27.8	4	1.01	123.9	242	163.3	8.9	29.4	44.0	14.7	42	34	28	25	23	32	31	8.2	12.3	14.7	--	--	
7.60	3.8	32.5	3	0.90	125.7	220	127.4	6.4	32.6	48.9	11.5	34	33	27	24	22	30	30	6.4	9.6	11.5	--	--	
7.80	3.7	95.0	3	0.90	127.4	218	124.1	6.1	33.6	50.4	11.2	32	33	27	23	22	30	30	6.2	9.3	11.2	--	--	
8.00	3.9	21.4	4	1.00	129.4	222	130.7	6.4	33.6	50.4	11.8	34	33	27	24	22	30	30	6.5	9.8	11.8	--	--	
8.20	4.7	30.0	4	1.01	131.4	238	156.8	7.8	31.7	47.6	14.1	40	34	28	24	23	31	31	7.8	11.8	14.1	--	--	
8.40	5.3	33.8	3	0.92	133.2	249	176.4	8.9	31.6	47.3	15.9	43	34	28	25	23	32	31	8.8	13.2	15.9	--	--	
8.60	6.7	36.4	3	0.95	135.0	271	222.1	11.7	37.8	56.6	20.0	51	35	29	26	24	33	32	11.1	16.7	20.0	--	--	
8.80	9.7	135.6	3	1.00	137.0	313	323.4	18.4	55.0	82.5	29.1	63	37	31	28	26	35	34	16.2	24.3	29.1	--	--	
9.00	7.5	285.2	3	0.96	138.9	284	251.5	13.2	42.8	64.1	22.6	54	36	30	27	25	34	33	12.6	18.9	22.6	--	--	
9.20	9.7	87.6	3	1.00	140.8	313	323.4	17.7	55.0	82.5	29.1	63	37	31	28	26	35	34	16.2	24.3	29.1	--	--	
9.40	9.8	188.7	3	1.00	142.8	314	326.7	17.7	55.5	83.3	29.4	63	37	31	28	26	35	34	16.3	24.5	29.4	--	--	
9.60	8.4	215.0	3	0.98	144.7	297	280.9	14.4	47.8	71.6	25.3	57	36	30	27	25	34	33	14.0	21.1	25.3	--	--	
9.80	10.2	260.0	3	1.01	146.7	319	339.7	17.9	57.8	86.6	30.6	63	37	31	28	26	35	34	17.0	25.5	30.6	--	--	
10.00	8.6	146.7	3	0.98	148.6	299	287.5	14.3	48.9	73.3	25.9	57	36	30	27	25	34	33	14.4	21.6	25.9	--	--	



REPORT ANALISI GEOTECNICHE

Allegato **2**

CERTIFICATI ANALISI GEOTECNICHE
DI LABORATORIO

Campione CPT1-C1

**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.

RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)

SONDAGGIO: CPT1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.40 - 1.70

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	25,6	%
Peso di volume	19,5	kN/m ³
Peso di volume secco	15,5	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,8	kN/m ³
Peso specifico	2,79	
Indice dei vuoti	0,764	
Porosità	43,3	%
Grado di saturazione	93,4	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	53,5	%
Limite di plasticità	25,4	%
Indice di plasticità	28,1	%
Indice di consistenza	0,99	
Passante al set. n° 40	NO	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	3,7	%
Sabbia	20,9	%
Limo	48,0	%
Argilla	27,4	%

**TERRA S.n.c.**

Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.**RIFERIMENTO:** Le Grazie, Terni (TR)**SONDAGGIO:** CPT1**CAMPIONE:** C1**PROFONDITA':** m 1.40 - 1.70**TIPO DI CAMPIONE**

- ☒ Cilindrico
☐ Cubico
☐ Massivo

QUALITA' DEL CAMPIONE

- ☒ Q5 (Ottima)
☐ Q4 (Buona)
☐ Q3 (Sufficiente)
☐ Q2 (Insufficiente)
☐ Q1 (Pessima)

DIMENSIONE DEL CAMPIONE

Diametro: 80 mm

CONTENITORE

Fustella metallica



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00172 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 09/03/22

Inizio analisi: 04/03/22

Apertura campione:

Fine analisi: 05/03/22

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.

RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)

SONDAGGIO: CPT1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.40 - 1.70

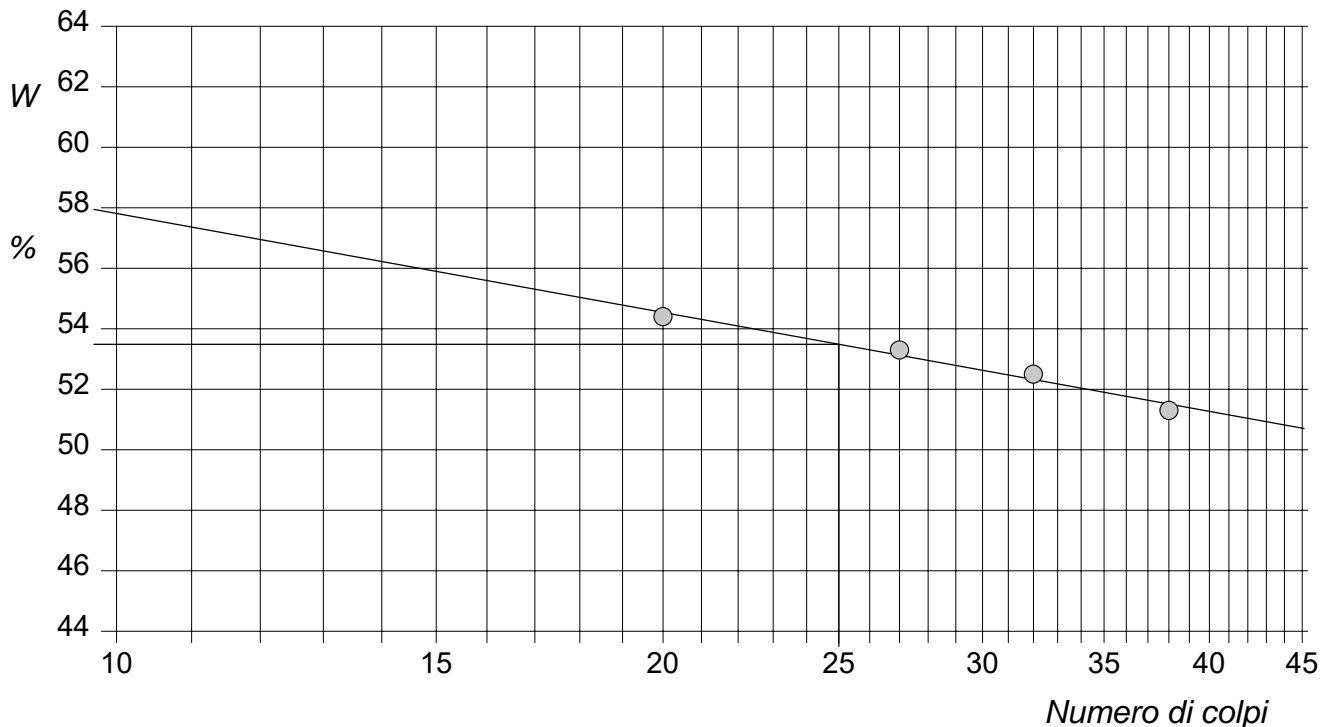
LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	53,5 %
Limite di plasticità	25,4 %
Indice di plasticità	28,1 %

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	20	27	32	38		Umidità (%)	25,9	24,9
Umidità (%)	54,4	53,3	52,5	51,3		Umidità media	25,4	

Determinazione del Limite di liquidità





TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00172 Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 09/03/22

Inizio analisi: 04/03/22

Apertura campione:

Fine analisi: 05/03/22

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.

RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)

SONDAGGIO: CPT1

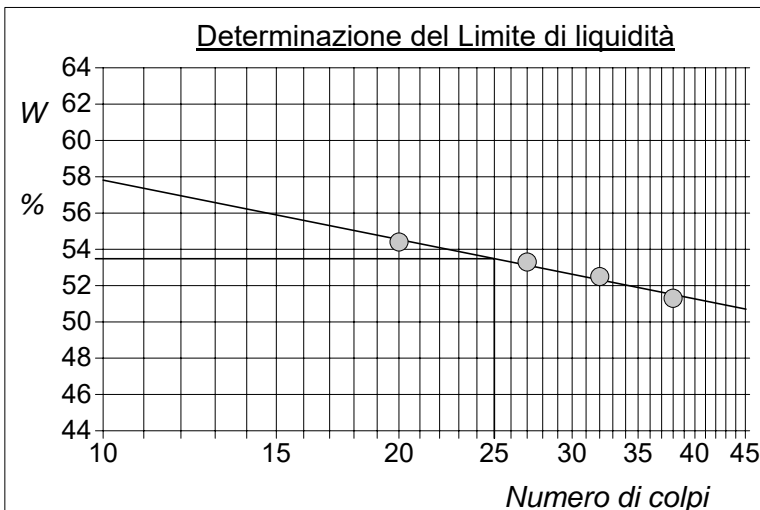
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.40 - 1.70

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318

Limite di liquidità	53,5	%
Limite di plasticità	25,4	%
Indice di plasticità	28,1	%
Indice di consistenza	0,99	
Passante al set. n° 40	NO	



C - Argille inorganiche

M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

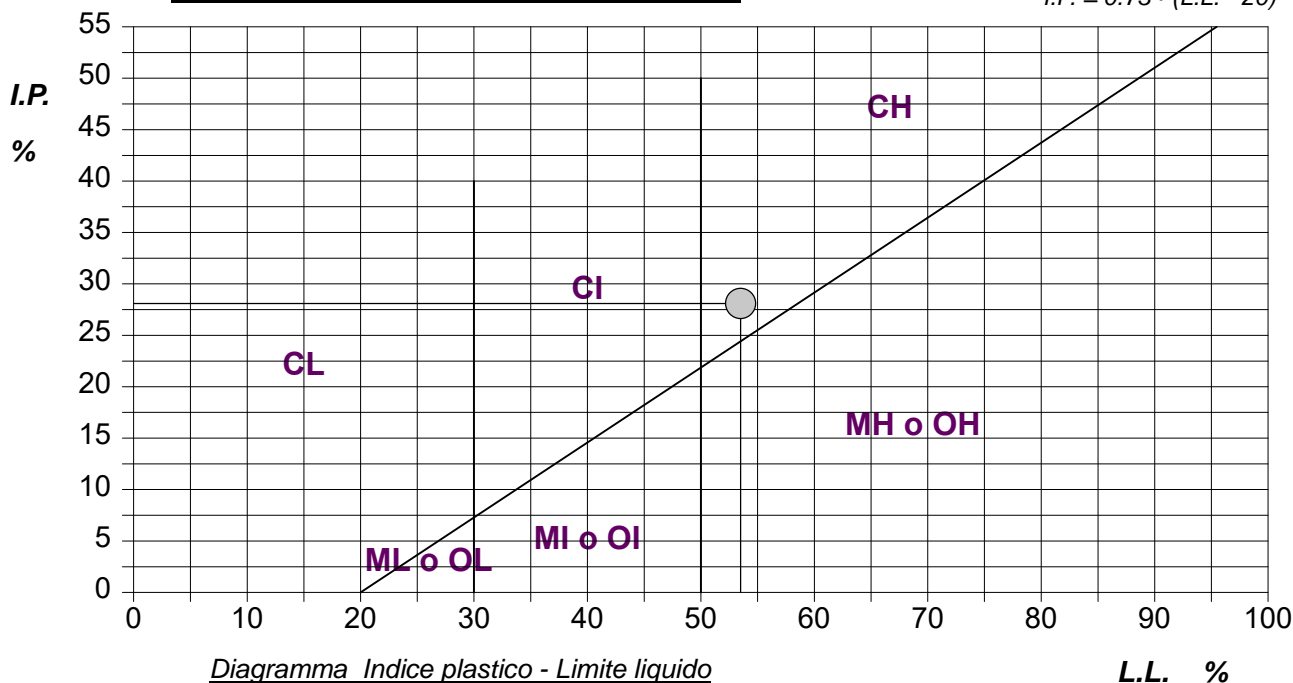
L - Bassa plasticità

I - Media plasticità

H - Alta plasticità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

$$I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$$





TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00173 Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 09/03/22

Inizio analisi: 26/02/22

Apertura campione:

Fine analisi: 01/03/22

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.

RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)

SONDAGGIO: CPT1

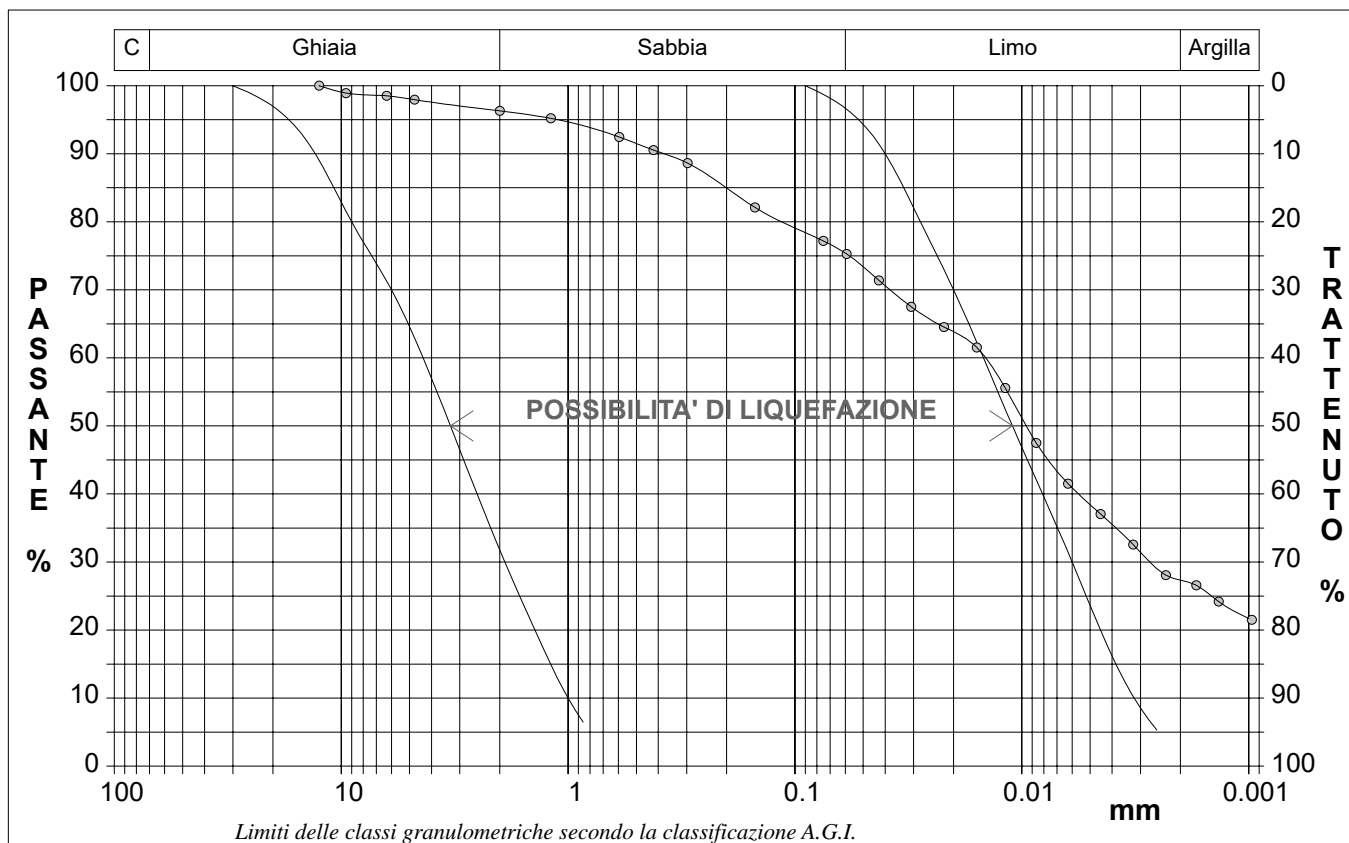
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.40 - 1.70

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

Ghiaia	3,7 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	96,3 %	D10	0,00023 mm
Sabbia	20,9 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	90,5 %	D30	0,00267 mm
Limo	48,0 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	77,2 %	D50	0,00953 mm
Argilla	27,4 %			D60	0,01465 mm
				D90	0,38088 mm
Coefficiente di uniformità		64,27	Coefficiente di curvatura		2,14



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
12,5000	100,00	1,1900	95,20	0,0750	77,19	0,0158	61,54	0,0032	32,56
9,5200	98,91	0,5950	92,46	0,0592	75,28	0,0118	55,56	0,0023	28,08
6,3000	98,52	0,4200	90,54	0,0427	71,39	0,0086	47,50	0,0017	26,59
4,7500	97,94	0,2970	88,62	0,0307	67,51	0,0063	41,52	0,0014	24,20
2,0000	96,30	0,1500	82,10	0,0220	64,52	0,0045	37,04	0,0010	21,51

Sperimentatore
Roberta Ficiara

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00173 Allegato 1	DATA DI EMISSIONE: 09/03/22	Inizio analisi: 26/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione:	Fine analisi: 01/03/22

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.
RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)
SONDAGGIO: CPT1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 1.40 - 1.70

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 422

SETACCIATURA

Peso totale: 399,00 g		Diametro massimo: 12,500 mm				
Setaccio	Diametro mm	Tratt. cumulato g	Tratt. parziale g	Trattenuto %	Pass. cumulato g	Passante %
9.52 mm	9,520	4,360	4,360	1,09	394,640	98,91
6.3 mm	6,300	5,920	1,560	1,48	393,080	98,52
n° 4	4,750	8,200	2,280	2,06	390,800	97,94
n° 10	2,000	14,760	6,560	3,70	384,240	96,30
n° 16	1,190	19,150	4,390	4,80	379,850	95,20
n° 30	0,595	30,080	10,930	7,54	368,920	92,46
n° 40	0,420	37,730	7,650	9,46	361,270	90,54
n° 50	0,297	45,420	7,690	11,38	353,580	88,62
n° 100	0,150	71,420	26,000	17,90	327,580	82,10
n° 200	0,075	91,000	19,580	22,81	308,000	77,19

SEDIMENTAZIONE

Peso totale: 40,28 g		Temperatura: 15,0°		Peso specifico: 2,79		Densimetro: ASTM H151
Correzione menisco: 0,5		Correzione dispersivo: -2,1		Correzione temperatura: -1,0		
Tempo minuti	Lettura densimetro	Lettura corretta	Prof. bulbo cm	Velocità cm/sec	Diametro mm	Passante %
0,50	27,8	25,2	8,810	17,620	0,05918	75,28
1,00	26,5	23,9	9,154	9,154	0,04265	71,39
2,00	25,2	22,6	9,498	4,749	0,03072	67,51
4,00	24,2	21,6	9,763	2,441	0,02202	64,52
8,00	23,2	20,6	10,027	1,253	0,01578	61,54
15,00	21,2	18,6	10,556	0,704	0,01183	55,56
30,00	18,5	15,9	11,271	0,376	0,00864	47,50
60,00	16,5	13,9	11,800	0,197	0,00625	41,52
120,00	15,0	12,4	12,197	0,102	0,00449	37,04
240,00	13,5	10,9	12,594	0,052	0,00323	32,56
480,00	12,0	9,4	12,991	0,027	0,00232	28,08
900,00	11,5	8,9	13,123	0,015	0,00170	26,59
1440,00	10,7	8,1	13,335	0,009	0,00136	24,20
2880,00	9,8	7,2	13,573	0,005	0,00097	21,51

Spesimentatore

Roberta Ficiara

Il direttore del laboratorio

Paolo Bartocini



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00174 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 09/03/22

Inizio analisi: 24/02/22

Apertura campione:

Fine analisi: 24/02/22

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.

RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)

SONDAGGIO: CPT1

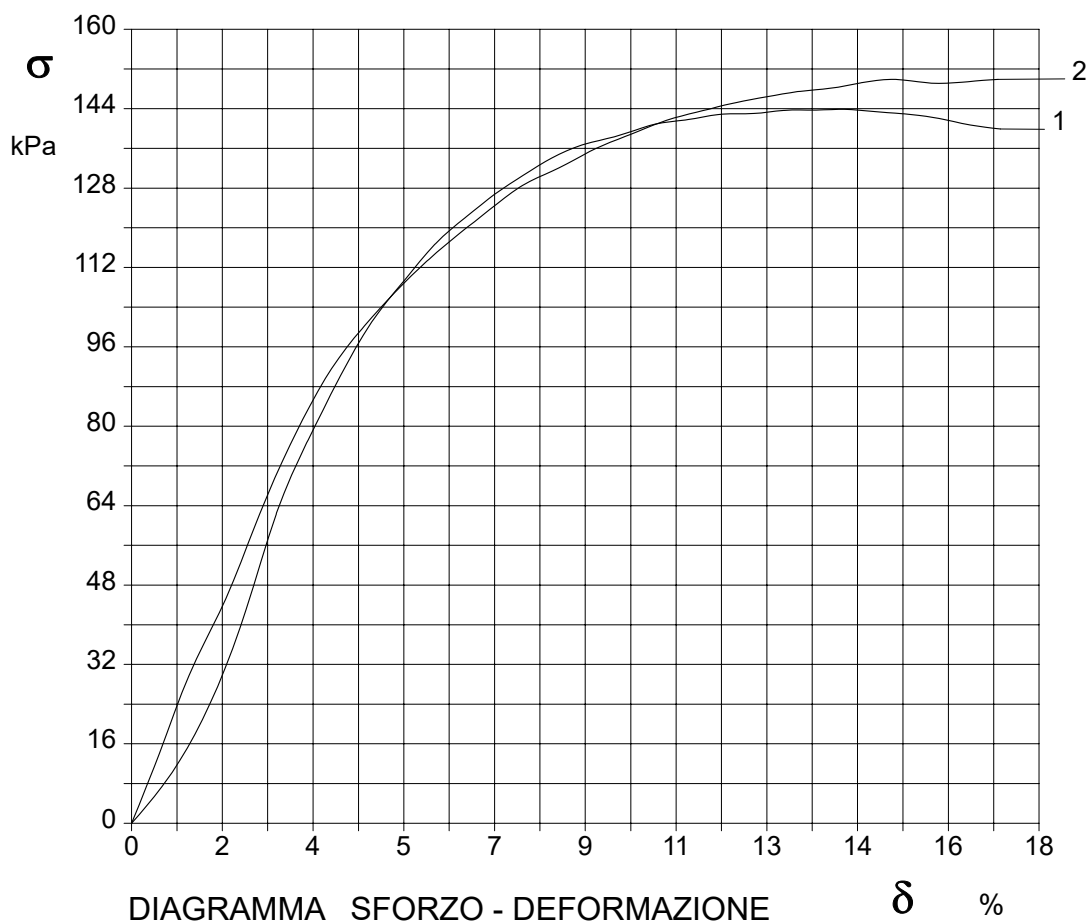
CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.40 - 1.70

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

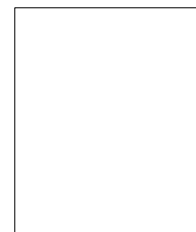
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,000	1,000	-----
Altezza (cm):	5,70	5,70	-----
Sezione (cm²):	11,34	11,34	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,3	19,6	-----
Umidità naturale (%):	25,7	23,5	-----
Deformazione a rottura (%):	14,14	17,29	-----
Sforzo a rottura (kPa):	143,9	150,0	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

CERTIFICATO DI PROVA N°: 00174 Pagina 2/2	DATA DI EMISSIONE: 09/03/22	Inizio analisi: 24/02/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del	Apertura campione:	Fine analisi: 24/02/22

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.				
RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)				
SONDAGGIO: CPT1	CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	1.40 - 1.70	

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166

[illegible]



CERTIFICATO DI PROVA N°: 00175 Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: del

DATA DI EMISSIONE: 09/03/22

Inizio analisi: 24/02/22

Apertura campione:

Fine analisi: 04/03/22

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.

RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)

SONDAGGIO: CPT1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 1.40 - 1.70

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

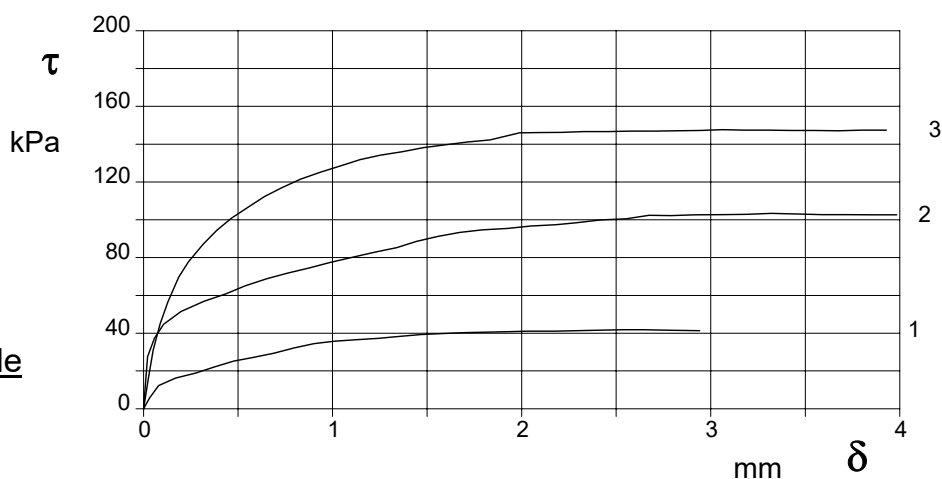
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	196	294
Tensione a rottura (kPa):	42	103	148
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,53 0,30	3,32 0,28	3,06 0,24
Umidità iniziale e umidità finale (%):	26,8 30,0	27,8 25,0	25,2 27,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,3 19,8	19,7 19,3	19,5 19,8
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	93,6 100,0	90,3 100,1	93,1 100,0
Tipo di prova: Consolidata - lenta Tempo di consolidazione (ore): 24 Velocità di deformazione: 0,002 mm / min			

