



# COMUNE di RIMINI

Dipartimento del TERRITORIO  
Settore Infrastrutture, Mobilità e Qualità Ambientale

Piano Op. Fondo Sviluppo e Coesione (FSC) Infrastr. 2014-2020  
S.S. Adriatica - Lavori di miglioramento del livello di servizio nel  
tratto compreso tra il km 201+400 ed il km 206+000 in Comune  
di Rimini. Costruzione di rotatoria sulla SS 16 in prossimità dello  
stabilimento Valentini e collegamento con la Via A. Moro. INT. C

**Intervento C: RACCORDO SS 16 e  
PROLUNGAMENTO di Via TOSCA-VIABILITÀ  
di ACCESSO al QUARTIERE PADULLI**  
CUP C91B16000450004 - Fascicolo 2017-245-005.

## PROGETTO di Fattibilità Tecnico Economica e DEFINITIVO

**AII. C** RELAZIONE GEOLOGICA di 3° Livello

Rev.

PROGETTISTA:  
Ing. Paolo Vicini

IL RESPONSABILE DI PROCEDIMENTO:  
Ing. Alberto Dellavalle

COLLABORATORI:  
PROGETTISTA PUBBLICA ILLUMINAZIONE:  
P.I. Igino Vichi

DISEGNATORE  
Ing. Francesco Colonna

STUDIO GEOLOGICO  
Dott. Ronci Stefano -Geologo -Rimini

ANALISI RUMORE  
NoRumore - Dott. Casadio - Forlì

INDAGINI GEOLOGICHE  
Intergeo S.R.L. - RSM

Progettista e Direttore Operativo Opere Strutturali  
Ing. Loris Rinaldi - Rimini

Rimini li. dicembre 2018

Studio di Geologia Dott. Stefano Ronci

**RELAZIONE GEOLOGICA**  
**INDAGINE GEOTECNICA E GEOFISICA**  
**PRELIMINARE**  
**PER VARIANTE URBANISTICA**

*Progetto:* **FSC (FONDO COESIONE SOCIALE) 2014-2020 – PIANO  
OPERATIVO INFRASTRUTTURE MESSA IN SICUREZZA SS16:  
NUOVA VIABILITA' ZONA PADULLI - VALENTINI**

*Ubicazione:* Via Tosca, Strada Statale Adriatica n.16, Rimini (RN)

*Committente :* COMUNE DI RIMINI

Dott. Geol. Stefano Ronci

Collaboratore Dott. Geol. Giorgio Ciuffoli

*Rimini Ottobre 2018*

---

*Dott. Stefano Ronci Geologo*  
Viale Cordevole 21/a, 47921 RIMINI, Tel.Fax 0541/23043 Cell.0335/5894090  
e-mail: stefanoronci@tin.it pec:stefanoronci@postalegale.net

## SOMMARIO

1 – PREMESSA .....	1
2 – GEOLOGIA .....	2
2.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	2
2.2 IDROGEOLOGIA .....	10
2.3 MODELLO GEOLOGICO .....	12
3– INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	12
3.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO.....	15
3.2 INDAGINI PENETROMETRICHE.....	15
3.3 CORRELAZIONI PARAMETRI GEOTECNICI DA PENETROMETRIE STATICHE .....	16
3.4 INDAGINI GEOFISICHE.....	17
3.5 RILIEVO DEL LIVELLO DI FALDA.....	17
3.6 ANALISI DI LABORATORIO.....	18
4 – STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E GEOFISICHE .....	20
4.1 SONDAGGIO STRATIGRAFICO E PROVE PENETROMETRICHE .....	20
4.2 RISULTATI DELLE INDAGINI GEOFISICHE.....	22
5 – RISCHIO SISMICO .....	24
5,1 SISMICITÀ DELL’AREA .....	24
5,2– MICROZONAZIONE SISMICA .....	24
5,3 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO: MAGNITUDO E ACCELERAZIONE SISMICA.....	27
5.3.1 APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2018 .....	27
5.3.2 SECONDO LIVELLO.....	28
5.3.3 RISPOSTA SISMICA LOCALE, ANALISI DI TERZO LIVELLO (RSL) .....	29
5,4 EFFETTI LOCALI: LIQUEFAZIONE DEI TERRENI SABBIOSI E CEDIMENTI INDOTTI DAL SISMA.....	38
6– ORIENTAMENTI GEOTECNICI .....	41
7 – CONCLUSIONI .....	42

## ALLEGATI

ALLEGATO 1	PROVE PENETROMETRICHE CPT CPTU
ALLEGATO 2	STRATIGRAFIA SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO
ALLEGATO 3	RELAZIONE DOWN HOLE CON CONO SISMICO
ALLEGATO 4	RELAZIONE INDAGINE GEOFISICA ESAC-MASW
ALLEGATO 5	RELAZIONE INDAGINE GEOFISICA HVSR
ALLEGATO 6	ANALISI DI LABORATORIO
ALLEGATO 7	VALUTAZIONE LIQUEFAZIONE E CEDIMENTI POST-SISMICI

## FIGURE NEL TESTO

Figura 1 Vista aerea (Google Maps ).....	1
Figura 2 Inquadramento cartografico.....	3
Figura 3 Dettaglio Elemento 256112 Rimini.....	4
Figura 4 Carta Geologica RER (Sezione 256110 Rimini ).....	5
Figura 5 Planimetria con tracce delle Sezioni geologiche e sezioni 017 e 155.....	7
Figura 6 Sezioni idrostratigrafiche (Tav.B12b del PSC riminini) NB scala verticale esagerata 1:25.....	8
Figura 7 Carta dello Spessore delle Coperture del PSC.....	9
Figura 8 Carta della Subsidenza (ARPAE).....	10
Figura 9 PAI Var.2016 tav. 5.1 Mappa della pericolosità per il reticolo secondario.....	11
Figura 10 PTCP Tavola D, Rischi Ambientali.....	12
Figura 11 Planimetria con ubicazione delle indagini.....	13
Figura 12 Penetrometro Pagani TG63/200 nel corso delle prove. Sondaggio S1.....	14
Figura 13 Grafici per l'interpretazione della litologia da prove CPT (Schmertmann e di Robertson).....	16
Figura 14 Carta della litologia secondo Robertson.....	20
Figura 15 Carta della litologia secondo Schmertmann.....	20
Figura 16 Profilo penetrometrico Resistenze di Punta CPTm01 e CPTU 02.....	21
Figura 17 Sezione stratigrafica.....	21
Figura 18 Profili di Vs desunti dalle prove geofisiche.....	23
Figura 19 Istogramma degli eventi sismici.....	24
Figura 20 Catalogo delle Faglie Capaci ITHACA.....	26
Figura 21 Carta di microzonazione sismica: fattori di amplificazione di PGA (Tavola PSC.1.3.2°).....	28
Figura 22 Accelerogrammi RER per la Città di Rimini.....	29
Figura 23 Spettro normalizzato RER per Rimini.....	30
Figura 24 Diagrammi smorzamento e degrado.....	31
Figura 25 Sezione geologica RER n.147.....	32
Figura 26 Profilo Vs.....	33
Figura 27 Accelerogrammi in superficie.....	34
Figura 28 Spettro delle Pseudo velocità.....	35
Figura 29 Funzione di Trasferimnto.....	36
Figura 30 Spettro di risposta elastica.....	37
Figura 31 Spettro di risposta elastica normalizzato.....	37
Figura 32 spettro di risposta sismica locale Normalizzato.....	38

---

*Dott. Stefano Ronci Geologo*

Viale Cordevole 21/a, 47921 RIMINI, Tel.Fax 0541/23043 Cell.0335/5894090  
e-mail: stefanoronci@tin.it pec:stefanoronci@postalegale.net



## 1 – PREMESSA

Si è eseguito, su incarico del Comune di Rimini, uno studio geologico ed un'indagine geognostica per acquisire gli elementi necessari alla *variante urbanistica* ed alla progettazione di una nuova viabilità in zona Padulli, Via Tosca - Strada Statale Adriatica n.16.

Lo studio si è svolto in riferimento agli *“indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”* di cui alla *deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 02.05.2007*, approvato con *deliberazione di G.R. n.2193 del 21/12/2015.* Si fa riferimento in oltre alla Relazione di Microzonazione Sismica del Piano Strutturale Comunale di Rimini.

Lo scopo dello studio è quello di:

- a) *descrivere il contesto geologico e geomorfologico dell'area*
- b) *definire la stratigrafia del sottosuolo ed valutare le qualità geotecniche dei terreni*
- c) *descrivere l'assetto idrogeologico ed eventuali aspetti di vulnerabilità*
- d) *definire le caratteristiche sismiche del sito, così come prevista dalle normative sopra citate, quindi analizzare il rischio sismico locale per mezzo dello studio di Risposta Sismica Locale (terzo livello di approfondimento).*
- e) *analisi delle pericolosità sismiche locali: liquefacibilità e cedimenti postsismici*
- f) *fornire sommarie indicazioni sulle caratteristiche dei terreni del sottosuolo in relazione all'edificabilità*

Figura 1 Vista aerea (Google Maps)



Il lavoro si basa sulla ricerca e studio dei dati bibliografici, su un rilievo geologico geomorfologico speditivo e sulle indagini in sito condotte nell'estate/autunno 2018; sono state eseguite:

- prova penetrometrica meccanica Begemann (CPTm)
- prova penetrometrica punta elettrica e “cono sismico” (CPTU-S)
- un sondaggio a carotaggio continuo con campionamenti e prove SCP in foro
- analisi di laboratorio
- una campagna di rilievi sismici passivi a stazione singola HVSR
- array sismici ESAC e MASW

Lo studio si avvale dei sondaggi stratigrafici del database geognostico regionale ([https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia](https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia), dei rilievi geofisici del PSC del Comune di Rimini e delle indagini condotte personalmente nel corso di precedenti lavori e la Relazione Geologica relativa al Raccordo S.S. N° 16 E Via Tosca Comprensivo di Sottovia Alla S.S. 16, redatta dai geologi associati D. Bastianelli e F. Carlini contenente lo studio di risposta sismica locale (RSL).

## 2 – GEOLOGIA

### 2.1 Inquadramento Geologico e Geomorfologico

L'area oggetto di intervento è descritta sull'Elemento CTR 256112 Rimini e sulla Sezione 256010 Rimini della Carta Geologica della Regione Emilia Romagna. (fig.2, 3 e 4).

Si tratta di un lembo della pianura compreso fra Fiume Marecchia e Fiume Ausa a monte del centro storico di Rimini, e che ha quota di circa 12.0 metri sul livello del mare.

#### *Geologia e tettonica*

La zona riminese è caratterizzata dal passaggio degli ultimi rilievi collinari costituiti prevalentemente da sedimenti marini plio-pleistocenici, alle pianure di origine alluvionale e quindi verso valle, alla pianura costiera. La pianura è quindi orlata dagli ultimi rilievi collinari appenninici che sono qui costituiti da sabbie e arenarie debolmente cementate (Sabbie di Imola). Queste con la loro origine in ambiente di transizione, marcano il passaggio fra i depositi francamente marini (Argille Azzurre) e i depositi continentali alluvionali. Lo spessore dei sedimenti alluvionali della pianura, nella zona centrale della valle del Marrecchia, è dell'ordine delle centinaia di metri. Il substrato di origine marina, nella direzione trasversale alla valle, si assottiglia procedendo verso da ponente verso levante. Anche longitudinalmente alla valle del Marecchia si osserva una brusca rottura di pendenza del substrato (vedi figg. 5 e 6).

La causa del profilo del substrato è da ricercarsi nella tettonica correlata all'orogenesi appenninica, in cui le spinte con direzione SW-NE hanno determinato la formazione di sistemi di accavallamenti ad embrici con l'emersione dei depositi marini della catena in emersione e, oltre alla zona di cerniera, le zone subsidenti. Il sistema di faglie con direttrice antiappenninica (SW-NE), conseguente a questa cinematica, è intercettato da faglie trasversali con direttrice appenninica che sono tuttora simicamente attive e sulle quali si sono instaurate le principali aste fluviali (Marecchia, Uso, Ausa). Il sovrapporsi dei fenomeni tettonici e dei processi deposizionali è all'origine della natura e della geometria dei bacini dell'Avanfossa appenninico adriatica.

#### *Condizioni geologiche locali*

L'area in esame è al margine sudorientale della valle del Marecchia nella zona di "coalescenza" con le alluvioni dell'Ausa e del Mavone al cui bacino idrografico i terreni in studio appartengono. La distanza con gli ultimi rilievi costituiti dai sedimenti marini di cui si è accennato poco sopra (IMO) è dell'ordine delle centinaia di metri. La potenza complessiva della copertura continentale (alluvioni) è, come desumibile da quanto esposto poco sopra, dell'ordine delle decine di metri e quindi non confrontabile con con gli spessori del centro valle Marecchia.

La carta dello spessore delle coperture del PSC di Rimini (vedi fig.7) indica la base del Sistema Emiliano Romagnolo (AES) inferiore a 50 metri.

Il tetto delle ghiaie è individuato grazie all'indagine geognostica è a circa 16/20 metri dal pc.

I dati relativi alla stratigrafia più profonda pur non rivestendo immediato interesse geotecnico possono essere di notevole interesse ai fini della valutazione dei fenomeni di amplificazione sismica e quindi della risposta sismica locale.



Figura 2 Inquadramento cartografico



Figura 3 Dettaglio Elemento 256112 Rimini

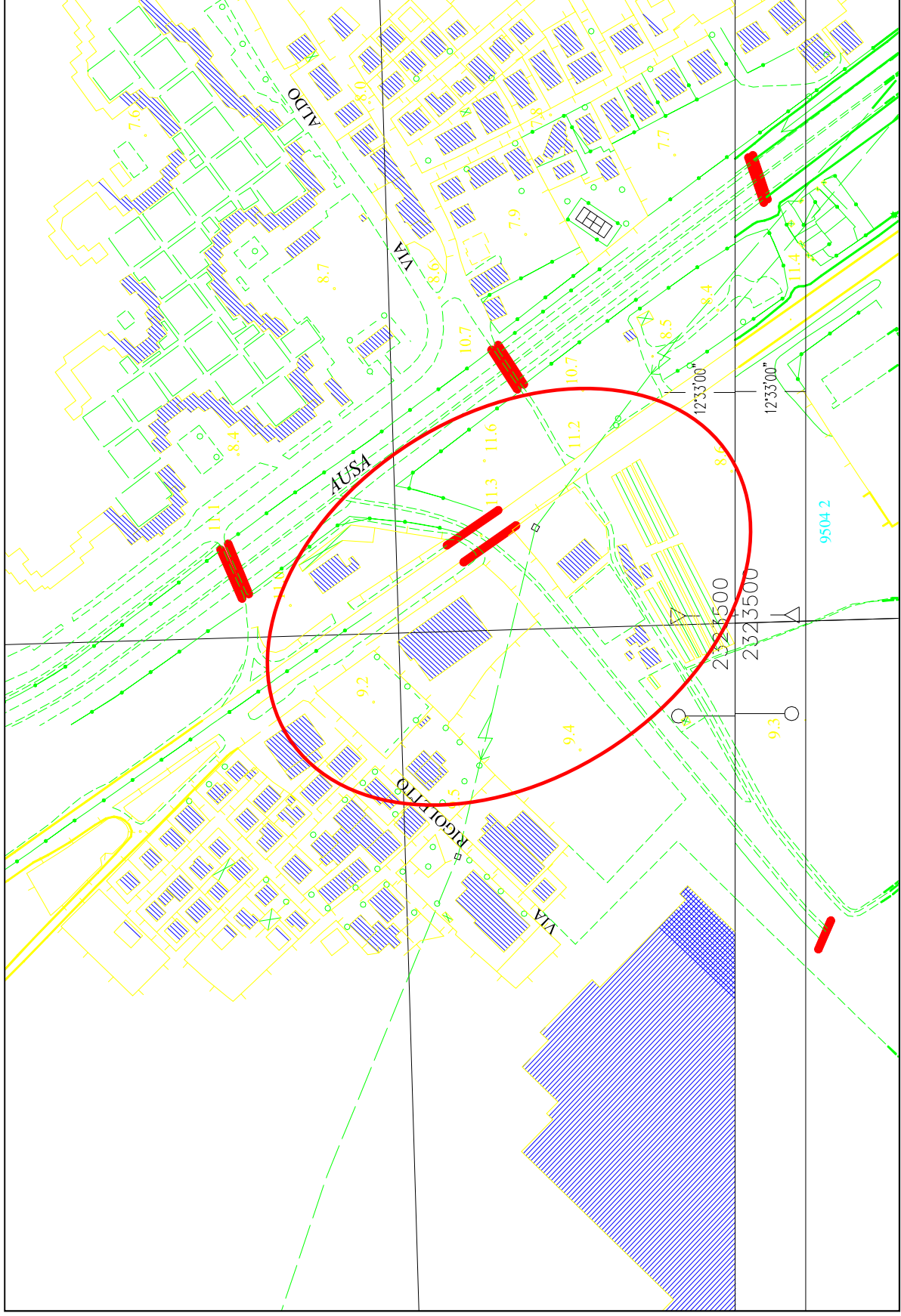
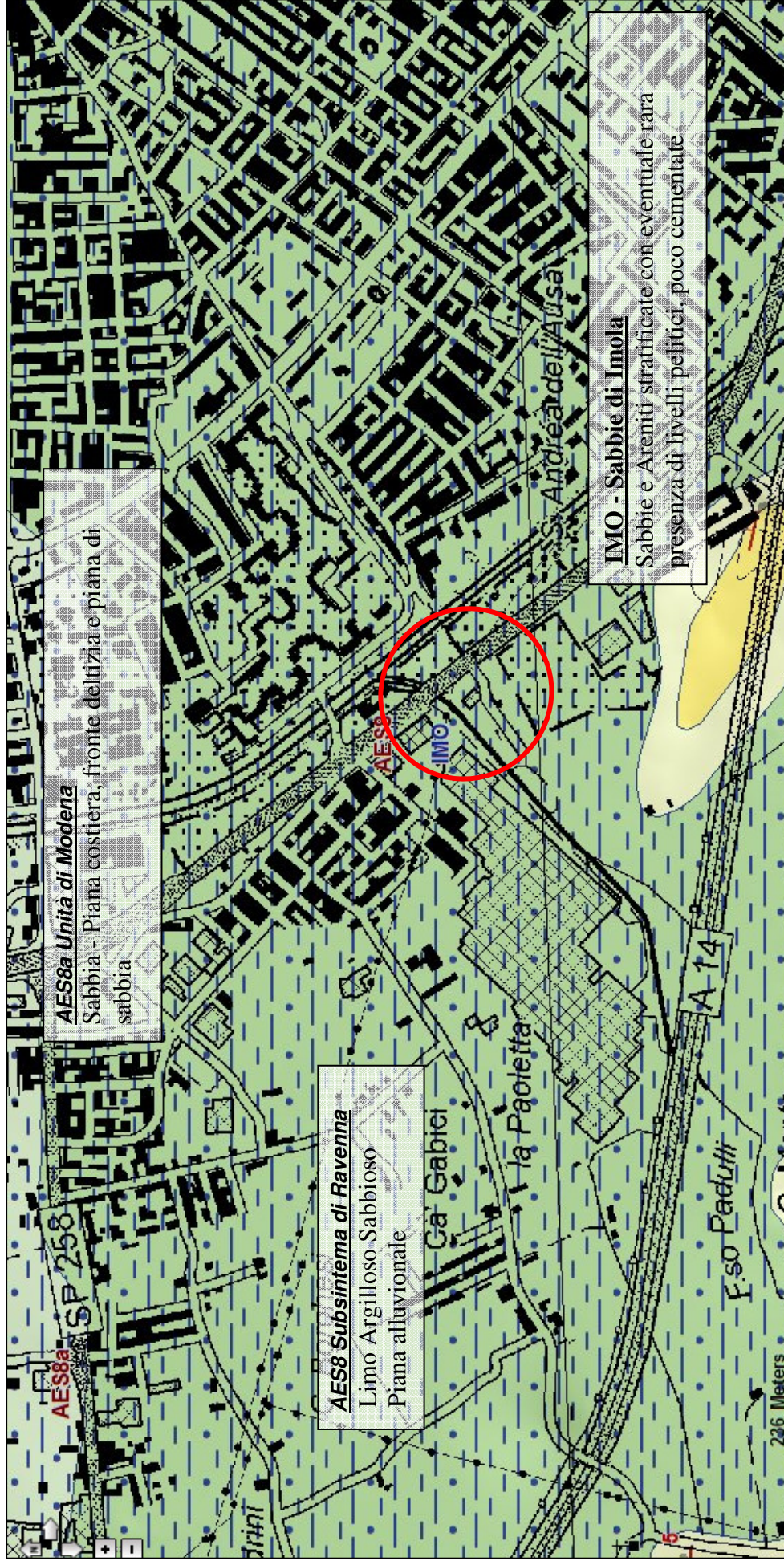




Figura 4 Carta Geologica RER (Sezione 256110 Rimini )





### Stratigrafia

I depositi continentali, sono di interesse fondamentale ai fini di questo studio; vengono distinti formalmente, all'interno dell'unità stratigrafica detta Supersistema Emiliano-Romagnolo, in Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI) e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES). Ulteriori suddivisioni di questo ultimo (subsintemi) sono indicate come Subsistema di Villa Verucchio (AES7), Subsistema di Ravenna (AES8) e Unità di Modena (AES8a). Si tratta di terreni elencati in ordine di età decrescente e che possono quindi essere sovrapposti verticalmente.

#### SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

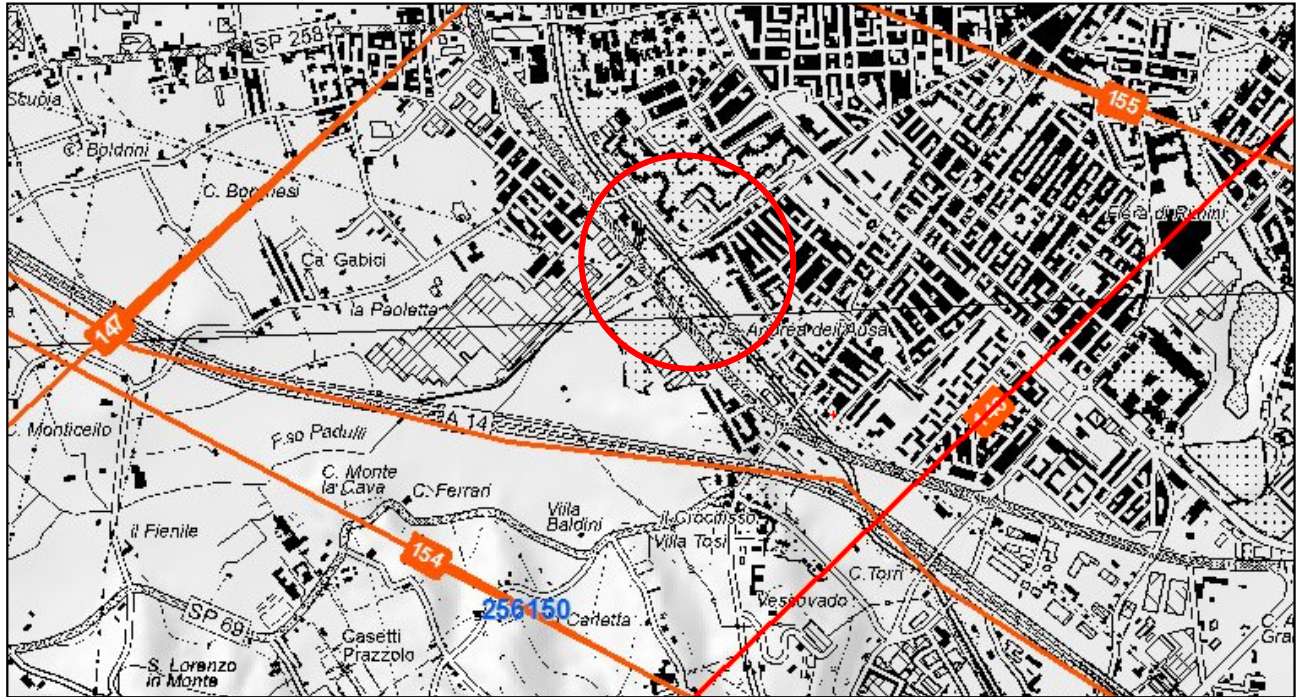
*Comprende depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini. Nel sottosuolo della pianura è costituito da una successione di cicli trasgressivo-regressivi formati da argille, limi, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale e, limitatamente al settore costiero, da sabbie litorali. In affioramento e nel sottosuolo prossimale alla catena il limite inferiore è erosivo e discordante sui depositi marini. Nel sottosuolo di pianura il limite è per discordanza angolare con AEI. Sintema parzialmente suddiviso in subsintemi (AES8, AES7 ed AES6) limitati, in affioramento, dalle principali scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e, nel sottosuolo della pianura, da bruschi contatti fra depositi trasgressivi marino-marginali e palustri su depositi di conoide e di piana alluvionale. I depositi fini di tracimazione fluviale dei terrazzi del margine appenninico non sono differenziati in subsintemi. Nel sottosuolo presso lo sbocco vallivo del F. Marecchia i depositi grossolani di conoide si amalgamano fra loro ed i singoli subsintemi non sono più separabili. Nel sottosuolo della pianura alluvionale sono presenti 2 cicli deposizionali inferiori che non hanno corrispettivi in affioramento e perciò non sono stati formalizzati. Spessore massimo circa 200 m (sottosuolo della pianura). Pleistocene medio-Olocene*

Il Subsistema di Ravenna è un unità superficiale, il cui tetto coincide spesso col piano di campagna ed ha uno spessore massimo dell'ordine di venti metri. Un ciclo trasgressivo-regressivo è all'origine della natura dei suoi depositi: ai depositi fini grigi, di tracimazione o palustri ricchi di sostanza organica, succedono depositi fini di tracimazione fluviale che passano da grigi a giallastri e quindi più decisamente ossidati verso l'alto. Ciò a indicare il passaggio paleogeografico fra piane fluviali poco drenate e stagnanti a piane ben drenate di una pianura in aggradazione con progressiva sovra-incisione del reticolo idrografico. Nel settore costiero questa evoluzione deposizionale è troncata dallo sviluppo del cordone sabbioso litorale. Nella pianura alluvionale sono presenti, in affioramento, argille, limi e limi sabbiosi, di tracimazione fluviale (piana inondabile, rotta, argine...). Il sub sistema di Ravenna è così descritto dalla legenda della Carta geologica regionale:

*Subsistema di Ravenna (AES8) Deposito di tracimazione fluviale indifferenziato limo argilloso sabbioso. Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi. Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo, talora fissate da arbusti. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7. Pleistocene sup. – Olocene*