DIAGRAMMA

Tensione

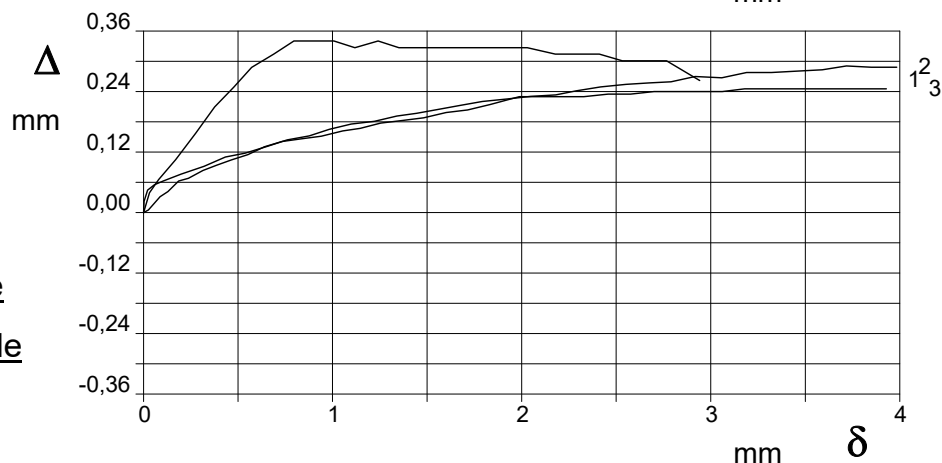
Deformazione orizzontale



DIAGRAMMA

Deformazione verticale

Deformazione orizzontale





**AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITA'
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
 D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.				
RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)				
SONDAGGIO:	CPT1	CAMPIONE:	C1	PROFONDITA': m 1.40 - 1.70

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartoccini

COMMITTENTE: CITTA FUTURA S.c.a.r.l.				
RIFERIMENTO: Le Grazie, Terni (TR)				
SONDAGGIO: CPT1		CAMPIONE: C1	PROFONDITA': m	1.40 - 1.70

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	49	196	294
Tensione a rottura (kPa):	42	103	148
Deformazione orizzontale e verticale a rottura (mm):	2,53 0,30	3,32 0,28	3,06 0,24
Umidità iniziale e umidità finale (%):	26,8 30,0	27,8 25,0	25,2 27,1
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,3 19,8	19,7 19,3	19,5 19,8
Grado di saturazione iniziale e finale (%):	93,6 100,0	90,3 100,0	93,1 100,0

DIAGRAMMA Tensione - Pressione verticale

Coesione: 19,7 kPa
Angolo di attrito interno: 23,3 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta
Velocità di deformazione: 0,002 mm / min
Tempo di consolidazione (ore): 24

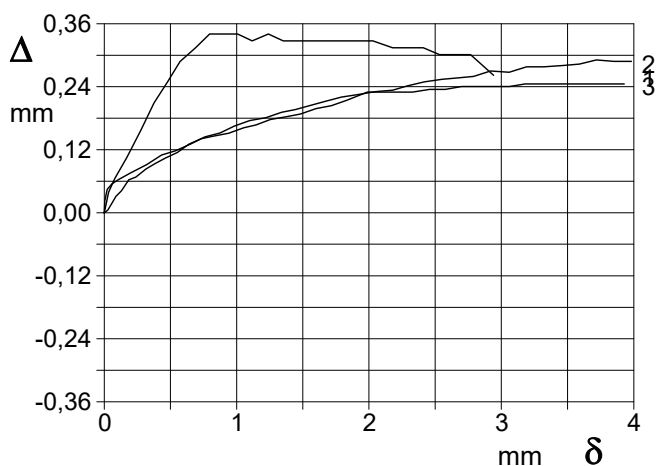
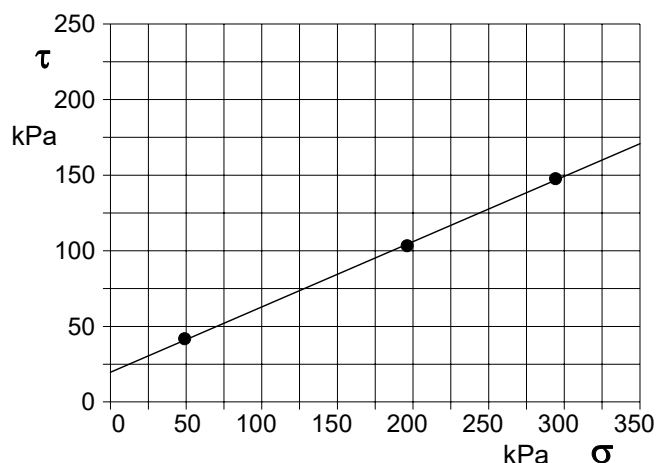


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

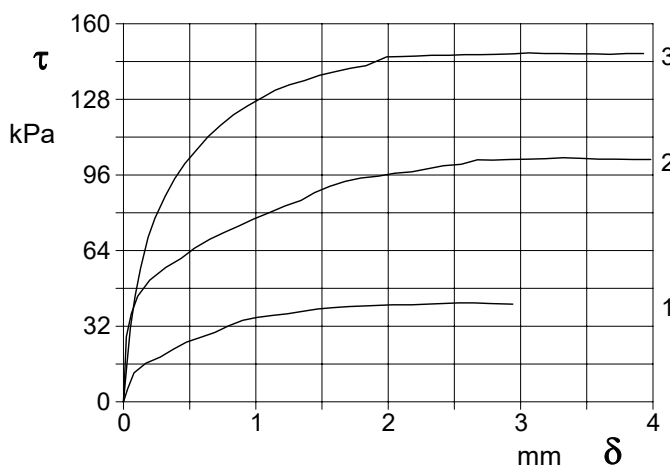
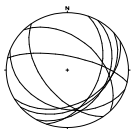


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



REPORT INDAGINI GEOFISICHE

Allegato **3**

REPORT INDAGINI GEOFISICHE ATTIVE MULTICANALE
"MASW" IN ONDE DI RAYLEIGH (ZVF)

MW 1

REPORT INDAGINI GEOFISICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA
CON TECNICA "HVSr"

HV1

Regione Umbria

Provincia di Terni

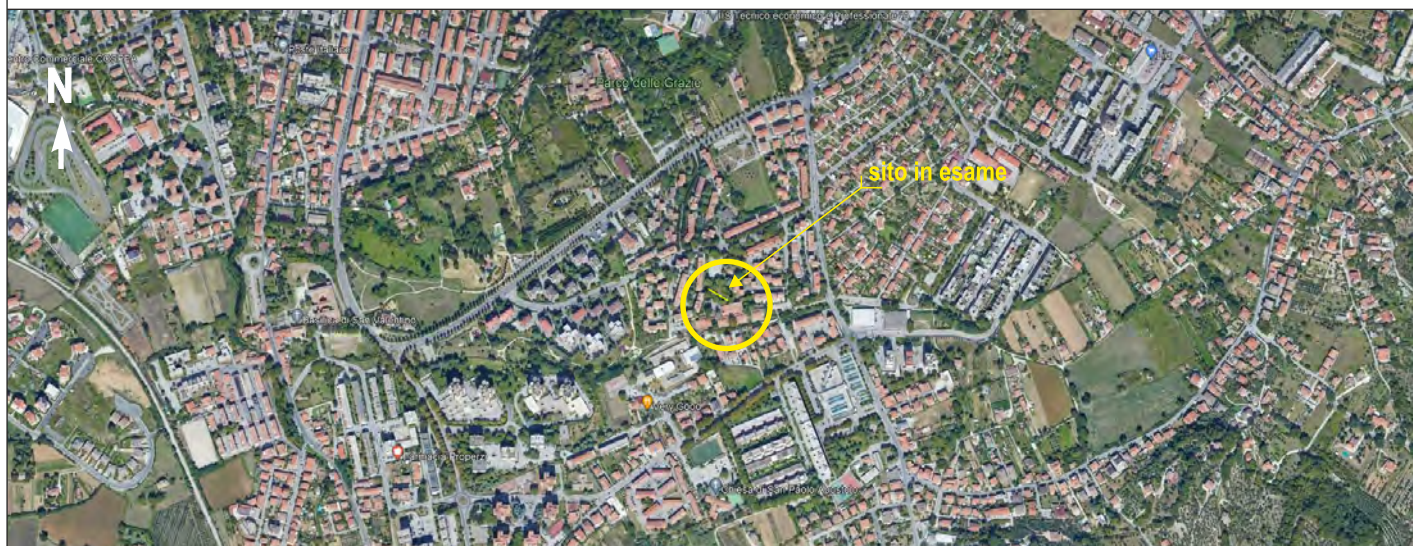
COMUNE DI TERNI

Ubicazione Cantiere:

TERNI
Scuola Primaria "Le Grazie"

Oggetto:

REPORT INDAGINI GEOFISICHE



Committente: Città Futura Soc. Coop.

Data esecuzione: 23 Febbraio 2022



Terra S.n.c. Servizi al territorio
di R. Ficiarà, Paolo Bartoccini & C.

via comunale V. Veneto n. 48
06055 - PAPIANO (PG)

RECAPITI

tel. 0758795142 - 0758089539
fax: 0757823018
mobile: 3339177996
mail: info@laboratoriogeotecnico.it

Laboratorio aut. D.M. n° 2612 del
26/03/2010

Settore A (prove di laboratorio su terreni
con estensione prova di carico su pali)

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO


PAOLO BARTOCCINI

SPERIMENTATORE


DOTT. GEOL. GIORGIO PIGNANI

1.0 PREMESSA.....	2
1.1 ELABORATI E ALLEGATI	2
2.0 UBICAZIONE SITO E PUNTI DI INDAGINE.....	2
3.0 REPORT INDAGINI GEOFISICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA.....	3
3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	3
3.2 CENNI TEORICI TECNICA "HVSr"	3
3.3 RISULTATI INDAGINE "HV1"	6
4.0 REPORT INDAGINI GEOFISICHE ATTIVE MULTICANALE.....	7
4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	7
4.1.1 Sorgente meccanica per generazione onde di superficie	7
4.1.2 Sistema di ricezione dei segnali.....	7
4.1.3 Sismografo.....	7
4.1.4 Trigger (start)	8
4.2 CENNI TEORICI TECNICA "MASW"	8
4.3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE STENDIMENTO "MASW"	9
4.4 RISULTATI INDAGINE "MW1"	10
4.4.1 Profilo V_s di sito.....	10
4.4.2 Calcolo $V_{s,eq}$	10
5.0 CONCLUSIONI.....	11
BIBLIOGRAFIA.....	12



1.0 PREMESSA

In data 23 Febbraio 2022, è stata effettuata una campagna di INDAGINE GEOFISICA mediante esecuzione di:

- n. 1 INDAGINE PASSIVA A STAZIONE SINGOLA con tecnica dei rapporti spettrali di Nakamura "HVSr" (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), denominata "HV1",
- n. 1 INDAGINE ATTIVA MULTICANALE "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves) mediante analisi della dispersione della componente verticale delle onde di Rayleigh (ZVF), denominata "MW1".

Le indagini geofisiche, analizzate anche in via congiunta tramite utilizzo di software dedicato (winMASW® Academy, release 2018), sono state eseguite per:

- ricavare il profilo V_s di sito fino oltre i 30 m dal p.c.,
- definire il valore e/o i valori di frequenza di sito (al p.c. con microtremori).

1.1 ELABORATI E ALLEGATI

Si allegano alla presente relazione:

UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

TAVOLA A: - Ortofotocarta con ubicazione indagini geofisiche scala 1:500

INDAGINI GEOFISICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA

ALLEGATO 1: - Report indagine "HV1"
- Foglio di campagna indagine "HV1"

INDAGINI GEOFISICHE ATTIVE MULTICANALE "MASW" IN ONDE DI RAYLEIGH COMPONENTE VERTICALE (ZVF)

ALLEGATO 2: - Report indagine "MW1"
- Report inversione congiunta "MW1"- "HV1"
- Foglio di campagna indagine "MW1" (ZVF)

2.0 UBICAZIONE SITO E PUNTI DI INDAGINE

L'ubicazione generale del sito è consultabile nell'aerofotogrammetria riportata nella testata del presente rapporto. L'inquadramento di dettaglio con ubicazione dei punti di indagine è invece consultabile nell'ortofotocarta di in **TAVOLA A**. La documentazione fotografica e le coordinate geografiche WGS84 (GPS) che identificano i punti specifici di esecuzione delle indagini geofisiche, sono riportate e consultabili negli specifici report allegati.



3.0 REPORT INDAGINI GEOFISICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA

3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le indagini geofisiche a stazione singola con metodo dei rapporti spettrali HVSR sono state eseguite con sismografo a trasmissione digitale SR04-GEOBOX dotato di terna velocimetrica interna da 2.0 Hz, prodotto sempre dalla ditta *SARA Electronic Instruments s.r.l.* Il digitalizzatore SR04 a 3 canali (3 componenti N-S, E-O e Verticale) e 24 bit è uno strumento ad alte prestazioni in grado di acquisire il segnale sismico per misure sismologiche, geofisiche nonché per l'esecuzione di prove HVSR (Nakamura). Geobox viene gestito dal modulo software SISMOLOG-MT della suite GEOEXPLORER (versione 1.4.3) della ditta *SARA Electronic Instruments s.r.l.*, attraverso il quale si può trasformare un comune notebook in una stazione sismica performante che permette di eseguire sia elaborazioni vibrometriche che spettrometriche (es. in accordo alle norme UNI 9916 o 9614).

Caratteristiche tecniche generali SARA GEOBOX SR 04

Alimentazione: batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W
 Numero canali ed a/d converter: 3 (SD) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)
 Sensibilità: con velocimetri da 4.5Hz: < 1 nanometro/secondo per count
 Campionamento: simultaneo sui tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,480,600Hz
 Real Time Clock: Sincronizzato da GPS via PPS modulato (su richiesta)
 Precisione RTC: +/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40ms rispetto ad UTC)
 Antenna GPS: assente
 Interfaccia dati: RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione
 Contenitore: Monoblocco in alluminio IP66
 Dimensioni e peso: 155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz
 Temperatura operativa: -20/+50°C
 Conformità: CE



Figura 1. Strumento utilizzato per indagini HVSR

3.2 CENNI TEORICI TECNICA "HVSR"

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche detto microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze. Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. e si propagano come onde superficiali. Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito, sia degli effetti sulle costruzioni nel rispetto della normativa che ne stabilisce la soglia massima (UNI9916).

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier,
- Rapporti spettrali,
- Rapporti spettrali H/V.

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR o metodo di Nakamura.

La tecnica dei rapporti H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V.

Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su coperture.

Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V.



TERRA S.n.c.
 Via Comunale Vittorio Veneto 48
 04055 Papierno (PG)
 tel: 075 8089539 - 075 8795142
 info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
 UNI EN ISO 9001:2015
 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
 D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale, che segna il contrasto di rigidità tra terreni di copertura e sottostante bedrock (terreni o roccia a maggiore rigidità).

Tale tecnica, ampiamente utilizzata da anni nel settore sismologico, di recente viene sempre più impiegata in campo geotecnico ed ingegneristico per derivare i seguenti parametri:

- la frequenza fondamentale di risonanza f_0 dei terreni presenti nel sottosuolo;
- la stima del profilo del terreno in termini delle velocità V_s attraverso opportuni metodi di inversione (in analisi congiunta a dati di sismica attiva multicanale),
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio e i relativi modi di vibrare.

I pregi fondamentali di tale tecnica sono:

- possibilità di operare in spazi molto ristretti in quanto i rilievi vengono eseguiti a "stazione singola";
- la presenza di rumore ambientale non disturba il rilievo sismico a meno che questo non sia presente in modo costante e continuo per tutta la durata del singolo rilievo;
- non necessita di energizzazioni al di fuori del rumore sismico ambientale sempre presente,
- permette di raggiungere grandi profondità e permette di rilevare la presenza di inversioni di velocità nel sottosuolo.

Il progetto *SESAME - Site EffectS Assessment using AMBient Excitations (2005)* si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Il segnale viene filtrato in base a criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle alte frequenze) o di fenomeni di saturazione. Successivamente il segnale "ripulito" viene scomposto in finestre temporali di determinato periodo.

Per ciascuna delle finestre viene valutato lo spettro di Fourier che viene sottoposto a tapering e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quella della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo

Criteria for a reliable H/V curve

i) $f_0 > 10 / l_w$
and

ii) $n_c(f_0) > 200$
and

iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$
or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$

- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w$, f_0 = number of significant cycles
- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$)
- $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- f^* = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
- f^* = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^*) < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer
- h = depth to bedrock
- h_{min} = lower-bound estimate of h

Criteria for a clear H/V peak
(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)

i) $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$

ii) $\exists f^* \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^*) < A_0/2$

iii) $A_0 > 2$

iv) $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$

v) $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$

vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.20 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio (curva HV "osservata"), la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito (nel caso che almeno 5 dei 6 criteri di verifica dell'attendibilità del picco di cui al progetto SESAME siano verificate). Recenti studi condotti da Albarello e Castellaro (2011) hanno inoltre proposto una classificazione della misura (e curva) H/V in modo da poter fornire una indicazione immediata della qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati. Questo tipo di classificazione trova il suo principale impiego nella redazione delle mappe delle indagini relative al livello 1 della microzonazione sismica (dalla pubblicazione *"Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, Appendice 2 Classificazione delle misure H/V"* Albarello e Castellaro, 2011).

Vengono proposte tre classi di qualità:

Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola:

1. la forma dell'HVSR nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*Stazionarietà*),
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano almeno il 30% del massimo (*Isotropia*),
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (*Assenza di disturbi*),
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (*Plausibilità fisica*),
5. i criteri SESAME per una curva HVSR chiara ed attendibile (*Robustezza statistica*),
6. la misura è durata almeno 20 minuti (*Durata*).

Classe B: curva H/V sospetta (da "interpretare"): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze:

1. Almeno una delle condizioni della Classe A non è soddisfatta.

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata; rientrano in questa classe:

1. misure di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
2. misure di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico in corrispondenza di diverse frequenze nell'intervallo di interesse.

I criteri delineati sopra non riguardano l'interpretazione in chiave Geologico-Stratigrafica della curva, per la quale sono richiesti ulteriori criteri (per es. criteri SESAME per la "chiarezza" del picco). Vengono aggiunte dunque 2 sottoclassi alle precedenti:

- tipo 1, presenta almeno un picco chiaro secondo i criteri di SESAME: *possibile risonanza*,
- tipo 2, non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenza di interesse: *assenza di risonanza*.



Di fatto non è mai stata dimostrata la relazione tra amplificazione e curva HVSr. Considerazioni teoriche e osservazioni sperimentali non supportano infatti l'idea (purtroppo molto popolare) che la curva HVSr rappresenti, *sic et simpliciter*, la curva di amplificazione. Diversi studi¹ hanno infatti dimostrato che l'amplificazione effettivamente registrata durante un terremoto si discosta anche di molto rispetto alla curva HVSr (Figura 2).

Se quindi, unicamente a dati riguardanti la velocità di propagazione delle onde di superficie, l'HVSr rappresenta un valido sussidio a stimare le V_s delle parti più profonde², essa non deve essere intesa come stima dell'amplificazione di sito.

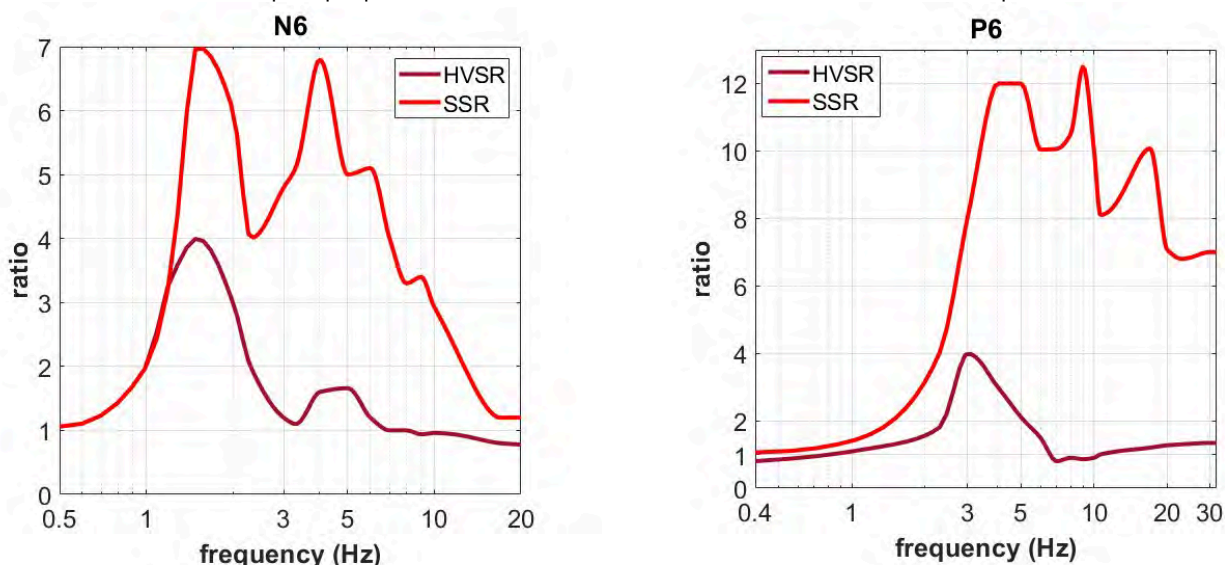


Figura 2. Confronto tra curva HVSr e curva di amplificazione reale (da analisi SSR – *Standard Spectral Ratio*) in caso di evento sismico (da Perron et al., 2018). Si noti la profonda differenza tra curva HVSr ed amplificazione effettivamente misurata.

3.3 RISULTATI INDAGINE “HV1”

L'indagine HVSr (registrazione di 30 min) ha permesso di ricavare la curva HV nello specifico punto di misurazione.

In **ALLEGATO 1** sono riportati e consultabili:

- i dati acquisiti (con il check qualitativo delle tracce utilizzate) e la curva HV determinata con verifica dei criteri SESAME,
- i parametri di acquisizione ed altre informazioni (foglio di campagna).

In sintesi, sono stati ottenuti i seguenti risultati:

Indagine HV1	
PEAK	
frequency (Hz) - f_0 :	1.85 (± 0.3)
HVSr value - A_0 :	7.14 (± 1.2)
Classe di qualità curva HV:	B1

¹ Perron et al., 2018

² Arai & Tokimastu, 2005; Dal Moro, 2015



4.0 REPORT INDAGINI GEOFISICHE ATTIVE MULTICANALE

4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

4.1.1 SORGENTE MECCANICA PER GENERAZIONE ONDE DI SUPERFICIE

La sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra circolare in PE rigido del diametro di 30 cm posta direttamente sul p.c.; in tale modo è possibile generare prevalentemente onde P e onde Rayleigh.

4.1.2 SISTEMA DI RICEZIONE DEI SEGNALE

Il sistema di ricezione dei segnali generati con le energizzazioni è costituito da n. 12 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso) con frequenza propria 4.5 Hz ad alta sensibilità, cioè dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una specifica sorgente.

- Geofoni verticali utilizzati per indagini MASW "Sunfull":
 - Tipo: SS-4.5N
 - Frequenza naturale (Hz): $4,5 \pm 10\%$
 - Coil resistance (Ω): $375 \pm 5\%$
 - Damping: $0.6 \pm 5\%$
 - Intrinsic voltage sensitivity (v/m/s): $80 \pm 5\%$
 - Harmonic distortion (%): $\leq 0.2\%$
 - Mass Moving (g): 11.3
 - Typical case to coil motion p-p: 4 (mm)
 - Operating temperature range ($^{\circ}\text{C}$): -40 to +100
 - Height (mm): 36
 - Diameter (mm): 25.4
 - Weight (g): 86

4.1.3 SISMOGRAFO

Per l'acquisizione dei segnali generati è stato utilizzato il sismografo GEA24 della ditta PASI S.r.l..

GEA24 è un compatto sismografo 24 canali (serializzabile fino a 48 can.) con scheda di acquisizione 24 bit e interfaccia USB per PC esterno. Adatto per tutte le applicazioni di sismica attiva multicanale (masw, rifrazione, hvsr, downhole e crosshole) e passiva multicanale (HVSr, ESAC, MAAM, SPAC etc.) una volta collegato al PC, tablet o notebook, GEA24 si trasforma in uno strumento per indagine geofisiche semplice da utilizzare, ma dalle performance ai massimi livelli. Non c'è bisogno della batteria 12V esterna (pesante ed ingombrante): GEA24 consuma pochissimo e viene alimentata direttamente da PC. GEA24 può acquisire utilizzando geofoni con qualsiasi frequenza di risonanza (anche 1Hz).

Caratteristiche tecniche generali del Sismografo multicanale GEA24 della PASI srl:

- Numero di canali: 24 canali + trigger (can. AUX)
- Conversione Dati : Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
- Stacking: Numero di stacking illimitato
- Impedenza di ingresso: 2M Ω // 22nF
- Range Dinamico: 144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1ksps)
- Distorsione: 0.007% @16kHz
- Trigger: Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software





Figura 3. Configurazione strumentazione per acquisizione con sismografo GEA24.

4.1.4 TRIGGER (START)

Il sistema che avvia la ricezione dei segnali (collocato al di sopra del peso della mazza utilizzata per energizzare) è costituito da un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la mazza colpisce la base di battuta (piastra in PE rigido), consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

4.2 CENNI TEORICI TECNICA "MASW"

Il metodo "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , dall'analisi della dispersione delle onde di superficie. In un mezzo stratificato le onde di superficie sono dispersive (fenomeno della dispersione geometrica), cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. And Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) delle onde di Rayleigh e di Love dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile in generale al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano con elevate lunghezze d'onda interessando gli strati più profondi del suolo. Il metodo di indagine MASW qui utilizzato è di tipo attivo e multicanale in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo tramite energizzazione (massa battente) e misurate da uno stendimento lineare di sensori (geofoni). L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh e/o di Love rispetto ad altri tipi di segnali. Pertanto, attraverso tale trattazione, è possibile passare dalle tracce registrate (nel dominio tempo-spazio) allo spettro di velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh o Love) nel dominio frequenza – velocità (di fase), determinato via "*phase shift*"³; le curve che uniscono i massimi in ampiezza dei valori f-v sono dette curve di dispersione modali. La tecnica permette di analizzare frequenze

³ Park et al. (1998)



in genere comprese tra i 2-60 Hz e quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa tra i 10m ed i 50m (in funzione della rigidità del suolo, delle caratteristiche della sorgente, ma soprattutto della lunghezza dello stendimento sismico). Per l'elaborazione dei dati di campo è stato utilizzato il software **WINMASW Academy 2018 release version** che consente di:

- gestire i/il sismogrammi/a digitali/e,
- selezionare le tracce utili,
- calcolare automaticamente gli spettri di velocità (di fase e/o di gruppo),
- gestire le procedure di inversione per individuare il profilo V_s di sito congiuntamente anche alla curva HVSR (da indagine passiva a stazione singola); per le indagini eseguite, lo scopo dell'intera procedura di inversione, è infatti quello di identificare il modello geotecnico (profilo V_s del terreno) che meglio riproduce (sovrappone),
 - per l'indagine MASW, lo spettro di velocità di fase registrato (osservato) allo spettro sintetico (attraverso il metodo FVS – *Full Velocity Spectrum*),
 - per l'indagine HVSR, la curva HV registrata alla curva HV sintetica (metodo *Surface Waves*⁴, considerando anche il contributo fattore α ⁵).