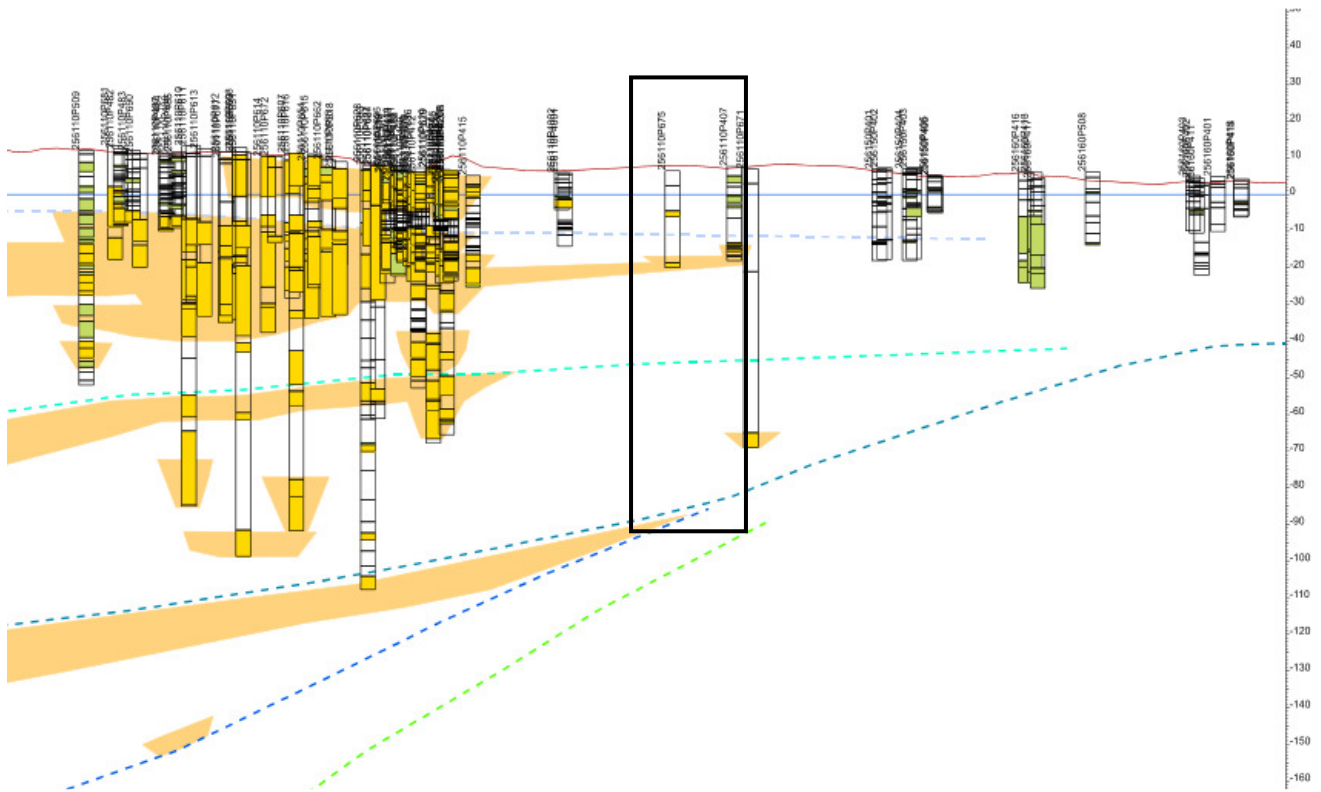
*Sabbie di Imola (IMO) Arenarie e sabbie da medie a finissime, generalmente poco cementate, in strati spessi e molto spessi, mal definiti, frequentemente amalgamati fra loro, con livelli di ghiaia contenente abbondanti ciottoli silicei. Stratificazione incrociata ad alto e basso angolo, piano-parallela e con strutture tipo hummocky. Sono presenti rare intercalazioni, centimetriche e decimetriche, di peliti, talora fortemente bioturbate, con locali laminazioni ondulate tipo ripples da onda. Nella parte alta, sono localmente presenti intercalazioni conglomeratiche a matrice sabbiosa (IMOa) con ciottoli derivanti da unità liguridi e dalla successione epiligure. Depositi di ambiente litorale. Limite inferiore discordante su SVG e SVGa. Limite superiore erosivo discordante con AES. Potenza massima affiorante circa 60m, superiore ai 150m nel sottosuolo. Pleistocene medio (0,8-0,65 MA)*

Figura 5 Planimetria con tracce delle Sezioni geologiche e sezioni 017 e 155



Sez.155 Sezione Geologica Parallela alla costa a mare dell'area di interesse

NB scala verticale esagerata 1:25



Sez.154 Sezione Geologica Parallela autostrada A14 e leggermente a monte dell'area di interesse  
NB scala verticale esagerata 1:25

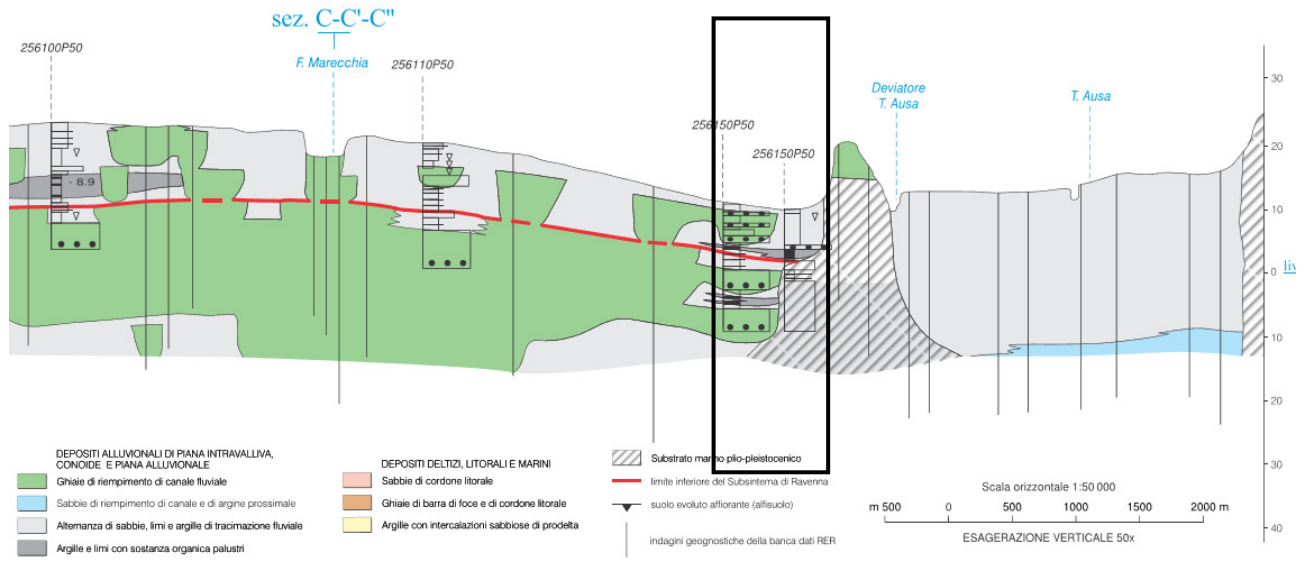


Figura 6 Sezioni idrostratigrafiche (Tav.B12b del PSC riminini) NB scala verticale esagerata 1:25

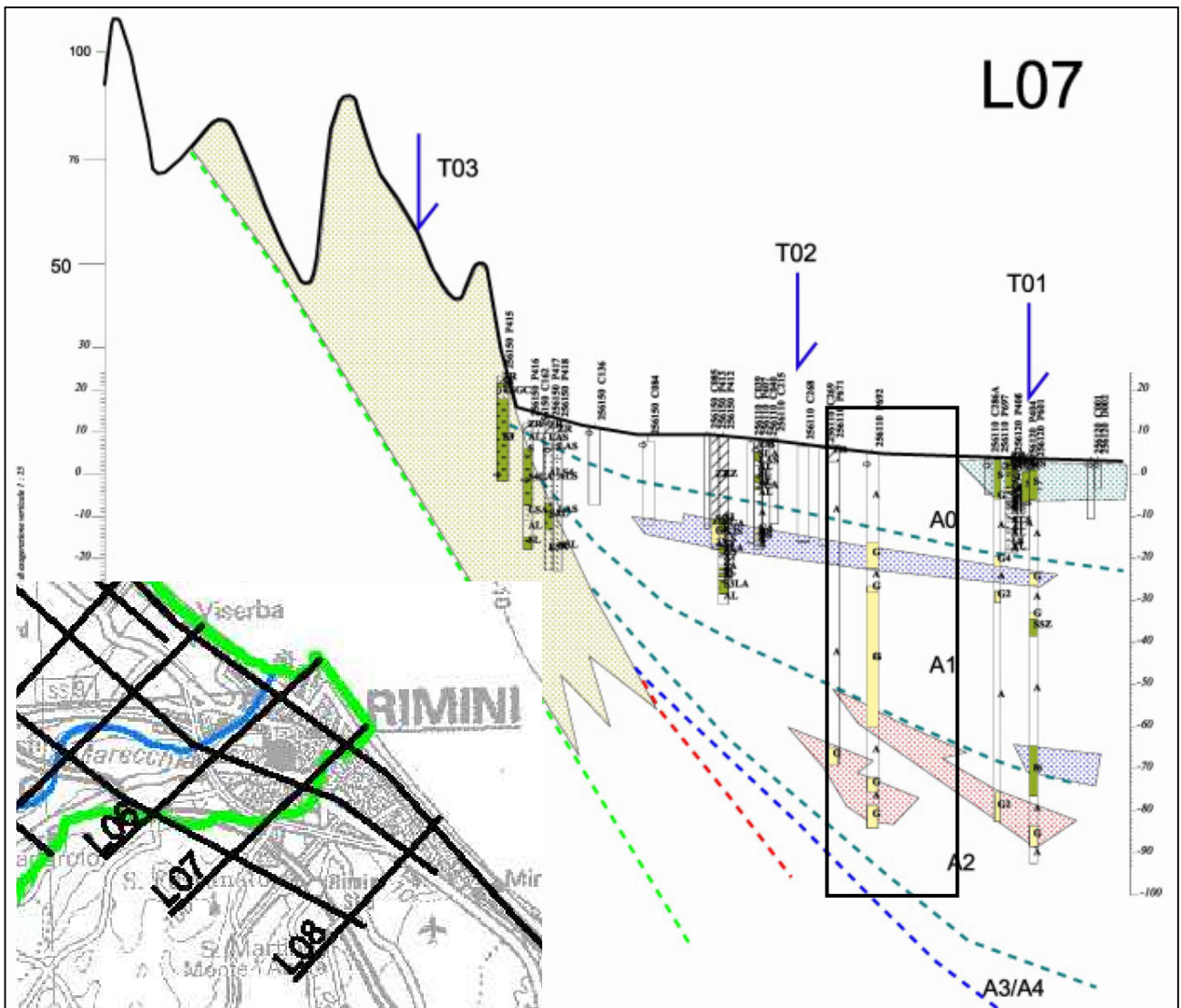
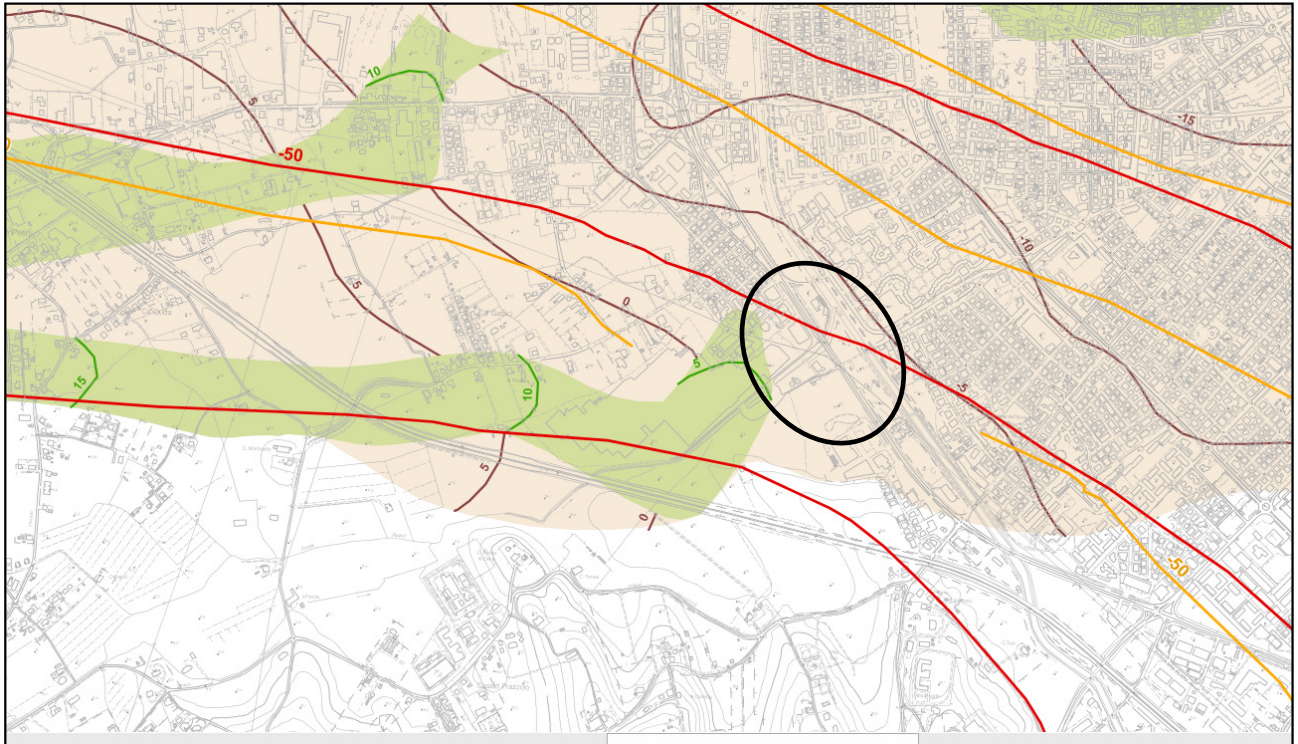




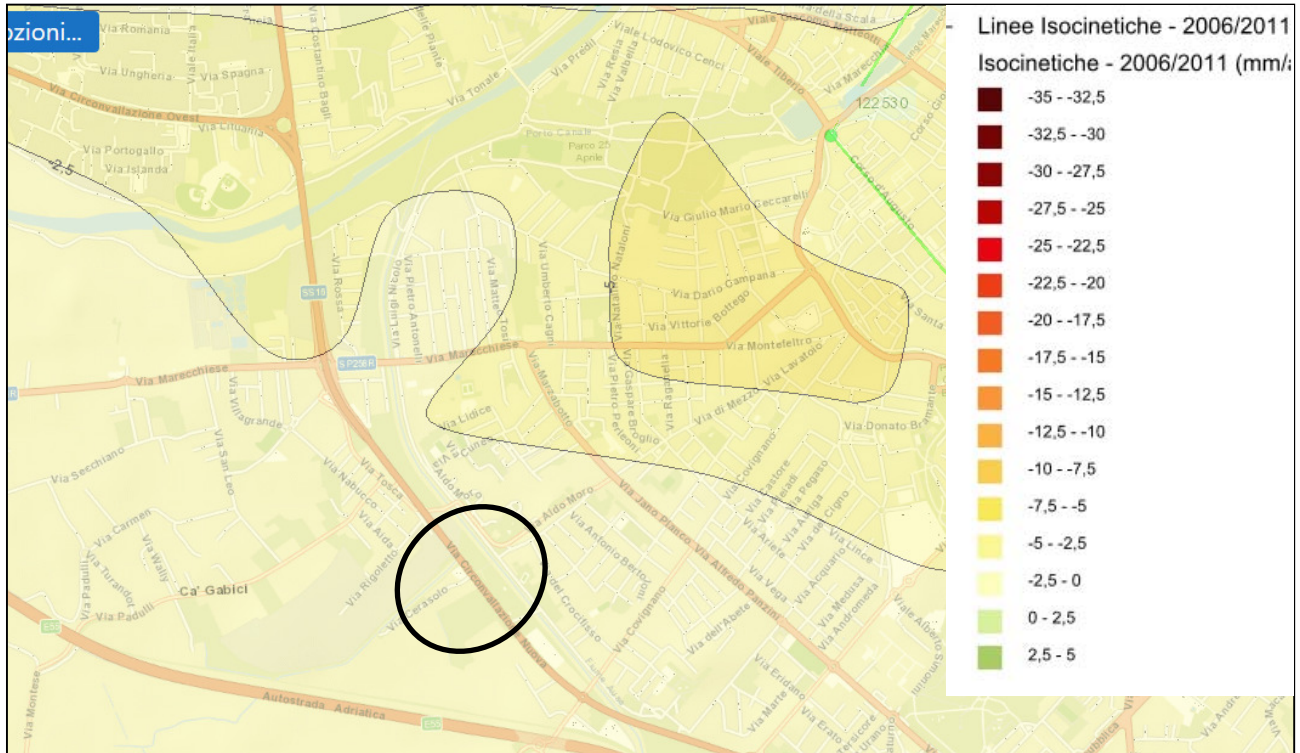
Figura 7 Carta dello Spessore delle Coperture del PSC



- Aree di amalgamazione delle ghiaie
- Deposito ghiaioso al tetto del Subsistema di Villa Verucchio - AES7
- Isobata del tetto delle ghiaie del Subsistema di Villa Verucchio - AES7 (mt. s.l.m.)
- Deposito ghiaioso al tetto del Subsistema di Ravenna - AES8
- Isobata del tetto delle ghiaie del Subsistema di Ravenna - AES8 (mt. s.l.m.)
- Isobata della base del Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore AES (mt. s.l.m.)
- Isobata della base del Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore AEI (mt. s.l.m.)

Un aspetto del territorio che merita una menzione è la subsidenza che interessa il territorio romagnolo. La subsidenza, che in realtà ha cause sia naturali sia artificiali (emungimento di fluidi dal sottosuolo), raggiunge l'entità di qualche millimetro all'anno. Dal sito cartografico dell'ARPA (<https://arpae.it/cartografia/>) è possibile verificare l'entità della subsidenza che per la zona in esame è stata stimata, nel periodo 2011-2016, fra 0.0÷2.5 mm/anno (fig.9).

Figura 8 Carta della Subsidenza (ARPAE)



### Geomorfologia

La morfologia è pianeggiante e determinata in larga misura dall'intensa urbanizzazione. L'area è attraversata dal corso della Fossa Padulli che si immette nell'alveo artificiale dell'Ausa. La rete idrografica con alvei piuttosto "incassati" entro il piano di campagna è rimodellata artificialmente.

### 2.2 Idrogeologia

Il reticolo idrografico naturale è essenzialmente costituito dalla Fossa Padulli che come accennato si immette nel corso artificiale dell'Ausa.

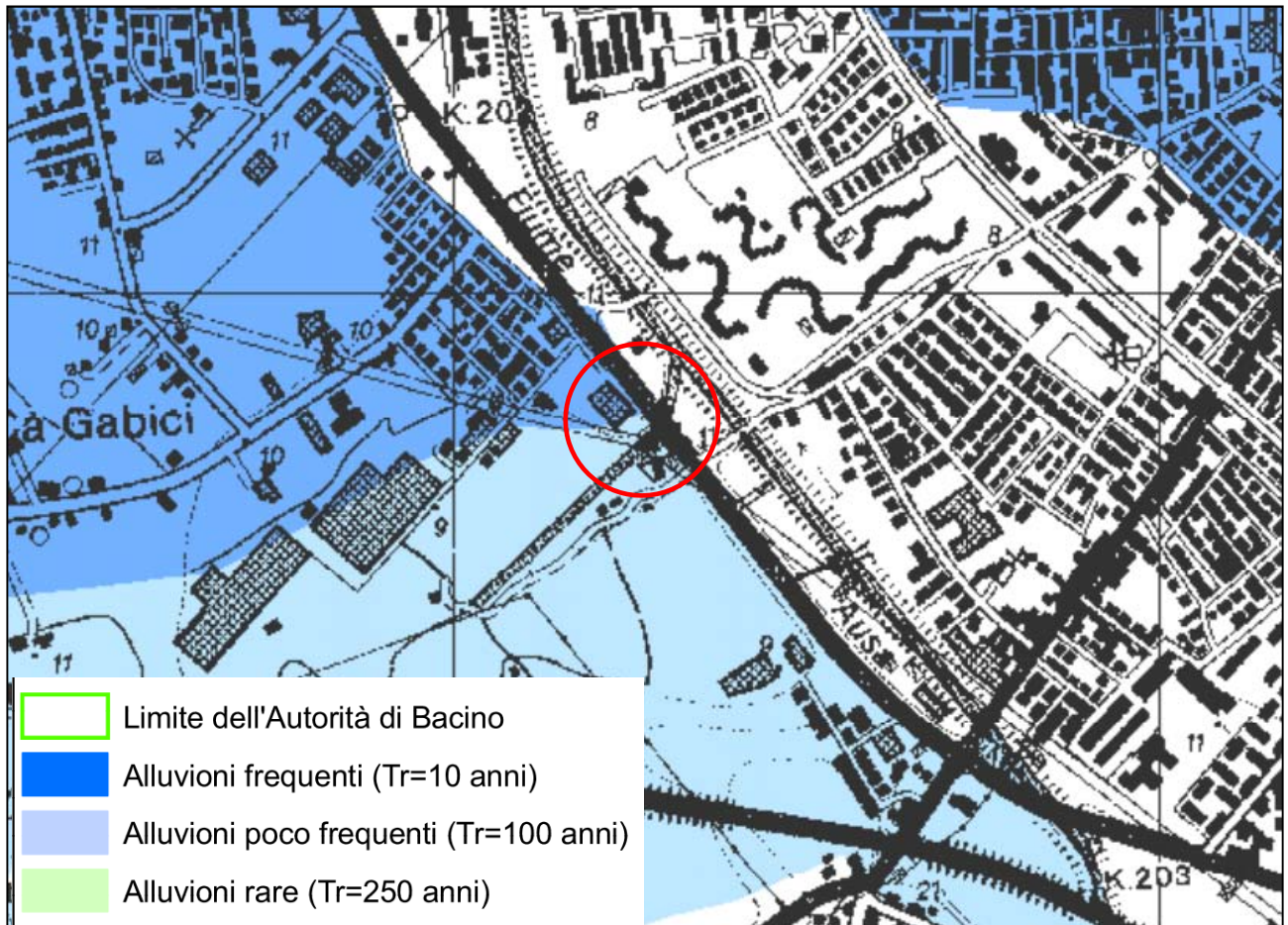
La circolazione idrica sotterranea è concentrata negli orizzonti ghiaiosi profondi che sono presenti da circa 15-20 metri dal pc; tali "corpi grossolani" definiscono complessi acquiferi che, essendo compresi fra sedimenti fini a matrice argillosa, assumono caratteristiche di artesianità o pseudo-artesianità.

Superficialmente è presente una falda freatica rinvenibile facilmente nei primi metri a di sotto del pc.

Il Progetto di Variante 2016 del Piano Stralcio di bacino per L'assetto Idrogeologico (P.A.I.) nelle *Mappa della pericolosità per il reticolo secondario* e (Tav.5-1 in stralcio in figura 9) annovera l'area in studio in parte fra quelle con alluvioni poco frequenti (Tr=100 anni) in parte in quelle con alluvioni frequenti (Tr=10 anni)



Figura 9 PAI Var.2016 tav. 5.1 Mappa della pericolosità per il reticolo secondario.



### Vulnerabilità idrogeologiche

Dalla tavola D “Rischi ambientali” del PTCP della Provincia di Rimini risulta che sulla zona in esame grava l’art.3.5 del PTCP stesso: Aree di ricarica indiretta della falda ARI.

#### Articolo 3.5 Aree di ricarica indiretta della falda - ARI e bacini imbriferi – BI

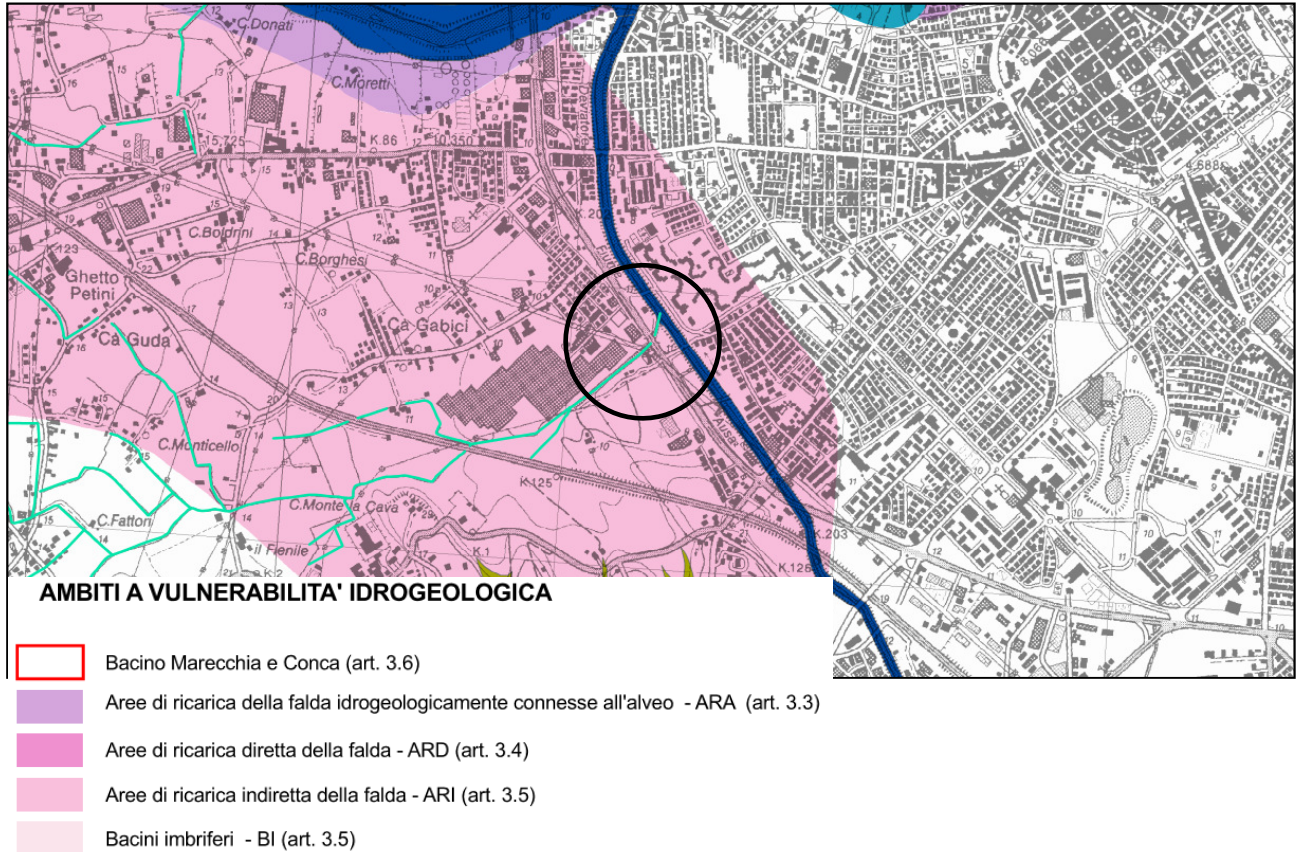
1.(D) Al fine di salvaguardare la ricarica della falda e la relativa qualità delle acque, ferme restando le disposizioni di cui al precedente art. 3.2, all’interno delle aree di ricarica indiretta della falda e dei bacini imbriferi valgono le seguenti disposizioni:

a) sono ammessi interventi di nuova urbanizzazione di norma in continuità al territorio urbanizzato esistente nel rispetto delle disposizioni relative al sistema insediativo e ambientale del presente Piano;

b) al fine di limitare il rischio idraulico derivante dallo smaltimento delle acque meteoriche operano le prescrizioni di cui al precedente articolo 2.5. Inoltre nelle Aree di ricarica indiretta (ARI) i Comuni, nella predisposizione degli strumenti urbanistici generali, a compensazione di eventuali nuove impermeabilizzazioni individuano le aree da destinare a ripascimento della falda per un’estensione di norma non inferiore a quella di nuova impermeabilizzazione, fermo restando l’obbligo di gestione delle acque di prima pioggia ai sensi dell’art. 10.2 delle presenti norme; urbanistici generali, a compensazione di eventuali nuove per un’estensione di norma non inferiore a quella di nuova

c) nelle aree urbanizzate e nelle aree destinate alla urbanizzazione dagli strumenti urbanistici vigenti o che saranno destinate all’urbanizzazione, nonché nelle aree rurali con particolare riferimento ai nuclei sparsi valgono le disposizioni di cui al comma 6 del precedente articolo 3.3.