Il profilo V_s così ottenuto sarà evidentemente caratterizzato dal minor errore quanto più è l'adattamento dei dati sintetici a quelli registrati. I limiti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali ed omogenei, quindi una limitazione alla sua applicabilità potrebbe essere rappresentata anche dalla presenza di pendenze significative.

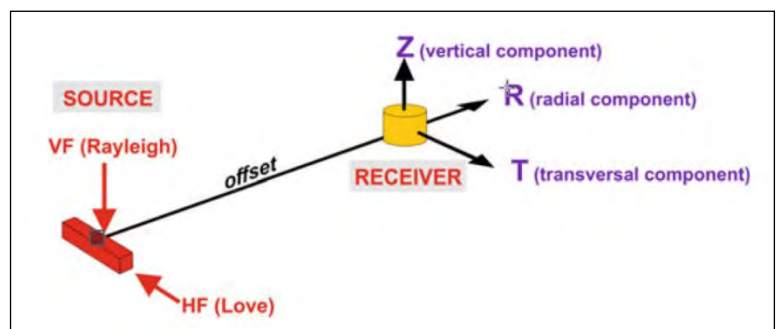
Si ricorda comunque che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

4.3 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE STENDIMENTO "MASW"

Il sito per caratteristiche ambientali e di estensione ha reso possibile l'esecuzione di n. 1 stendimento sismico denominato "MW1" con utilizzo di sismografo PASI GEA24 a 12 canali. Ad ogni canale è stato collegati n. 1 ricevitore (geofono) verticale in modo da poter acquisire la componente verticale delle onde di superficie Rayleigh (Z); l'energizzazione è avvenuta percuotendo verticalmente la piastra in PE rigido ben ammortata al terreno (VF, vertical force).

La lunghezza dello stendimento è stata di 44.00 m con:

- offset minimo a 4.00 m dal geofono G1 (shot 01) e dal geofono G12 (shot 02)
- distanza inter-geofonica pari a 4.00 m.



Sono state effettuate diverse registrazioni successivamente sottoposte ad operazione di stacking in modo da minimizzare il rumore ambientale comunque abbastanza basso; il file ottenuto è stato salvato in formato ".seg2"; Il tutto come individuato nel modello schematico e documentazione fotografica consultabile in **ALLEGATO 2** (foglio acquisizione MASW – "MW1").

⁴ Lunedei & Albarello, 2009

⁵ Arai and Tokimatsu, 2004



4.4 RISULTATI INDAGINE "MW1"

4.4.1 PROFILO V_S DI SITO

In **ALLEGATO 2** è riportato il profilo V_S di sito ottenuto mediante analisi congiunta:

- dello spettro di velocità di fase delle onde di Rayleigh (componente verticale – ZVF),
- della curva "HV" ottenuta con l'indagine geofisica passiva a stazione singola "HV1".

Partendo da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson e velocità delle onde S, attraverso un processo di INVERSIONE TOTALE DELLO SPETTRO "ZVF" (con metodo *Full Velocity Spectrum* - FVS) e della curva HVmedia (metodo *Surface Waves*) si è cercato il profilo V_S di sito che meglio sovrappone (confronta):

- lo spettro di velocità registrato allo spettro sintetico (contour lines in nero),
- la curva HVmedia "registrata" a quella sintetica.

TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA DI SINTESI (analisi congiunta dati MW1-HV1)			
SISMOSTRATO	Profondità [m]	Spessore [m]	V_S [m/sec]
1	0.30	0.30	83.00
2	0.60	0.30	106.00
3	1.10	0.50	117.00
4	2.20	1.10	152.00
5	4.10	1.90	213.00
6	9.00	4.90	250.00
7	12.40	3.40	262.00
8	19.80	7.40	225.00
9	28.80	9.00	276.00
10	45.10	16.30	335.00
11	sotto 45.10		582.00

4.4.2 CALCOLO $V_{S,eq}$

In funzione del profilo V_S individuato, in base a quanto riportato nel §3.2.2 delle NTC 2018, è stato anche eseguito il calcolo della $V_{S,eq}$ (quale $V_{S,30}$ per assenza di bedrock sismico entro 30 m dal p.c.). Il calcolo è stato effettuato al p.c. attuale (0.00 m). Il tutto come sotto riportato e visibile in dettaglio in **ALLEGATO 2**.

NTC 2018		Calcolo $V_{S,30} - V_{S,eq}$				
$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$	$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$	Bedrock sismico NON PRESENTE entro 30.0 m dal p.c.				
		profondità piano fondale da p.c. (m)	$V_{S,30}$ (m/s)	$V_{S,eq}$ (m/s)		
		0.00	235	-		
					con:	
					hi - spessore iesimo strato	N - numero di strati
$V_{S,i}$ - velocità delle onde di taglio dell' i-esimo strato						
H - profondità del substrato, definito come quella formazione di roccia, caratterizzata da V_S non inferiore di 800 m/s						



5.0 CONCLUSIONI

Le indagini geofisiche attive multicanale e passiva a stazione singola analizzate in via congiunta, hanno permesso di ottenere un profilo V_s di sito fino ad oltre 30 m dal p.c. attuale.

L'eventuale scelta di procedere al calcolo dell'azione sismica tramite approccio semplificato (di cui alle NTC 2018) o analisi di Risposta Sismica Locale (RSL), spetta al progettista e relatore della relazione sismica a corredo del progetto, in base:

- alle considerazioni e studi qui riportati,
- alle effettive condizioni geologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni presenti sotto ai piani fondali esistenti e/o nuovi di progetto,
- alle specifiche normative geologico-sismiche regionali.

L'eventuale scelta dovrà tenere conto delle eventuali differenze di quota topografica e di spessore dei sismostrati individuati, tra gli effettivi punti di esecuzione delle indagini geofisiche e lo specifico sedime progettuale.

Si ricorda che la valutazione delle velocità e degli spessori dei singoli strati viene effettuata con un margine di incertezza, insita proprio nei metodi geofisici, che si aggira generalmente attorno al 10-20 %.

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci

Sperimentatore
Dott. Geol. Giorgio Piagnani



TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
04055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

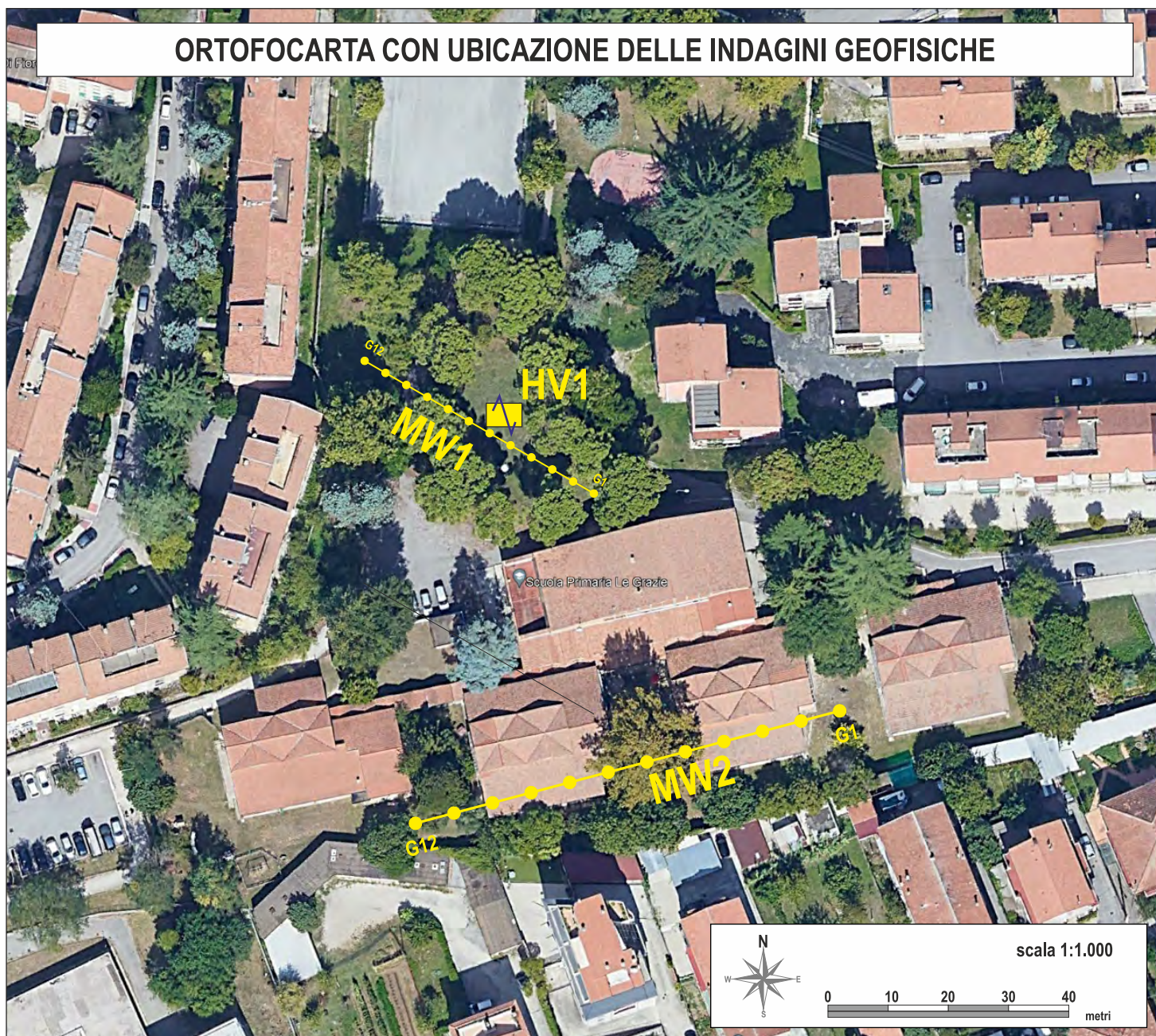
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

BIBLIOGRAFIA

- Arai, H., Tokimatsu, K., 2004. S-wave velocity profiling by inversion of microtremor H/V spectrum. Bull. Seism. Soc. Am 94, 53–63.
- Albarello D. e Lunedei E., 2010. Alternative interpretations of horizontal to vertical spectral ratios of ambient vibrations: new insights from theoretical modeling. Bulletin of Earthquake Engineering 8, 519–534.
- Dal Moro G., 2012, Onde di superficie in Geofisica applicata - Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR, Dario Flaccovio Editore, 192 pagine
- Dal Moro G., 2019, Surface wave analysis: improving the accuracy of the shear-wave velocity profile through the efficient joint acquisition and Full Velocity Spectrum (FVS) analysis of Rayleigh and Love waves, Exploration Geophysics, DOI: 10.1080/08123985.2019.1606202
- Dal Moro G. 2018, Problemi e soluzioni per la corretta definizione del profilo VS (velocità delle onde di taglio) in studi di geotecnica e microzonazione sismica Geologia Tecnica & Ambientale, Rivista dell'Ordine Nazionale dei Geologi, ISSN 1722 - 0025, numero 1/2018, 43-60
- Dal Moro G., 2014, *Surface Wave Analysis for Near Surface Applications Elsevier*, ISBN 978-0-12-800770-9, 252pp (theory, field practice and advanced joint analysis)
- Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, 64, 3; 800–808
- Park C.B., 2002, Multichannel analysis of surface waves (MASW). MASW Workshop Notes, open file (http://www.terrajp.co.jp/MASW_Workshop_Tokyo.pdf)
- Park D. & Hashash Y.M.A., 2004, Soil Damping Formulation in non-linear Time Domain Site Response Analysis. Journal of Earthquake Engineering, 8, 249-274
- Tokimatsu, K., Tamura, S., Kojima, H., 1992. Effects of Multiple Modes on Rayleigh Wave Dispersion Characteristics. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 118, 10, 1529-1543
- Tokimatsu K., 1995, Geotechnical Site Characterization Using Surface Waves, Proc., First Int. Conf. on Earthquake Geotechnical Eng., pp. 1333-1368
- Zhang S.X. & Chan L.S., 2003, *Possible Effects of Misidentified Mode Number on Rayleigh Wave Inversion*, J. Appl. Geophysics, 53, 17-29



ORTOFOCARTA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE



INDAGINE ATTIVE MULTICANALE

INDAGINE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA



MW1
Indagine «MASW» mediante analisi della dispersione della componente verticale delle onde di Rayleigh (ZVF)



HV1
Indagine con tecnica dei rapporti spettrali (HVSr)



TERRA S.n.c.

Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)

D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartolucci



Dott. Geol. Giorgio Piagnani

- Elaborazione indagine HV1
- Foglio di campagna indagine HV1

Fig. 1 TRACCE REGISTRATE

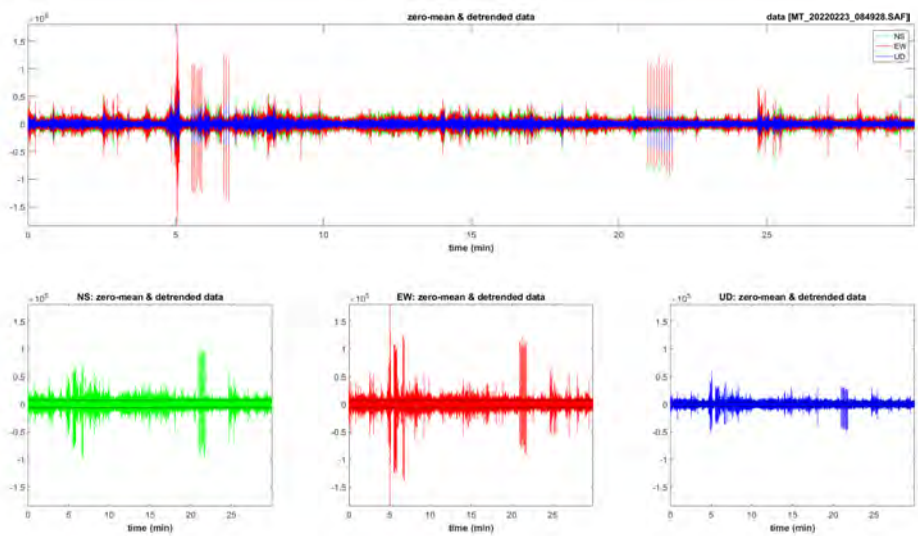


Fig. 2 TRACCE FILTRATE

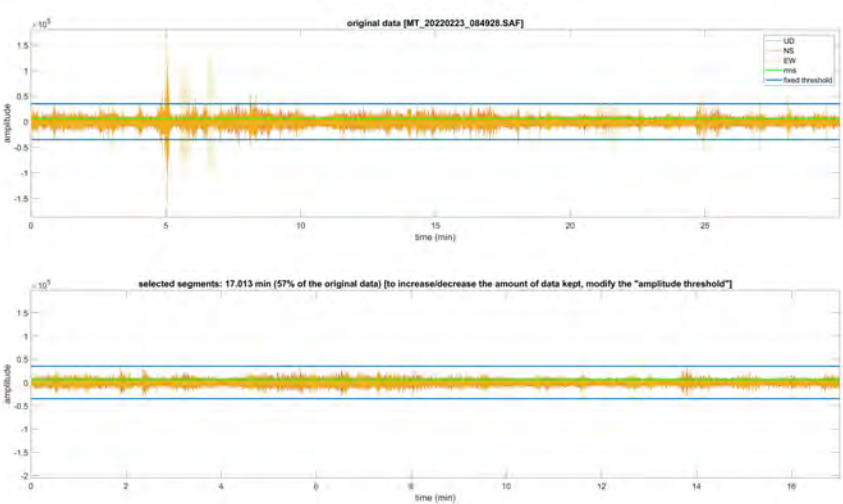


Fig. 3

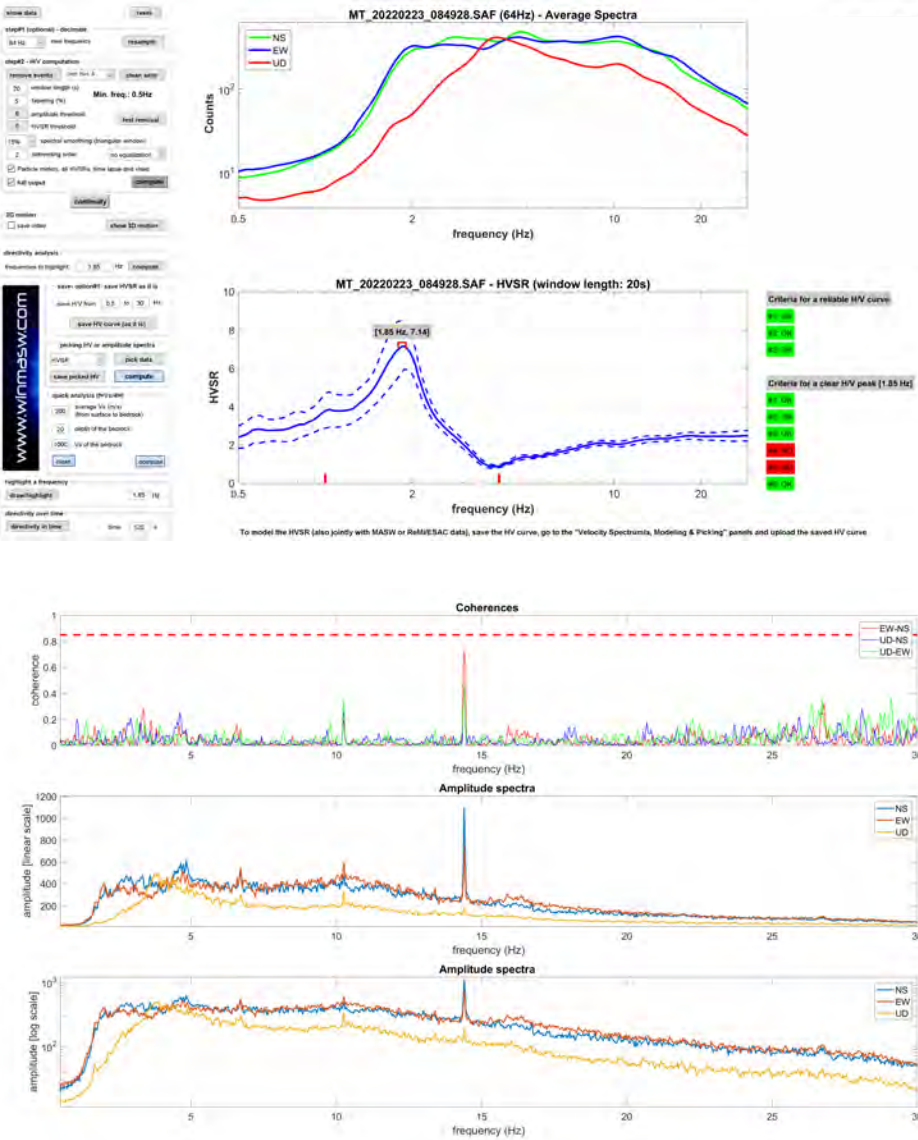
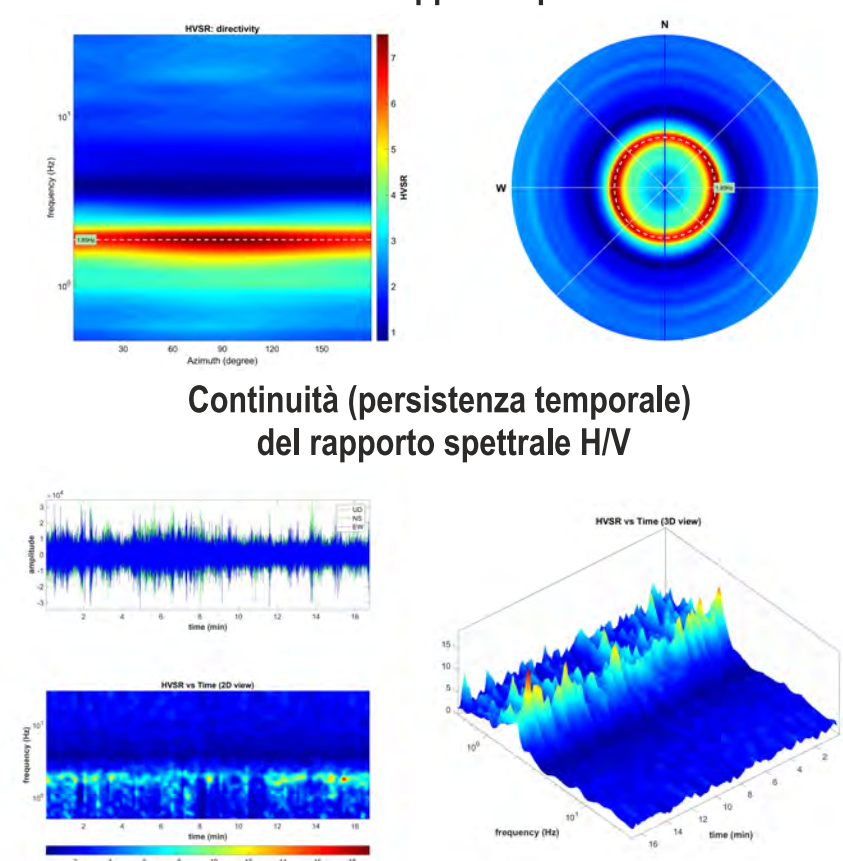


Fig. 4



LEGENDA

Fig. 1 - Tracce Registrare nelle 3 componenti (NS - WE - UpDown)
Fig. 2 - Tracce filtrate
Fig. 3 - Spettri delle singole componenti e curva spettrale H/V
Fig. 4 - Direzionalità e Persistenza temporale H/V
Fig. 5 - Conformità della curva H/V e del picco f_0 ai criteri SESAME e classificazione curva H/V (Albarello e Castellaro, 2011)



TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Indagine geofisica

HV1

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartolacci
REGIONE DEL LIGURIO
POSTO GEOLOGICO
PIAGNANI GIORGIO
ALBO 351
REGIONE UMBRIA
Lo sperimentatore
dott. Geol. Giorgio PIAGNANI

Fig. 5

winMASW & HoliSurface:
Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: MT_20220223_084928.SAF

DATA ACQUISITION
Date and time: 2022 02 23 08 49 28.000
Sampling frequency (Hz): 300
Length of dataset (min): 30

DATA PROCESSING
Date: 14 3 2022
Time: 12 2
Resampling frequency (Hz): 64
Window length (sec): 20
Minimum frequency soundly determined
[10 cycles]: 0.5Hz
Length of analysed dataset (min): 30.0
Tapering (%): 5
Smoothing (%): 15

SESAME criteria
In the following the results considering the data in the 1.0-4.0Hz frequency range
Peak frequency (Hz): 1.85 (± 0.3)
Peak HVSr value: 7.14 (± 1.2)

Criteria for a reliable H/V curve
#1. $[f_0 > 10/Lw]$: 1.846 > 0.5 (OK)
#2. $[nc > 200]$: 3728 > 200 (OK)
#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)
#1. [exists f^- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f^-) < A_0/2$]: yes, at frequency 0.5 Hz (OK)
#2. [exists f^+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $AH/V(f^+) < A_0/2$]: yes, at frequency 0.9 Hz (OK)
#3. $[A_0 > 2]$: 7.1 > 2 (OK)
#4. $[f_{peak}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (NO)
#5. $[\sigma_{f_0} < \epsilon(f_0)]$: 0.253 > 0.185 (NO)
#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: 1.237 < 1.78 (OK)

Criteria for a reliable H/V curve	
i) $f_0 > 10 / Lw$	Lw = window length
ii) $nc > 200$	nc = number of windows selected for the average H/V curve
iii) $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	σ_A = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma$)
or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	σ = current frequency
Criteria for a clear H/V peak (at least 5 out of 6 criteria fulfilled)	
i) $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] AH/V(f^-) < A_0/2$	f^- = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $AH/V(f^-) < A_0/2$
ii) $\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] AH/V(f^+) < A_0/2$	f^+ = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $AH/V(f^+) < A_0/2$
iii) $A_0 > 2$	A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
iv) $f_{peak}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	f_{peak} = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $AH/V(f) < A_0/2$
v) $\sigma_1 < \epsilon(f_0)$	σ_1 = "standard deviation" of $AH/V(f)$, $\sigma_1(f)$ is the factor by which the mean $AH/V(f)$ curve should be multiplied or divided
vi) $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$\sigma_{peak}(f)$ = standard deviation of the $\log_{10}(AH/V(f))$ curve, $\sigma_{peak}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log_{10}(AH/V(f))$ curve
Threshold Values for σ_1 and $\sigma_A(f_0)$	
Frequency range [Hz]	< 0.2 $0.2 - 0.5$ $0.5 - 1.0$ $1.0 - 2.0$ > 2.0
$\sigma_1(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0 0.20 f_0 0.15 f_0 0.10 f_0 0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_1(f_0)$	3.0 2.5 2.0 1.78 1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{peak}(f_0)$	0.48 0.40 0.30 0.25 0.20

www.winmasw.com

CLASSIFICAZIONE MISURA H/V
(Albarello e Castellaro, 2011)

B1

Foglio Campagna acquisizione HVSR

Campagna:	CITTA' FUTURA Soc. Coop.	Data:	23/02/2022
Comune:	TERNI (TR)	Operatore:	dott. Giorgio PIAGNANI
Sito:	Scuola Primaria "Le Grazie"	Sismometro Tipo:	Digitale Triassiale 24bit
Strumento Acquisitore:	SR04-GEOBOX Sara El.	Fondo scala:	1.25V picco-picco
Frequenza Sismometro:	2.0 Hz	Durata (sec):	1.800
Freq. Campionamento:	300 Hz	FORMATO FILE:	.SAF
Inizio Registrazione:	8.49	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div>SIGLA PUNTO DI ACQUISIZIONE:</div> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">HV1</div> </div>	
NOME FILE:	MT_20220223_084928		
Coordinate GPS (WGS84)			
Latitudine:	42.547240°		
Longitudine:	12.652266°		
Quota (m slm):	160		

Indicazioni sul Sito: (Città, Frazione, via, proprietario, telefono e altri riferimenti per la sua individuazione)

TERNI (TR) – Parco immediatamente a N della Scuola Primaria "Le Grazie"