Figura 10 PTCP Tavola D, Rischi Ambientali



### 2.3 Modello geologico

Le Norme Tecniche per le Costruzioni definiscono il “modello geologico” come l’insieme dei caratteri litologici, stratigrafici strutturali, idrogeologici, geomorfologici; la comprensione di questi elementi consente di valutare le criticità e la “pericolosità geologica del territorio”.

Nel caso in esame gli elementi fondamentali che possono sintetizzare, la situazione geologica-geomorfologica sono:

- 1) morfologia pianeggiante con elevazione sul livello del mare di circa 10÷12 metri.
- 2) la presenza di sedimenti di origine alluvionale con spessori dell’ordine delle centinaia di metri e di un substrato arenaceo di origine marina. Le alluvioni sono costituite da materiali a prevalente matrice argillosa ma sono presenti strati ghiaiosi di spessore significativo.
- 3) la presenza molto superficiale di acqua nel suolo (dell’ordine di pochi metri dal pc) e di falde artesiane più profonde
- 4) rischio di allagamenti alluvionali

Un aspetto fondamentale relativo alla “*pericolosità geologica del territorio*” è la sismicità a cui è dedicato, nel prosieguo, un capitolo. Oltre alla intensità e ricorrenza degli eventi, il rischio sismico, deve essere correlato localmente a fenomeni di amplificazione locale. In assenza elementi topografici di rilievo (morfologia pianeggiante), l’eventuale amplificazione è legata agli effetti stratigrafici.

### 3- INDAGINI GEOGNOSTICHE

L’indagine geognostica, affidata ad INTERGEO srl, consta di:

- prova penetrometrica meccanica Begemann (CPTm)
- prova penetrometrica punta elettrica e “cono sismico” (CPTU-S)
- un sondaggio a carotaggio continuo con campionamenti e prove SPT in foro
- analisi di laboratorio
- una campagna di rilievi sismici passivi a stazione singola HVSR
- array sismici ESAC e MASW



Lo studio si avvale anche delle indagini del database geognostico regionale, del PSC comunale, dell'archivio personale e della già citata indagine geologica di Bastianelli e Carlini, nella quale sono riportati prove penetrometriche, sondaggio, prove di laboratorio e rilievi HVSR e l'analisi di risposta sismica locale.

Figura 11 Planimetria con ubicazione delle indagini

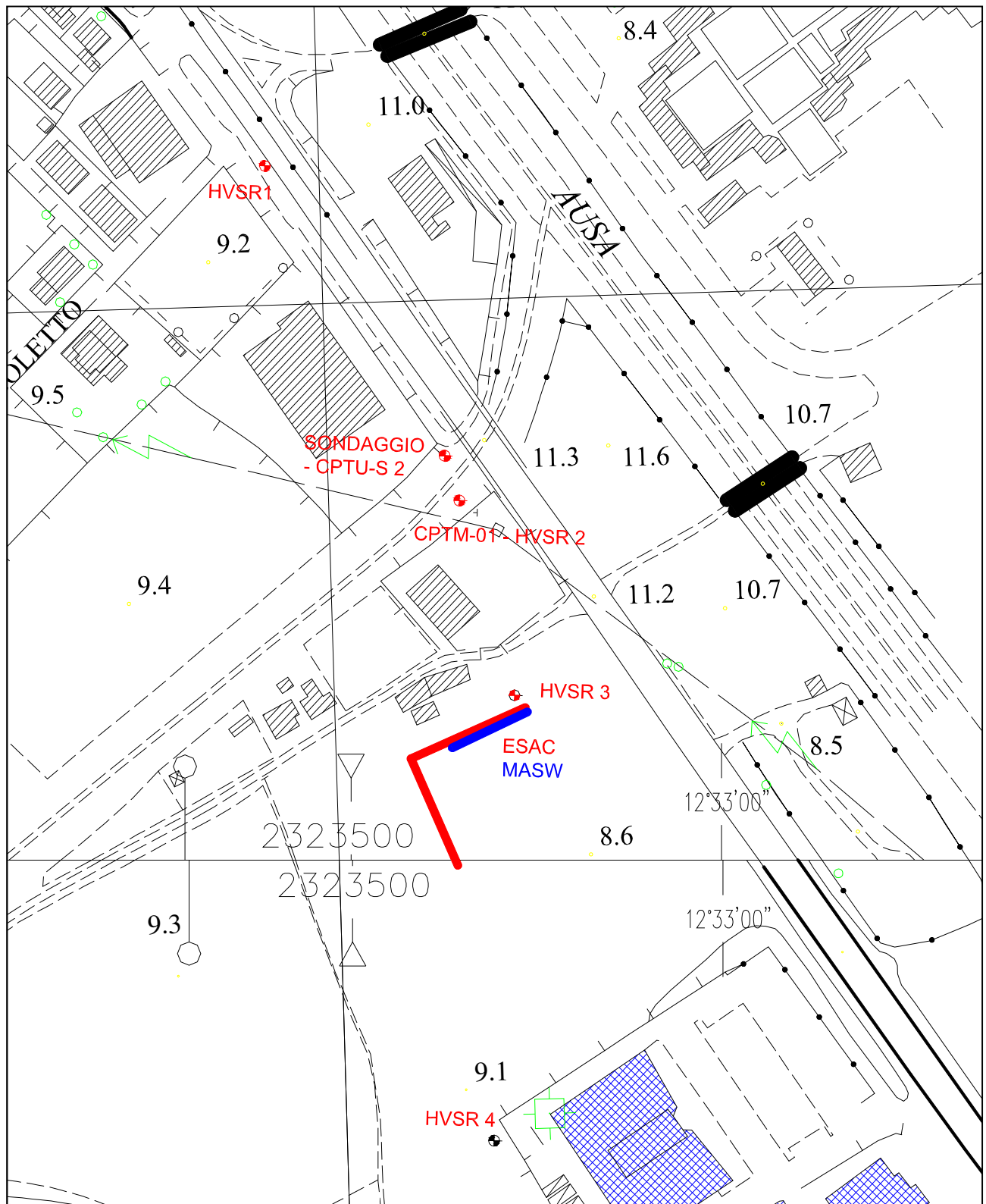


Figura 12 Penetrometro Pagani TG63/200 nel corso delle prove. Sondaggio S1

**CPTm 01**



**CPTU-S 02**





## S1 Sondaggio a carotaggio continuo



### 3.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Il sondaggio a carotaggio continuo (sistema a rotazione ad aste) è stato eseguito con carotiere semplice con diametro esterno 101 mm utilizzando il rivestimento (127 mm) e utilizzando come fluido di circolazione l'acqua. La profondità di indagine è di 30 dal pc.

Sulle carote, collocate in apposite cassette catalogatrici, oltre alla descrizione litologia, sono state eseguite prove con Pocket penetrometer e tore-vane, per la determinazione della consistenza.

Sono stati prelevati tre campioni indisturbati Shelby (S1C1, S1C2 ed S1c3) e, prelevando porzioni di carota nella cassetta catalogatrice, due campioni rimaneggiati (S1CA ed S1CB).

Sui depositi ghiaiosi sono state eseguite due prove SPT in foro.

In allegato 2 sono riportate le stratigrafie dei sondaggi e le foto delle cassette catalogatrici contenenti le carote.

### 3.2 Indagini penetrometriche

Le penetrometrie statiche offrono informazioni di buona qualità sulla consistenza e sulla litologia dei terreni; esiste inoltre una consolidata tradizione d'uso ed una estesa bibliografia relativa all'elaborazione dei dati.

L'esecuzione delle prove rispetta le modalità indicate dalle raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana del 1977.

Le penetrometrie statiche (CPT) consistono nella misura della resistenza alla penetrazione della punta conica e del manicotto di cui è corredato il puntale. Tali misure permettono una buona distinzione della stratigrafia grazie ai metodi, ad esempio di Schmertmann o Robertson; questi consentono, con l'ausilio di appositi grafici o algoritmi, di distinguere le litologie dal rapporto fra resistenza alla penetrazione e attrito sul manicotto di frizione (vedi Fig. 13). Determinata la litologia è possibile risalire, grazie ad indicazioni di numerosi autori, ai parametri geotecnici dei terreni. Sul rapporto di prova vengono riportati i valori ed i grafici di Resistenza di Punta ( $R_p$ ), Resistenza del manicotto ( $R_l$ ), il rapporto delle due grandezze ( $FR$ ), la litologia orientativa, alcuni parametri geotecnici ( $\Phi$ ,  $Dr$ ,  $Cu$ ) e dove significativo, è riportato il coefficiente di sicurezza alla liquefazione. Il metodo di Robertson consente in oltre una stima della percentuale di fini presenti nel sedimento (passante al setaccio con apertura 0.0075 mm).

Il ricorso alla punta elettrica (CPTU) consente misure più dettagliate e di maggiore precisione nel rilievo della resistenza di punta e dell'attrito sul manicotto di frizione. Nelle CPT "elettriche" oltre alla misura, per mezzo di celle di carico elettroniche, della resistenza alla penetrazione della punta conica e del manicotto, le acquisizioni riguardano anche velocità di avanzamento, inclinazione della punta e la pressione interstiziale nel sedimento.

Le misure vengono acquisite e memorizzate ad ogni centimetro di avanzamento della punta penetrometrica; per le elaborazioni e nei report della prova (in allegato), si è utilizzata, per comodità, la media con passo di 5 cm.

### 3.3 Correlazioni parametri geotecnici da penetrometrie statiche

I dati ottenuti con le penetrometrie sono utilizzabili per la determinazione delle litologie e l'attribuzione dei principali parametri geotecnici; tali correlazioni sono di larga diffusione e proposte da numerosi Autori (Begemann, Michtell & Gardner, Sanglerat, Schmertmann, Robertson...).

Per questo studio si fa riferimento alle correlazioni proposte rispettivamente da Schmertmann, relativamente alla litologia, e da Begeman, per il valore della coesione non drenata, necessaria per classificare sommariamente i terreni anche sulla base della consistenza.

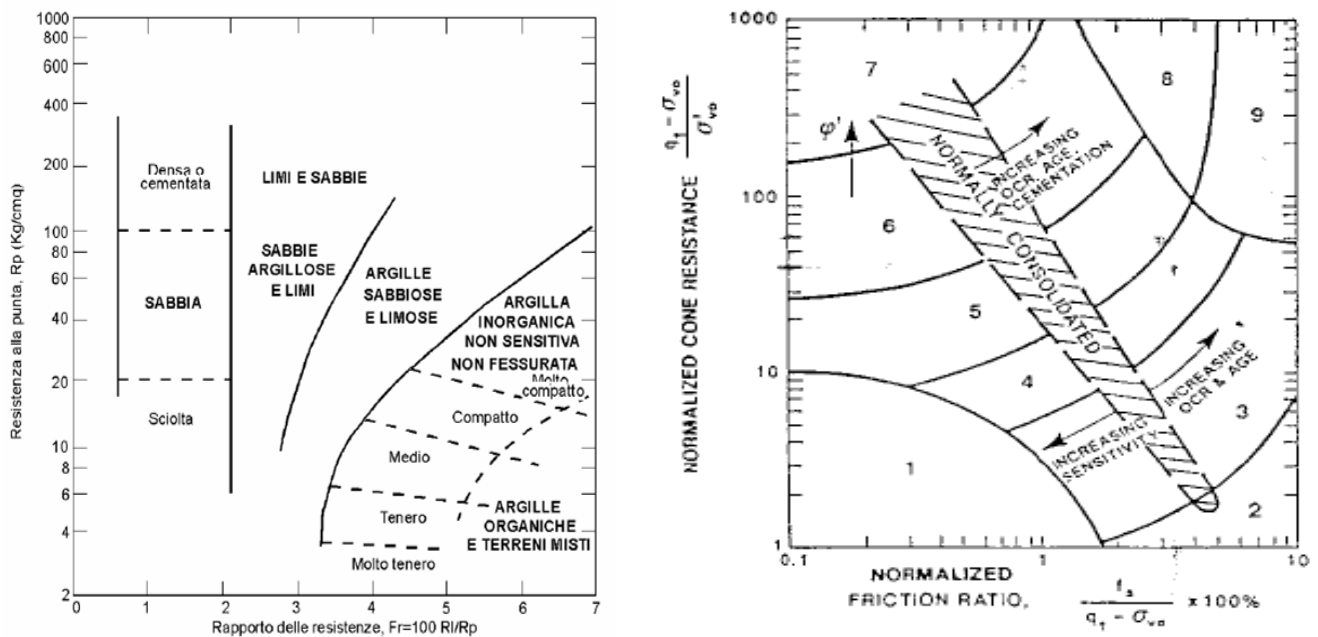
#### Schmertmann e Robrtson

Il grafico Schmertmann (fig.13) ha sugli assi la Resistenza Punta  $R_p$  e Rapporto di Frizione  $F_r$  (percentuale della Resistenza di attrito su Resistenza di punta); analogamente quello di Robertson (calibrato su prove con punta elettrica (CPTU)) riporta la resistenza alla punta normalizzata  $Q$  e il rapporto fra le resistenze normalizzate  $F$ , che vengono calcolati con le seguenti equazioni:

$$Q = (R_p - \sigma_{vo}) / \sigma'_{vo}$$

$$F = 100 (R_f / (R_p - \sigma_{vo}))$$

Figura 13 Grafici per l'interpretazione della litologia da prove CPT (Schmertmann e di Robertson)



Robertson introduce l'indice di comportamento  $I_c$

$$I_c = ((3.47 - \log Q)^2 + (\log F + 1.22)^2)^{1/2}$$



L'indice di comportamento consente di identificare il tipo di terreno adottando la tabella seguente

<i>Ic</i>	<i>Area grafico Robertson</i>	<i>Litologia</i>
<i>&lt; 1.31</i>	<i>7</i>	<i>Sabbie ghiaiose e sabbie addensate</i>
<i>1.31 ÷ 2.05</i>	<i>6</i>	<i>Sabbie da pulite a limose</i>
<i>2.05 ÷ 2.60</i>	<i>5</i>	<i>Sabbie limose e/o limi sabbiosi</i>
<i>2.60 ÷ 2.95</i>	<i>4</i>	<i>Limi argillosi e/o argille limose</i>
<i>2.95 ÷ 3.60</i>	<i>3</i>	<i>Argille</i>
<i>&gt; 3.60</i>	<i>2</i>	<i>Suoli Organici</i>

L'indice *Ic* può essere anche relazionato alla percentuale di fini del sedimento (*Fc*) con la relazione:

$$F_c (\%) = 1.75 I_c^{3.25} - 3.7$$

#### Correlazioni relative ai terreni coesivi

Sono di largo impiego, fra le altre, correlazioni fra Resistenza alla punta *Rp*, Resistenza d'attrito *Rl* e la coesione non drenata *Cu*, il modulo edometrico *Ed*, il rapporto di sovraconsolidazione *OCR*.