Ubicazione punto di Misura: HV1

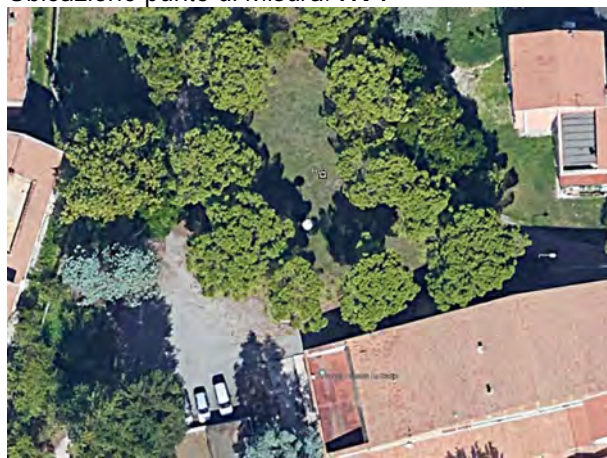


Foto: HV1



INSTALLAZIONE SISMOMETRO: ACCOPPIAMENTO

- | | | | |
|--|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Roccia | <input type="checkbox"/> Asfalto | <input type="checkbox"/> Sabbia | <input checked="" type="checkbox"/> Erba |
| <input type="checkbox"/> Terreno Riporto | <input checked="" type="checkbox"/> Terreno_compatto | <input type="checkbox"/> Terreno_bagnato | <input type="checkbox"/> Terreno_secco |
| <input type="checkbox"/> Cemento | <input type="checkbox"/> Sterrato | <input type="checkbox"/> Pavimentazione | <input type="checkbox"/> Marciapiede |

Modalità Accoppiamento Sismometro Terreno:

(appoggiato, interrato, cementato): **Appoggiato**



TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeo-tecnico.it

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

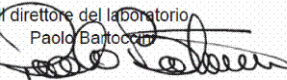
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

INSTALLAZIONE SISMOMETRO : GEOLOGIA			
<input type="checkbox"/> Roccia	<input checked="" type="checkbox"/> Terreno	<input type="checkbox"/> Detrito	<input type="checkbox"/> Riporto
altro/commento:			
INSTALLAZIONE SISMOMETRO : POSIZIONAMENTO in			
<input type="checkbox"/> Città_via_principale	<input type="checkbox"/> Città_via_secondaria	<input type="checkbox"/> Città_cortile	<input checked="" type="checkbox"/> Città_parco
<input type="checkbox"/> Strada_principale	<input type="checkbox"/> Strada_secondaria	<input type="checkbox"/> Mura	<input type="checkbox"/> Mura_antiche
<input type="checkbox"/> Aperta_campagna	<input type="checkbox"/> Galleria	<input type="checkbox"/> Cunicolo	
altro/commento: strada interpodereale S dell'edificio			
INSTALLAZIONE GEOFONO : VICINANZA			
<input type="checkbox"/> Fiume	<input type="checkbox"/> Canale	<input type="checkbox"/> Fabbrica	<input type="checkbox"/> Cantiere
<input type="checkbox"/> Lavori_stradali	<input type="checkbox"/> Alberi	<input type="checkbox"/> Ponti	<input type="checkbox"/> Viadotti
<input type="checkbox"/> Mura	<input type="checkbox"/> Gallerie	<input type="checkbox"/> fognature	
<input type="checkbox"/> Edifici_nessuno	<input type="checkbox"/> Edifici_scarsi	<input type="checkbox"/> Edifici_densi	
distanza_edificio_vicino: 20 m		numero_piani_edificio_vicino:	
strutture_sotterranee:			

CONDIZIONI ATMOSFERICHE :		
<input type="checkbox"/> vento_forte	<input type="checkbox"/> vento_debole	<input checked="" type="checkbox"/> no_vento
<input type="checkbox"/> pioggia_forte	<input type="checkbox"/> pioggia_debole	<input checked="" type="checkbox"/> no_pioggia
altro/commento.....parzialmente nuvolo - T = 5° C.....		

RUMORE RILEVABILE:		
<input type="checkbox"/> Auto_nessuna	<input checked="" type="checkbox"/> Auto_poche	<input type="checkbox"/> Auto_tante
<input type="checkbox"/> Mezzi_pesanti_nessuno	<input checked="" type="checkbox"/> Mezzi_pesanti_pochi	<input type="checkbox"/> Mezzi_pesanti_tanti
<input type="checkbox"/> Pedoni_nessuno	<input checked="" type="checkbox"/> Pedoni_pochi	<input type="checkbox"/> Pedoni_tanti
ALTRE SORGENTI DI RUMORE RILEVATE:		

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci



Sperimentatore
Dott. Geol. Giorgio Piagnani



TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

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

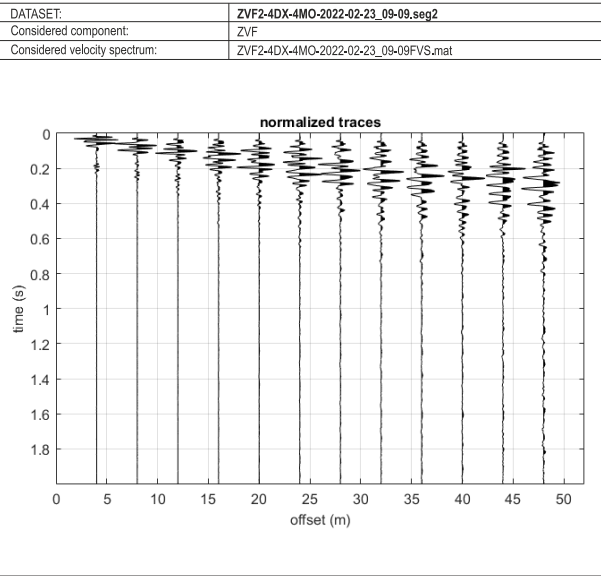
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

- Elaborazione indagine MW1
- Foglio di campagna indagine MW1

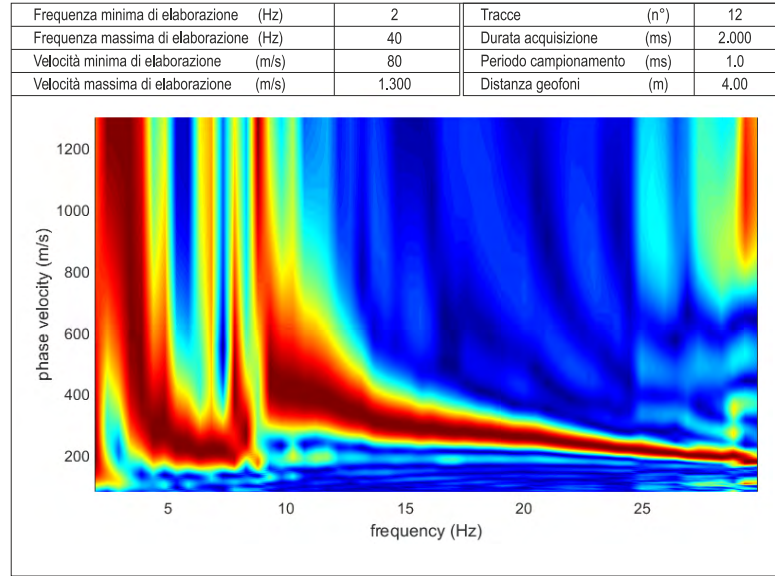
UBICAZIONE STENDIMENTO "MASW"



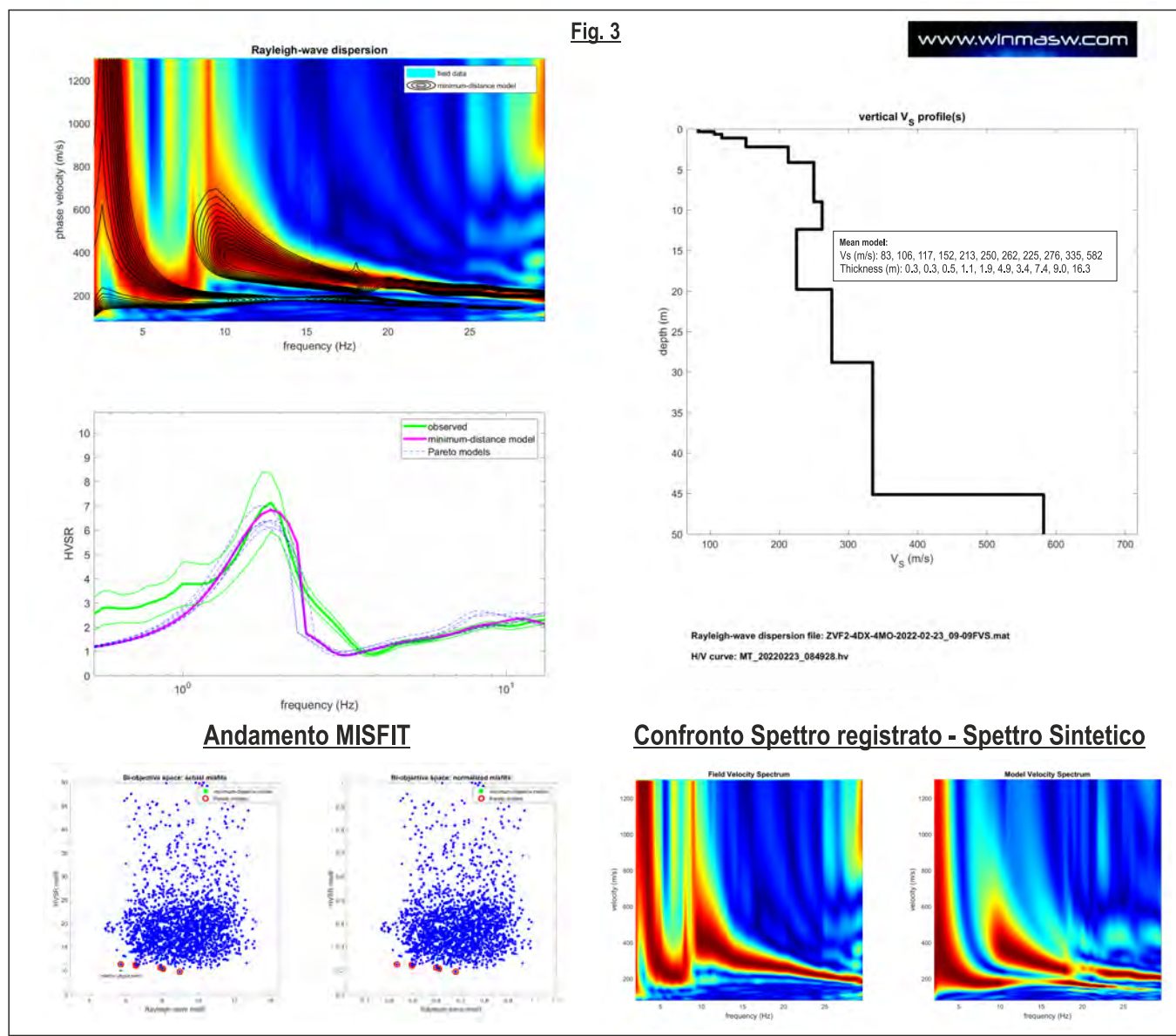
TRACCE REGISTRATE [step 1]



SPETTRO Frequenza - Velocità di fase (onde R comp. verticale) [step 2]



INVERSIONE CONGIUNTA spettro "MW1" e curva "HV1" - [step 3] (metodo Full Velocity Spectrum - HV Surface Waves)



RISULTATI FINALI

Fig. 4

TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA DI SINTESI (analisi congiunta dati MW1-HV1)			
SISMOSTRATO	Profondità [m]	Spessore [m]	V _s [m/sec]
1	0.30	0.30	83.00
2	0.60	0.30	106.00
3	1.10	0.50	117.00
4	2.20	1.10	152.00
5	4.10	1.90	213.00
6	9.00	4.90	250.00
7	12.40	3.40	262.00
8	19.80	7.40	225.00
9	28.80	9.00	276.00
10	45.10	16.30	335.00
11	sotto 45.10		582.00

NTC 2018		Calcolo V _{s,eq} - V _{s,30}		
$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$		$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$		
con:		Bedrock sismico NON RILEVATO		
hi - spessore iesimo strato		profondità piano fondale da p.c. (m)	V _{s,30} (m/s)	V _{s,eq} (m/s)
N - numero di strati				
V _{s,i} - velocità delle onde di taglio dell' i-esimo strato				
H - profondità del substrato, definito come quella formazione di roccia, caratterizzata da V _s non inferiore di 800 m/s		0.00	235	-

TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
04055 Toppino (FG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartolucci

Sperimentatore
PIAGNANI GIORGIO

Indagine geofisica
MW1

FIG. 1: UBICAZIONE STENDIMENTO

FIG. 2: TRACCE REGISTRATE (step 1)
SPETTRO DI VELOCITA' DI FASE onde di Rayleigh componente verticale ZVF (step 2)

FIG. 3: INVERSIONE CONGIUNTA SPETTRO «ZVF» - CURVA «HV» (step 3) con :
- sovrapposizione spettro sintetico (contour line) ed «osservato» (metodo FVS - Full Velocity Spectrum)
- sovrapposizione curva HV sintetico ed «osservata» (metodo Surface Waves)
- profilo V_s di sito,
- andamento misfit,
- confronto spettro registrato e sintetico (da inversione)

FIG. 4: RISULTATI FINALI
- tabella sismostratigrafica di sintesi
- calcolo $V_{s,eq} - V_{s,30}$

LEGENDA

winMASW_REPORT – “MW1”

==0== SECTION#1
Type: Rayleigh
Analyzing Phase Velocities

H/V curve: MT_20220223_084928.hv
HVSr modelling: Surface Wave ellipticity only
Number of modes: 5
velocity spectrum: ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09FVS.mat
Resampling done [new size: 56 137]

Number of individuals/models: 50
Number of generations: 50

Number of layers: 11

Poisson: 0.40245 0.40102 0.49023 0.40005 0.41597 0.3232 0.43731 0.44671 0.44193 0.422 0.34105

===== SECTION#2

Joint inversion of surface-wave dispersion and H/V Spectral Ratio

Adopted search space (minimum Vs, Qs, Poisson, thickness, reffreq): 60 8.775 0.3823284 0.2255639 75 14.625 0.3809704
0.2255639 90 16.575 0.4657228 0.3759398 120 10.725 0.3800475 0.7518797 165 21.45 0.3951736
1.503759 173 23.4 0.3070354 3.007519 188 32.175 0.4154465 2.255639 203 14.625 0.424375
5.263158 188 21.45 0.4198316 5.263158 203 29.25 0.4009027 10.52632 459 59.475 0.3239936 14.7
0.44
Adopted search space (maximum Vs, Qs, Poisson, thickness, reffreq): 106 9.45 0.4225735 0.399 133 15.75 0.4210725
0.399 160 17.85 0.498 0.665 213 11.55 0.4200525 1.33 293 23.1 0.4367708 2.66 306
25.2 0.3393549 5.32 333 34.65 0.4591777 3.99 359 15.75 0.4690461 9.31 333 23.1
0.4640244 9.31 359 31.5 0.443103 18.62 811 64.05 0.3580982 35.7 0.66

Maximum depth to show (m): 50

Part 1 out of 3: preliminary dispersion analysis

FVS analysis

Rayleigh-wave analysis

Optimizing subsurface model - generation: 1; average & best misfits: -7.2438 -4.9789
Optimizing subsurface model - generation: 2; average & best misfits: -6.9715 -4.4486
Optimizing subsurface model - generation: 3; average & best misfits: -6.3049 -4.3459
Optimizing subsurface model - generation: 4; average & best misfits: -6.2588 -4.0264
Optimizing subsurface model - generation: 5; average & best misfits: -5.9017 -4.0264
Optimizing subsurface model - generation: 6; average & best misfits: -5.9972 -4.0264
Optimizing subsurface model - generation: 7; average & best misfits: -5.8104 -4.0264
Optimizing subsurface model - generation: 8; average & best misfits: -5.832 -4.0264
Optimizing subsurface model - generation: 9; average & best misfits: -5.3161 -4.0264
Optimizing subsurface model - generation: 10; average & best misfits: -5.5219 -4.0264
Optimizing subsurface model - generation: 11; average & best misfits: -5.5522 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 12; average & best misfits: -5.3932 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 13; average & best misfits: -5.4272 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 14; average & best misfits: -5.6576 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 15; average & best misfits: -5.5683 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 16; average & best misfits: -5.4721 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 17; average & best misfits: -5.6735 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 18; average & best misfits: -5.593 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 19; average & best misfits: -5.6408 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 20; average & best misfits: -5.7946 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 21; average & best misfits: -5.6848 -3.9962
Optimizing subsurface model - generation: 22; average & best misfits: -5.5202 -3.9926
Optimizing subsurface model - generation: 23; average & best misfits: -5.4121 -3.8808
Optimizing subsurface model - generation: 24; average & best misfits: -5.444 -3.8808
Optimizing subsurface model - generation: 25; average & best misfits: -5.7624 -3.8808
Optimizing subsurface model - generation: 26; average & best misfits: -6.0058 -3.8808
Optimizing subsurface model - generation: 27; average & best misfits: -5.942 -3.8808
Optimizing subsurface model - generation: 28; average & best misfits: -5.7595 -3.8808

Febbraio 2022

Pagina 2

Optimizing subsurface model - generation: 29; average & best misfits: -5.8455 -3.8808
 Optimizing subsurface model - generation: 30; average & best misfits: -5.8631 -3.8808
 Optimizing subsurface model - generation: 31; average & best misfits: -5.767 -3.8808

Part 2 out of 3: Joint Analysis

HVSR - minimum frequency: 0.53297
 HVSR - maximum frequency: 13.1649
 Initial population created
 current HVSR modelling via surface waves
 Generation 1/36 - best misfit (average percentage): 10.0863
 Generation 2/36 - best misfit (average percentage): 10.7599
 Generation 3/36 - best misfit (average percentage): 9.2028
 Generation 4/36 - best misfit (average percentage): 9.7977
 Generation 5/36 - best misfit (average percentage): 10.629
 Generation 6/36 - best misfit (average percentage): 9.6067
 Generation 7/36 - best misfit (average percentage): 10.3875
 Generation 8/36 - best misfit (average percentage): 10.1674
 Generation 9/36 - best misfit (average percentage): 10.924
 Generation 10/36 - best misfit (average percentage): 10.5179
 Generation 11/36 - best misfit (average percentage): 10.2049
 Generation 12/36 - best misfit (average percentage): 10.6389
 Generation 13/36 - best misfit (average percentage): 10.0996
 Generation 14/36 - best misfit (average percentage): 10.0375
 Generation 15/36 - best misfit (average percentage): 11.0837
 Generation 16/36 - best misfit (average percentage): 10.4442
 Generation 17/36 - best misfit (average percentage): 9.9224
 Generation 18/36 - best misfit (average percentage): 9.8784
 Generation 19/36 - best misfit (average percentage): 9.9958
 Generation 20/36 - best misfit (average percentage): 10.4356
 Generation 21/36 - best misfit (average percentage): 10.4946
 Generation 22/36 - best misfit (average percentage): 9.8784
 Generation 23/36 - best misfit (average percentage): 10.3357
 Generation 24/36 - best misfit (average percentage): 10.5045
 Generation 25/36 - best misfit (average percentage): 10.7275
 Generation 26/36 - best misfit (average percentage): 10.3666
 Generation 27/36 - best misfit (average percentage): 10.5861
 Generation 28/36 - best misfit (average percentage): 9.6854
 Generation 29/36 - best misfit (average percentage): 10.1834
 Generation 30/36 - best misfit (average percentage): 10.1129
 Generation 31/36 - best misfit (average percentage): 9.7332
 Generation 32/36 - best misfit (average percentage): 10.4354
 Generation 33/36 - best misfit (average percentage): 11.1901
 Generation 34/36 - best misfit (average percentage): 10.3635
 Generation 35/36 - best misfit (average percentage): 10.3234
 Generation 36/36 - best misfit (average percentage): 8.7819
 End of the ranking routine

Part 3 out of 3: Joint Analysis

HVSR - minimum frequency: 0.53297
 HVSR - maximum frequency: 13.1649
 Initial population created
 current HVSR modelling via surface waves
 Generation 1/14 - best misfit (average percentage): 8.7985
 Generation 2/14 - best misfit (average percentage): 9.8837
 Generation 3/14 - best misfit (average percentage): 9.0097
 Generation 4/14 - best misfit (average percentage): 10.4115
 Generation 5/14 - best misfit (average percentage): 8.8473
 Generation 6/14 - best misfit (average percentage): 8.4917
 Generation 7/14 - best misfit (average percentage): 9.2562
 Generation 8/14 - best misfit (average percentage): 9.7682
 Generation 9/14 - best misfit (average percentage): 8.9948
 Generation 10/14 - best misfit (average percentage): 9.4739
 Generation 11/14 - best misfit (average percentage): 9.6175
 Generation 12/14 - best misfit (average percentage): 9.4807
 Generation 13/14 - best misfit (average percentage): 10.4243
 Generation 14/14 - best misfit (average percentage): 9.212
 Removed because larger than 50
 Removed because larger than 50
 Removed because larger than 50
 Removed because larger than 50



TERRA S.n.c.
 Via Comunale Vittorio Veneto 48
 06055 Papiano (PG)
 tel: 075 8089539 - 075 8795142
 info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON
 SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
 UNI EN ISO 9001:2015
 CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
 Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
 D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
Removed because larger than 50
End of the ranking routine

Moderate variability of Vs30 might indicate overall inversion congruency (see manual)

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

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 fine 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

winMASW: joint inversion of surface-wave dispersion curves and HVSr
#####

Surface-wave dispersion: ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09FVS.mat
H/V curve: MT_20220223_084928.hv
Surface waves

===== SECTION#3

===== SECTION#4

Vs30 & VsE (Pareto front models) (m/s)

ans =

6x8 char array

'213 213'
'241 241'
'236 236'
'229 229'
'239 239'
'237 237'

===== SECTION#5

Max penetrating depth according to steady state approximation: 50 m

===== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

- 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 - Depositati 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 - Depositati 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

winMASW - Surface Waves & Beyond
www.winmasw.com

Il direttore del laboratorio
Paolo Bartocci

Sperimentatore
Dott. Geol. Giorgio Piagnani

**ORDINE DEI GEOLOGI
DOTT. GEOLOGO
PIAGNANI GIORGIO
ALBO
351
DELLA REGIONE UMBRIA**



TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeotecnico.it

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Foglio di campagna indagine MASW

Campagna:	CITTA' FUTURA Soc. Coop.	Data:	23/02/2022
Comune:	TERNI (TR)		
Località:	Scuola Primaria "Le Grazie"		
Profilo:	MW1 (ZVF)	Operatore:	Dr. Geol. Giorgio PIAGNANI
Strumento:	Sismografo PASI GEA 24 (24 canali - 24 bit)	Condizioni Meteo:	Soleggiato
Sorgente:	Mazza 8 Kg	Formato Dati:	.seg2
Energizzazione:	Colpo verticale su piastra in PE rigido con mazza dotata di switch piezoelettrico		
Tipo Geofoni:	verticali	Frequenza Geofoni:	4.5 Hz
Spaziatura Geofoni:	3.00 m	Offset minimo (01-G12):	6.00 m
Frequenza di Campionamento:	1000 Hz		
Coordinate GPS			
Inizio Profilo (G1)		Fine Profilo (G12)	
Latitudine	42.547144°	Latitudine	42.547341°
Longitudine	12.652425°	Longitudine	12.651961°
Quota (m slm)	160	Quota (m slm)	160

Schema geometria

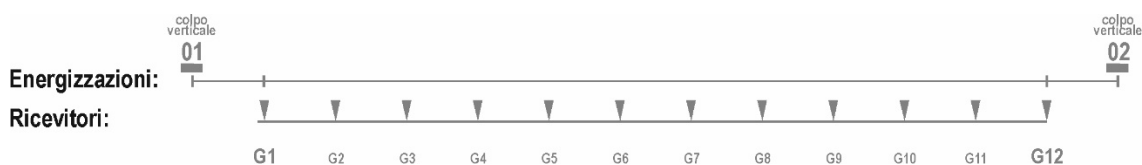


Foto: Posizione G1 → G12



Foto: Posizione G12 → G1



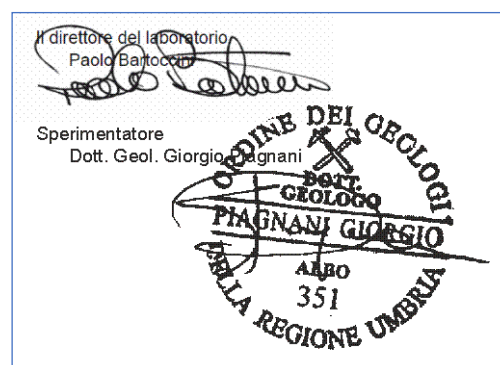
TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogetecnico.it

AZIENDA CON
SISTEMA DI GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2015
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010

Misura N°	Posizione Energiz.	Nome file	Posizioni Ricevitori	Tracce inattive	Note (Rumore, Energ. singola, stack Energ.)
01	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot1.seg2	-----	-----	Energ. singola
02	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot2.seg2	-----	-----	Energ. singola
03	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot3.seg2	-----	-----	Energ. singola
04	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot4.seg2	-----	-----	Energ. singola
05	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot5.seg2	-----	-----	Energ. singola
06	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot6.seg2	-----	-----	Energ. singola
07	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot7.seg2	-----	-----	Energ. singola
08	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot8.seg2	-----	-----	Energ. singola
09	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot9.seg2	-----	-----	Energ. singola
10	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54_shot10.seg2	-----	-----	Energ. singola
	01	ZVF1-4DX-4MO-2022-02-23_08-54.seg2 *	-----	-----	Stack Energ. Misure n° 01-10
01	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot1.seg2	-----	-----	Energ. singola
02	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot2.seg2	-----	-----	Energ. singola
03	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot3.seg2	-----	-----	Energ. singola
04	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot4.seg2	-----	-----	Energ. singola
05	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot5.seg2	-----	-----	Energ. singola
06	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot6.seg2	-----	-----	Energ. singola
07	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot7.seg2	-----	-----	Energ. singola
08	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot8.seg2	-----	-----	Energ. singola
09	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot9.seg2	-----	-----	Energ. singola
10	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09_shot10.seg2	-----	-----	Energ. singola
	02	ZVF2-4DX-4MO-2022-02-23_09-09.seg2 *	-----	-----	Stack Energ. Misure n° 01-10

* file tracce utilizzato per elaborazione MW1 (ZVF)



TERRA S.n.c.
Via Comunale Vittorio Veneto 48
06055 Papiano (PG)
tel: 075 8089539 - 075 8795142
info@laboratoriogeo-tecnico.it

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

AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Settore A (prove di laboratorio sui terreni con estensione carico su pali)
D.M. n° 2612 del 26/03/2010 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC/2010