#### *Coesione non drenata (Cu)*

$$\text{Begemann: } C_u = (R_p - \sigma_v) / N_c$$

dove  $\sigma_v$  è la pressione litostatica alla profondità di misura della *Rp* ed  $N_c = 13,4$ ; più cautelativamente o in ragione delle litologie, può essere adottato  $N_c$  compreso fra 15 e 25.

### 3.4 Indagini Geofisiche

L'indagine geofisica consta delle seguenti indagini:

**DownHole** con cono sismico per la misura diretta della velocità di propagazione nel suolo delle onde elastiche di compressione e di taglio (*Vp* e *Vs*). Consiste nel generare in superficie onde elastiche e nel misurare il tempo di arrivo di tali onde, a geofoni ricevitori che vengono spostati verticalmente a profondità progressive (normalmente con passo di un metro). Nota la geometria del sistema si ricavano le velocità più alcuni fondamentali parametri dinamici del terreno (moduli elastici dinamici -modulo di elasticità *Edin*-, modulo di taglio (*Gdin*) e modulo di compressibilità (*Kdin*) e coefficiente di Poisson).

**Esac** Si tratta di una tecnica basata sulla ricezione di onde di superficie (onde di Rayleigh), generate appositamente, con geofoni disposti in superficie secondo una geometria bidirezionale. La tecnica ESAC deriva da quella più comunemente usata MASW, che ha un allineamento rettilineo di geofoni; rispetto a quest'ultima però, offre profondità di indagine superiori. Nel caso in oggetto le due tecniche sono state impiegate per un'analisi congiunta. La tecnica ESAC necessita possibilmente di allineamenti di lunghezza di 50 metri; per questa ragione è stata eseguita sul lotto libero a sud ovest dal sito di interesse (vedi fig.11).

**HVSR** La tecnica HVSR è detta a sismica passiva in quanto non è necessario generare onde elastiche nel suolo; lo strumento rileva infatti i microtremori del terreno, ossia il così detto "rumore di fondo" che è presente in qualunque momento ed in ogni luogo della superficie terrestre. È stata personalmente condotta una campagna di rilievi geofisici passivi a stazione singola (HVSR) non solo nel sito di interesse ma lungo la direttrice della Strada Statale 16 (vedi fig.11) per evidenziare eventuali differenze nei fenomeni di amplificazione da correlarsi alle variazioni della stratigrafia profonda e quindi alle variazioni di profondità del substrato marino.

Gli elaborati relativi alle indagini geofisiche sono riportati negli allegati 3, 4 e 5

### 3.5 Rilievo del livello di falda

La stima dei livelli di falda avviene in prima approssimazione con il rilievo nei fori di sondaggio, quindi con successive misurazioni nei piezometri, in eventuali pozzi e/o da ricerche dati bibliografici. Sono stati installati piezometri a tubo aperto nelle perforazioni della penetrometrie ed eseguiti rilievi al

termine dell'indagine e nelle date successive.

In zona Padulli nel corso di precedenti indagini si è rinvenuta la falda in prossimità del piano campagna.

<i>Piezometro</i>	<i>Quota bocca foro</i>	<i>Data</i>	<i>Livello falda (dal PC)</i>
<i>CPTm 01</i>	<i>10,56</i>	<i>03/09/2018</i>	<i>5.4</i>
		<i>14/12/2018</i>	<i>4.7</i>
<i>CPTU-S 02</i>	<i>7.85</i>	<i>04/10/2018</i>	<i>2.7</i>
		<i>14/12/2018</i>	<i>1.4</i>

### 3.6 Analisi di Laboratorio

Il piano di indagine prevedeva le seguenti analisi di laboratorio, che sono state eseguite presso il laboratorio GEODE (Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D.n.000128 del 10/01/2014):

- Descrizione macroscopica e determinazioni col penetrometro tascabile e scissometro
- Determinazione del peso di volume e della umidità naturale
- Analisi granulometriche,
- Determinazione dei Limiti di Consistenza (o di Atterberg),
- Prove di taglio diretto in Scatola di Casagrande (modalità consolidate e drenate (TG-CD e Consolidate non Drenate TG-CU).

Le prove di laboratorio consentono quindi di ricavare le caratteristiche volumetriche e l'umidità dei campioni, la distribuzione percentuale della dimensione dei clasti che compongono il sedimento (granulometria), il tenore di umidità che provoca il passaggio fra gli stati fisici convenzionali liquido e plastico (Limiti di Atterberg), i parametri di resistenza al taglio, coesione drenata  $C'$  e angolo di attrito  $\phi'$ , coesione non drenata  $C_u$  e angolo di attrito non drenato  $\phi_u$ ,

La sintesi delle analisi di laboratorio, riportate in allegato 6, è riassunta nella seguente tabella (Tabella 1).

Tabella di riepilogo delle analisi di laboratorio

Sond.	Camp.	Profondità		Descrizione	Peso di volume g/cm <sup>3</sup>	Umidità %	Granulometria				Limiti				Classificazione	Pocket P.		Tore Vane	
		(m)					A	L	S	G	LL	LP	IP	IC		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
1	1	3.5 4.0		Limo con Argilla Sabbioso	1.99	27.21	27.5	58.7	13.8	-	37.5	22	15.5	0.66	CL	2.0 2.3	0.9		
1	2	8.5 9.1		Sabbia con Limo deb. Argillosa	1.96	36.67	9.3	44.1	46.7	-	33.7	NP	-	-	ML	0.8 1.2	0.3 0.5		
1	3	15.0 15.6		Limo Argilloso Deb. Sabbioso	1.99	29.36	23.9	67.9	8.2	-	41.3	23.7	17.6	0.68	CL	1.4 1.8	0.6 0.8		

## 4 – STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E GEOFISICHE

### 4.1 Sondaggio stratigrafico e prove penetrometriche

La stratigrafia del sottosuolo è stata ricostruita sulla base delle considerazioni di carattere geologico e dagli esiti delle indagini in sito.

*Relativamente alle profondità indagate possono essere distinti diversi orizzonti geotecnici; terreni superficiali limo argillosi, ghiaie, limi argillosi profondi.*

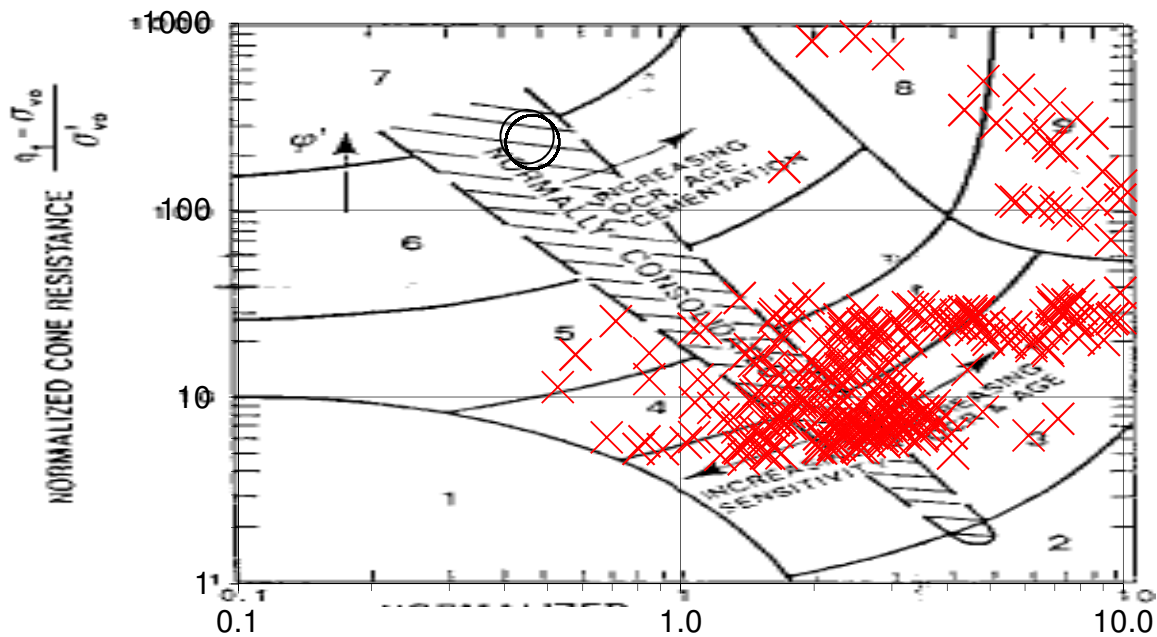
- *l'orizzonte superficiale di sedimenti fini, limo-argillosi, da molli a mediamente compatti, con sparsi livelli limo sabbiosi.*
- *Ghiaie addensate, da circa 15.5-16.0 metri rispetto al piano campagna.*
- *l'orizzonte profondo di sedimenti fini, limo-argillosi, da molli a mediamente compatti.*

Vedi Sezione stratigrafica in fig. 16.

Per profondità superiori a quelle del sondaggio stratigrafico, si hanno informazioni attraverso le sezioni geologiche della cartografia geologica regionale, e dall'interpretazione dei dati derivanti dalle indagini geofisiche eseguite. All'orizzonte limo argilloso profondo si avvicendano ghiaie alluvionali e quindi, in profondità la formazione marina delle Sabbie di Imola (IMO). In Allegato 2 la stratigrafia del sondaggio

Nelle figure 14 e 15 i grafici di Robertson e Schmertmann con la sovrapposizione dei punti ottenuti con le prove penetrometriche, in figura 16 i valori delle resistenze di punta

Figura 14 Carta della litologia secondo Robertson



9	Sabbie addensate
8	Sabbie Addensate, sabbie argillose
7	Sabbie ghiaiose, sabbie
6	Sabbie da pulite a limose
5	Sabbie limose e/o limi sabbiosi
4	<b>Limi argillosi e/o argille limose</b>
3	<b>Argille</b>
2	Suoli Organici
1	Suoli fini sensitivi

Figura 15 Carta della litologia secondo Schmertmann

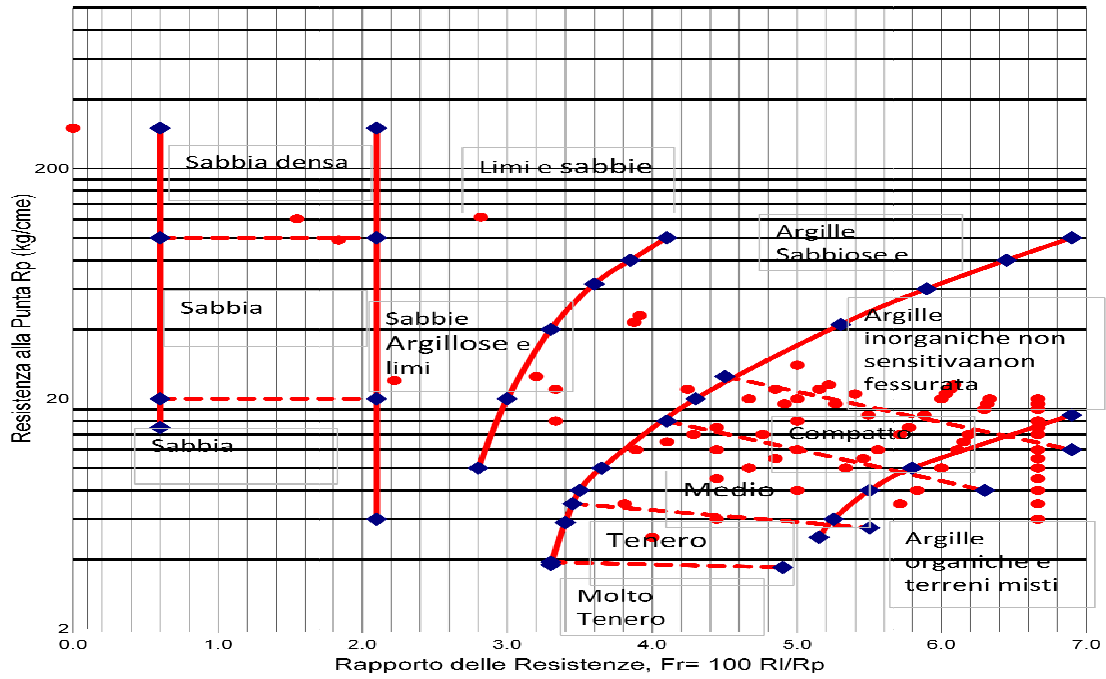
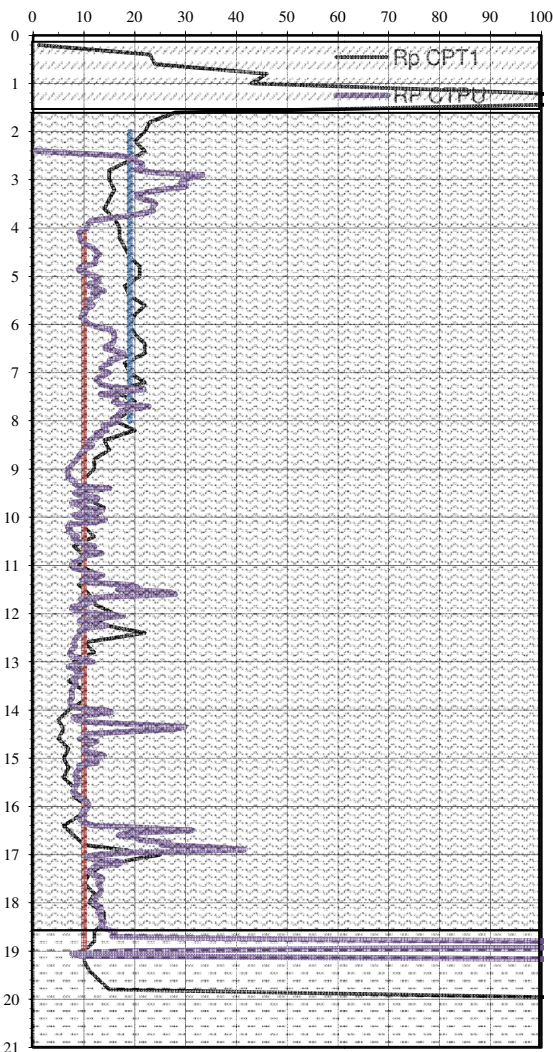


Figura 16 Profilo penetrometrico Resistenze di Punta CPTm01 e CPTU 02 (quota zero coincidente con inizio CPTm)

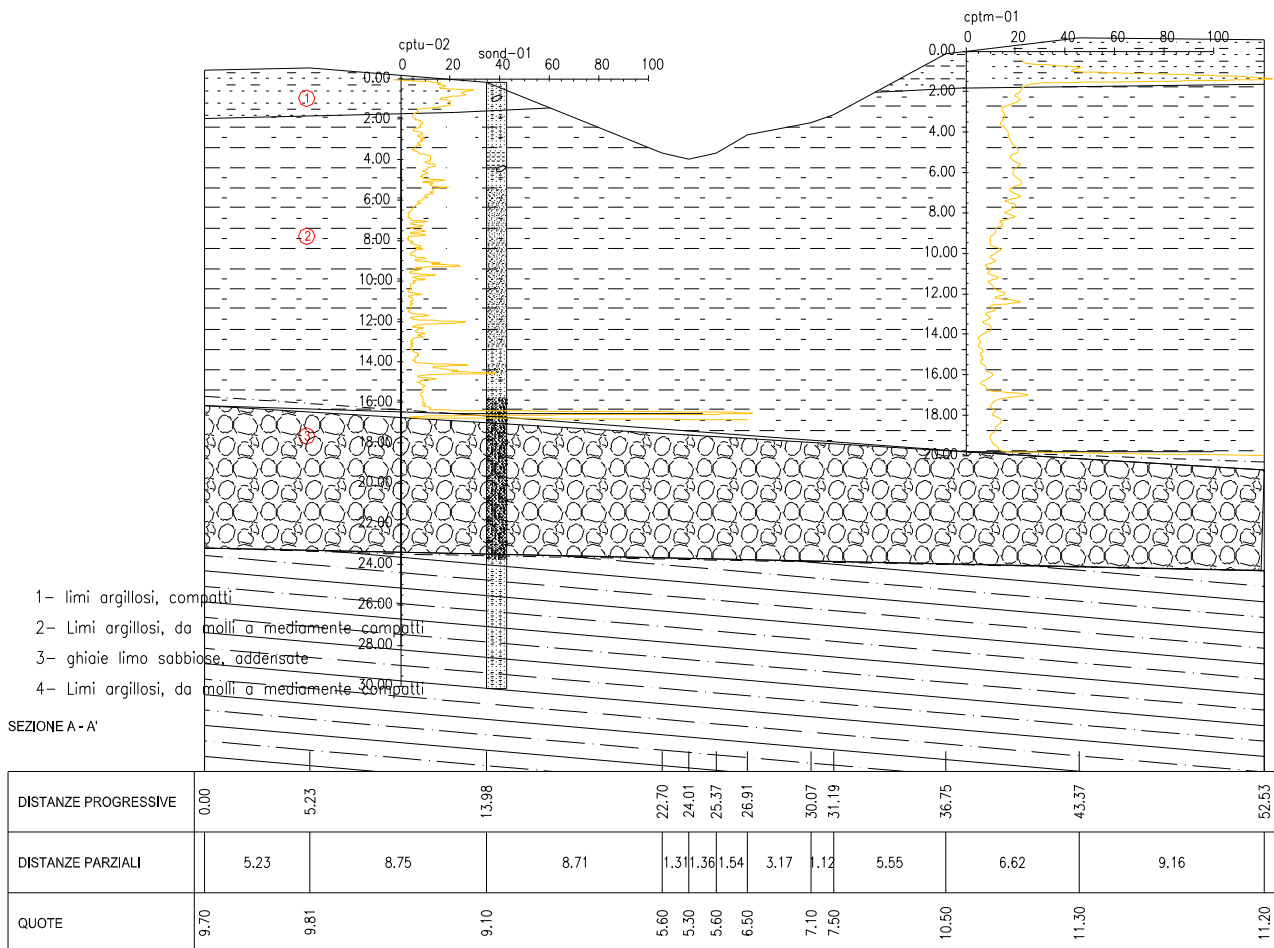


**A** Coltre superficiale / Riporto limi argillosi

**B** Limi argillosi da molli a mediamente compatte con livelli limosi e limo sabbiosi

**C** Ghiaie limo-sabbiose addensate

Figura 17 Sezione stratigrafica



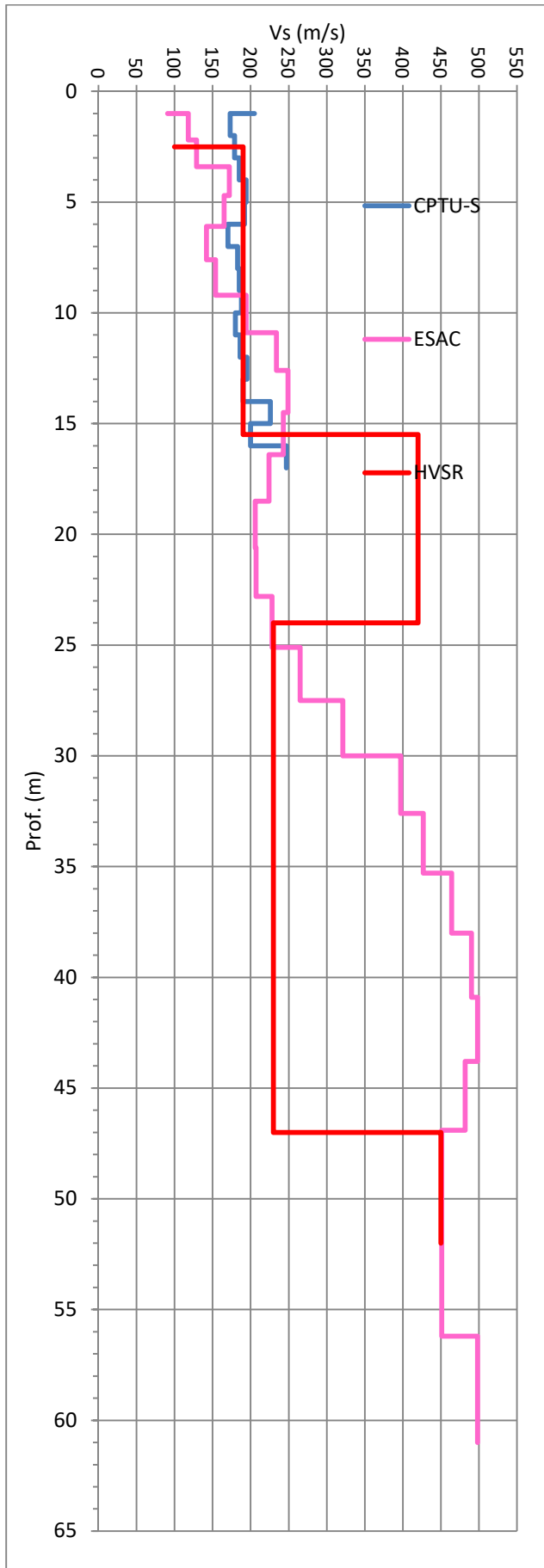
## 4.2 Risultati delle indagini geofisiche

Si riportano tabelle e grafici dei valori della velocità delle onde di taglio derivanti dalle prove eseguite. La prova DH è stata interrotta per limiti strumentali al tetto dell'orizzonte ghiaioso. L'ESAC è stata eseguita a circa 130 metri di distanza dal punto di interesse e, pur fornendo valori della vs necessari a caratterizzare i vari orizzonti litologici, potrebbe risentire di differenze nella stratigrafia rispetto al sito dei sondaggi.

Per queste ragioni è stato elaborato, ai fini della definizione del modello geofisico del sottosuolo (profilo delle Vs), il rilievo sismico passivo (HVSR). L'elaborazione è coerente con le misure di vs derivate della prova DH, con i valori delle VS desunti dall'esac per le profondità più elevate e con la stratigrafia geotecnica. In particolare il profilo Vs desunto con l'hvsr risulta coerente con la probabile inversione di velocità che presumibilmente l'orizzonte limo argilloso sottostante alle ghiaie produce.

I profili della velocità delle onde di taglio derivati da queste indagini sono sintetizzati nei grafici e nelle tabelle seguenti (Fig.18)

Figura 18 Profili di Vs desunti dalle prove geofisiche



Down Hole		Esac		H/V	
Prof. (m)	Vs (m/s)	Prof. (m)	Prof. (m)	Vs (m/s)	Prof. (m)
1	205	1.0	91.0	2.5	100
2	173	2.2	118.0	15.5	190
3	179	3.4	129.0	24	420
4	185	4.7	172.0	47	230
5	194	6.1	165.0	52	450
6	192	7.6	142.0		
7	170	9.2	154.0		
8	183	10.9	194.0		
9	185	12.6	234.0		
10	188	14.5	249.0		
11	180	16.4	243.0		
		18.5	224.0		
		20.6	206.0		
		22.8	207.0		
		25.1	228.0		
		27.5	265.0		
		30.0	321.0		
		32.6	397.0		
		35.3	427.0		
		38.0	464.0		
		40.9	490.0		
		43.8	498.0		
		46.9	482.0		
		56.2	451.0		
		61.0	498.0		

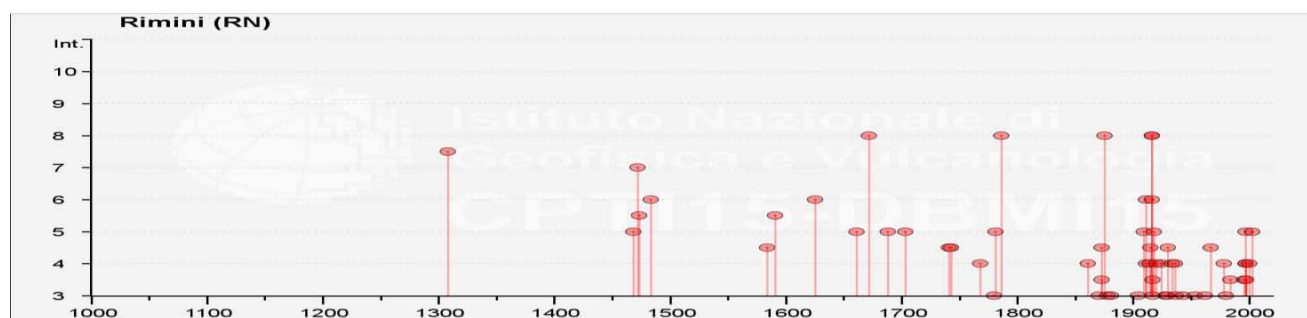
## 5 – RISCHIO SISMICO

### 5.1 Sismicità dell'area

Il territorio della provincia di Rimini ha subito importanti terremoti che, anche in base a rilievi macrosismici (non basati cioè su rilievi strumentali ma sullo studio degli effetti dei terremoti stessi), sono stati ordinati nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (consultabile al sito dell'INGV). L'istogramma e la tabella che seguono sono un estratto del database dell'INGV DBM15, con i terremoti risentiti nell'area di Rimini con intensità Mercalli Cancani Sieberg all'epicentro pari almeno al 6° grado.

L'istogramma di figura 20 e la tabella che segue testimoniano una ricca storia sismica che consta di ben 78 eventi registrati in epoca storica

Figura 19 Iistogramma degli eventi sismici



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 - Database Macrosismico Italiano 2015  
 Seismic history of Rimini PlacelID: IT\_41984  
 Coordinates (lat, lon) 44.059, 12.568 No. of reported earthquakes 78

Intensità al sito	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	Intensità Epicentrale Scala MCS	Magnitudo Momento M
7-8	1308 01 25 17 15	Rimini	7-8	5.33
7	1472	Rimini	7	5.1
5-6	1473 02 02	Rimini	5-6	4.4
6	1483 08 11 19 40	Romagna	8	5.69
5-6	1591 07 10	Romagna	6-7	5.13
6	1625 12 05	Rimini	6	4.63
8	1672 04 14 15 45	Riminense	8	5.59
8	1786 12 25 01	Riminense	8	5.66
8	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	8	5.74
6	1911 03 26 13 51	Riminense	5	5.04
8	1916 05 17 12 50	Riminense	8	5.82
6	1916 06 16 01 27	Riminense	6	4.82
8	1916 08 16 07 06 14.00	Riminense	8	5.82

(File downloaded from CPT115 - DBM115) Fonte dati DBT115: Rovida A., Locati M., Camassi R., Lollì B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT115, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT115>

### 5.2– Microzonazione Sismica

I fattori geomorfologici, stratigrafici e geotecnici (*condizioni locali*) possono modificare, talora amplificandolo, il moto sismico nella propagazione dalla roccia di substrato (bedrock) alla superficie.

Lo studio delle caratteristiche geologiche, la campagna geognostica con le prospezioni geofisiche, consentono di definire le *condizioni locali*, e quindi di indagare gli *effetti di sito*; in altri termini di quantificare la modificazione delle caratteristiche del segnale sismico nella propagazione verso la superficie.

Oltre ai fenomeni di amplificazione sismica vi possono essere *effetti locali* che dipendono dalle caratteristiche geomorfologiche e stratigrafiche del sito. I terremoti infatti, possono indurre, ad esempio, frane e crolli, addensamento di terreni soffici o ancora, la liquefazione dei terreni sabbiosi.



Per la valutazione degli effetti di sito (amplificazione sismica) e degli effetti locali (liquefazione e cedimenti post-sismici) si fa riferimento al citato Atto di Indirizzo regionale, D.A.L. 112/2007, al DGR 2193 del Dicembre 2015 ed al PSC del Comune di Rimini.

Con la delibera n.2193 del 21 Dicembre 2015 la Giunta Regionale ha approvato l'aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" in vigore dal 2007.

La microzonazione sismica, per l'indirizzo regionale, prevede due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento, che brevemente, possono essere così descritti:

**Prima fase** (*individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali*)

- **Primo livello** consiste nella localizzazione delle zone ove sono prevedibili in base agli elementi geologici e geomorfologici, geotecnici e topografici, effetti sismici di sito.

**Seconda fase** (*microzonazione sismica del territorio indagato*)

- **Secondo livello** *nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività  $\leq 15^\circ$ , vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso abachi e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;*
- **Terzo livello** *un'analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio nei seguenti casi (vedere Allegato A1): - - - analisi con diversi livelli di si identificano due fasi di aree soggette a liquefazione e densificazione; aree instabili e potenzialmente instabili; aree con rapida variazione della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, il cui modello stratigrafico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali.*

Nell'ambito della pianificazione si può escludere il *Terzo Livello di approfondimento* qualora qual ora non sussistano particolari condizioni di rischio che sono specificate al Punto 4.2 del DAL112 ed analogamente al Punto 4.2 del DGR2193.

#### Punto 4.2 dell'Atto di Indirizzo 112/2007:

- a) aree soggette a liquefazione e densificazione;
- b) aree instabili e potenzialmente instabili;
- c) aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- d) aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Lettera a) i terreni del sottosuolo sono sostanzialmente argillosi e quindi non soggetti a rischio liquefazione/densificazione; l'analisi numerica condotta con metodo di Robertson 2015 restituisce un valore di  $IPL=1.3$  (calcolato con  $a_{max}=0.37 g$ ).

Lettera b) l'area di interesse è pianeggiante e quindi non sussistono problemi di stabilità

Lettera c) i versanti vallivi sono distanti dall'area in esame ed il substrato della copertura alluvionale digrada dolcemente verso valle; lo spessore dei sedimenti continentali è dell'ordine delle decine di metri ed alla luce delle indagini penetrometriche ed in base agli approfondimenti geofisici, si può ipotizzare che il modello geologico sia assimilabile ad un *modello fisico monodimensionale*.

Lettera d) la rilevanza dell'opera da realizzarsi, dal punto di vista dell'interesse pubblico è valutata nelle opportune sedi di pianificazione urbanistica e progettazione: è stato quindi richiesto uno studio di Risposta Sismica Locale.

**Punto 4.2 DGR2193:**

- a) aree suscettibili di liquefazione o densificazione;
- b) aree di versante instabili e potenzialmente instabili;
- c) aree con rapide variazioni della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, nelle quali il modello geologico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali;
- d) aree suscettibili di effetti differenziali (zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse, zone di faglia attiva e capace, zone con cavità sepolte).

Per i le Lettere a),b) e c), sono valide le considerazioni già esposte relative all'Atto 112, mentre per quanto concerne la lettera d si considera quanto segue:

Lettera d) Si esclude che l'area in esame ricada fra quelle dove possono essere riscontrati effetti differenziali legati al contatto laterale fra litotipi diversi e con importanti differenze fra le caratteristiche fisico meccaniche, alla presenza di cavità sepolte o ancora con faglie attive e capaci. In merito a questo ultimo punto si è consultato l'archivio informatico disponibile alla pagina dedicata del sito dell'ISPRA (<http://sqi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/>). Indicativamente, nella zona di interesse, vengono segnalati sovrascorrimenti profondi (thrust) appartenenti all'Arco Romagnolo-Ferrarese. Si tratta quindi strutture che non inducono effetti locali ma che viceversa hanno rilevanza regionale (vedi fig.19) (L'effetto locale che distingue una faglia capace da una ordinaria è la "capacità" di indurre in superficie deformazioni permanenti o meglio secondo il glossario della Protezione Civile: "Faglia attiva ritenuta in grado di produrre fagliazione in superficie cioè la dislocazione istantanea – cosismica – verticale e/o orizzontale dei terreni lungo uno o più piani di taglio")

*Figura 20 Catalogo delle Faglie Capaci ITHACA In rosso i sovrascorrimenti profondi appartenenti Sistema Comacchio-Ravenna (93798 e 93803)*



Alla luce delle considerazioni esposte possiamo affermare che l'analisi di risposta sismica locale è motivata e richiesta dal committente in base alle finalità dell'opera e non come conseguenza delle condizioni geologiche.

Si ritiene che il modello geologico giustifichi l'impiego di un modello sismico monodimensionale.

### 5.3 Azione Sismica di riferimento: Magnitudo e Accelerazione sismica

Per quanto riguarda il valore della **magnitudo (Magnitudo momento  $M_w$ )** da associare terremoto atteso si può fare riferimento alla "zonazione Sismogenetica ZS9" dell'INGV. Quest'ultima per la zona 917, a cui il territorio in studio appartiene, prevede valore massimo di  **$M_w = 6.14$**

#### 5.3.1 Approccio Semplificato NTC2018

Approccio semplificato definito dalle NTC 2018:

*Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .*

Con il parametro  $V_{seq}$  è cioè possibile attribuire ai la Categoria di sottosuolo. Nel caso in esame, il valore di  $V_{seq}$  (>180 m/s) è compatibile con una Categoria di sottosuolo C.

Si deve notare però che i valori di  $V_s$  (vedi grafico di fig.18) descrivono una *inversione di velocità* delle onde elastiche (da 23 a 47 metri). Questo sembrerebbe definire un quadro in contraddizione con il "miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità" previsto nella definizione di Categoria di Sottosuolo alla tabella 3.2 II dalle NTC 2018.

Per valutare se l'entità dell'inversione di velocità possa avere significativa influenza sulla risposta sismica locale, si può fare riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica della Protezione Civile (ICMS) che definisce Inversione di Velocità la contemporanea sussistenza delle seguenti quattro condizioni:

1. Terreno rigido che in profondità sovrasta un terreno soffice con un rapporto  $V_{srig} / V_{ssof} > 1.5$ ;
2. La differenza fra le  $V_s$  dei due terreni deve essere  $> 200$  m/s;
3. Lo spessore dello strato a minore velocità deve essere  $> 5$ mt
4. La  $V_s$  dello strato più rigido deve essere  $\geq 500$  m/s

*Nel caso in esame non sussiste la quarta condizione per cui si ritiene di potere adottare una Categoria di Sottosuolo C.*

Dal sito <http://www.geostru.com> è possibile ricavare i parametri che seguono:

Sito in esame (Coord. in ED50)	Categoria sottosuolo: C
latitudine: 44.051524	Categoria topografica: T1
longitudine: 12.548671	Periodo di riferimento: 150 anni
Classe: 3	Coefficiente $c_u$ : 1.5
Vita nominale: 100	Stabilità pendii e fondazioni

#### Parametri sismici

#### Stato Limite

Stato Limite	Prob.Super. (%)	Tr (anni)	Ag (m/s <sup>2</sup> )	Fo (...)	Tc (s)
SLV Salvaguardia della vita	10	1424	0.274	2.503	0.316

L'accelerazione massima ( $A_{gmax}$ ) attesa al suolo libero (al periodo  $T=0$ ) si ottiene applicando il coefficiente di amplificazione  $S$  ad  $A_g$ . Il coefficiente  $S$  dipende dal coefficiente di amplificazione topografica e da quello stratigrafico:  $S = S_t * S_s$

Dove  $S_t = 1.0$  e  $S_s$  si ricava dalla Tabella 3.2.II del DM 2008.

Tab.3.2.II

Categ. sottosuolo	$S_s$
A	1.00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g / g \leq 1,20$
<b>C</b>	<b><math>1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g / g \leq 1,50</math></b>
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g / g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g / g \leq 1,60$



Quindi per SLV (Stato Limite Salvaguardia della vita) si ottiene:

$$S_s = 1.70 - 0.60 * F_o * A_g/g = 1.7 - 0.6 * 2.503 * 0.274 = 1.288 \text{ (min 1.0 } \div \text{ max 1.5)}$$

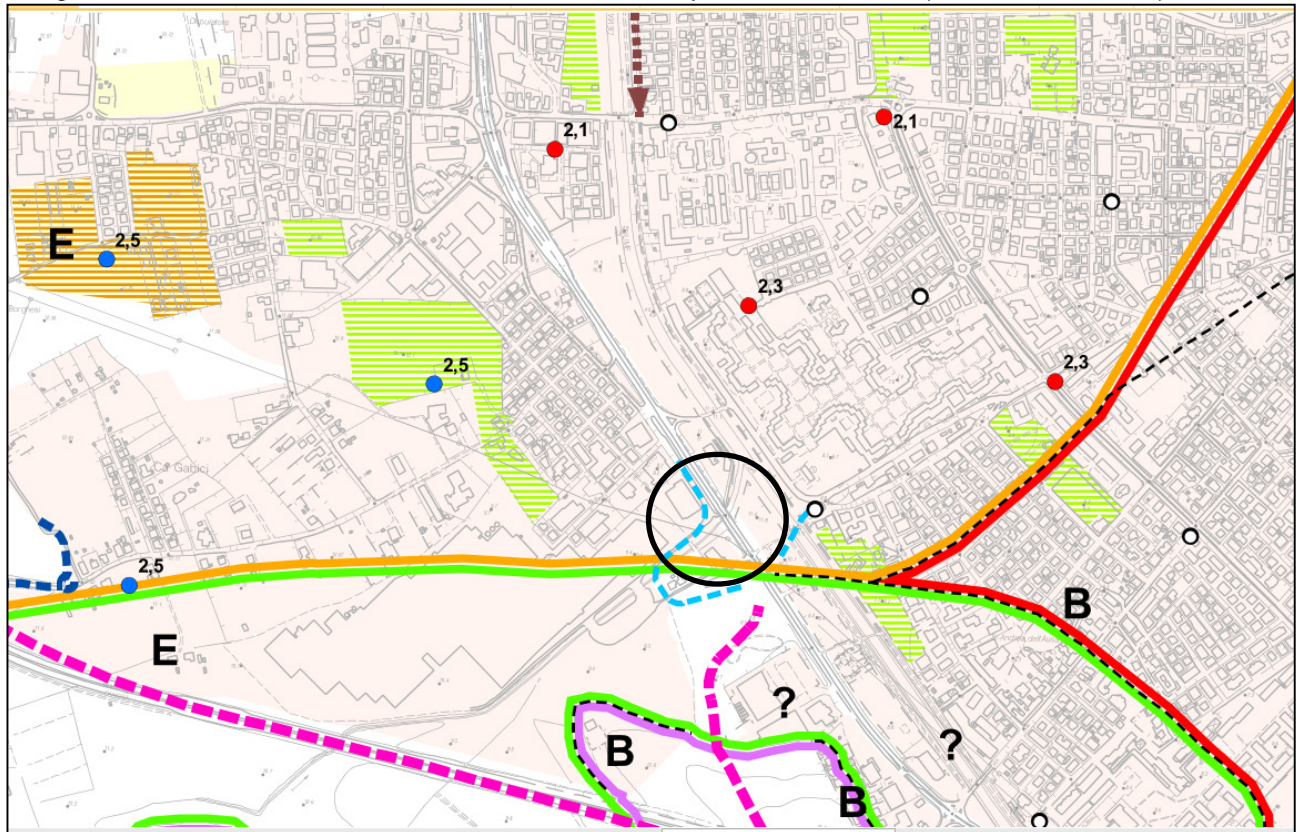
Da cui si ottiene il massimo valore di accelerazione orizzontale su suolo libero  $A_{max}$

$$A_{max} = S * A_g = S_s * S_t * A_g = 1.0 * 1.288 * 0.274 * 0.274 = 0.353 \text{ g (3.463 m/s}^2\text{)}$$

### 5.3.2 Secondo Livello

L'analisi di secondo livello, che può orientare le scelte progettuali e fornire un termine di confronto per i successivi approfondimenti, è contenuta nel PSC del Comune di Rimini nel quale vengono riportati nella carta tematica riprodotta in parte in figura 20, i Fattori di Amplificazione; i valori di FA che se ne deducono sono molto alti (FA = 2.3÷2.5)

Figura 21 Carta di microzonazione sismica: fattori di amplificazione di PGA (Tavola PSC.1.3.2)



#### Fattori di amplificazione (F.A.) della PGA

- Bassa amplificazione - F.A. da 1,4 a 1,7
- Media amplificazione - F.A. da 1,8 a 2,0
- Alta amplificazione - F.A. da 2,1 a 2,3
- Elevata amplificazione - F.A. da 2,4 a 2,6
- F.A. non determinato

----- Limite tra classi di amplificazione di F.A.

- B** Classe di amplificazione bassa
- M** Classe di amplificazione media
- A** Classe di amplificazione alta
- E** Classe di amplificazione elevata
- ?** Classe di amplificazione non definita

L'accelerazione orizzontale di picco al suolo rigido (suolo di categoria A), affiorante, è:  
**arefg (PGA<sub>0</sub>)= 0.184 g**

Applicando il Fattore di Amplificazione FA precedentemente ricavato, ad ag (corrispondente a PGA<sub>0</sub>)

Quindi per Stato Limite Salvaguardia della Vita (SLV) si ottiene:

$$PGA = A_{max} = PGA_0 * FA = 0.274 * 2.3 = 0.603 \text{ g}$$

### 5.3.3 Risposta Sismica Locale, Analisi di terzo livello (RSL)

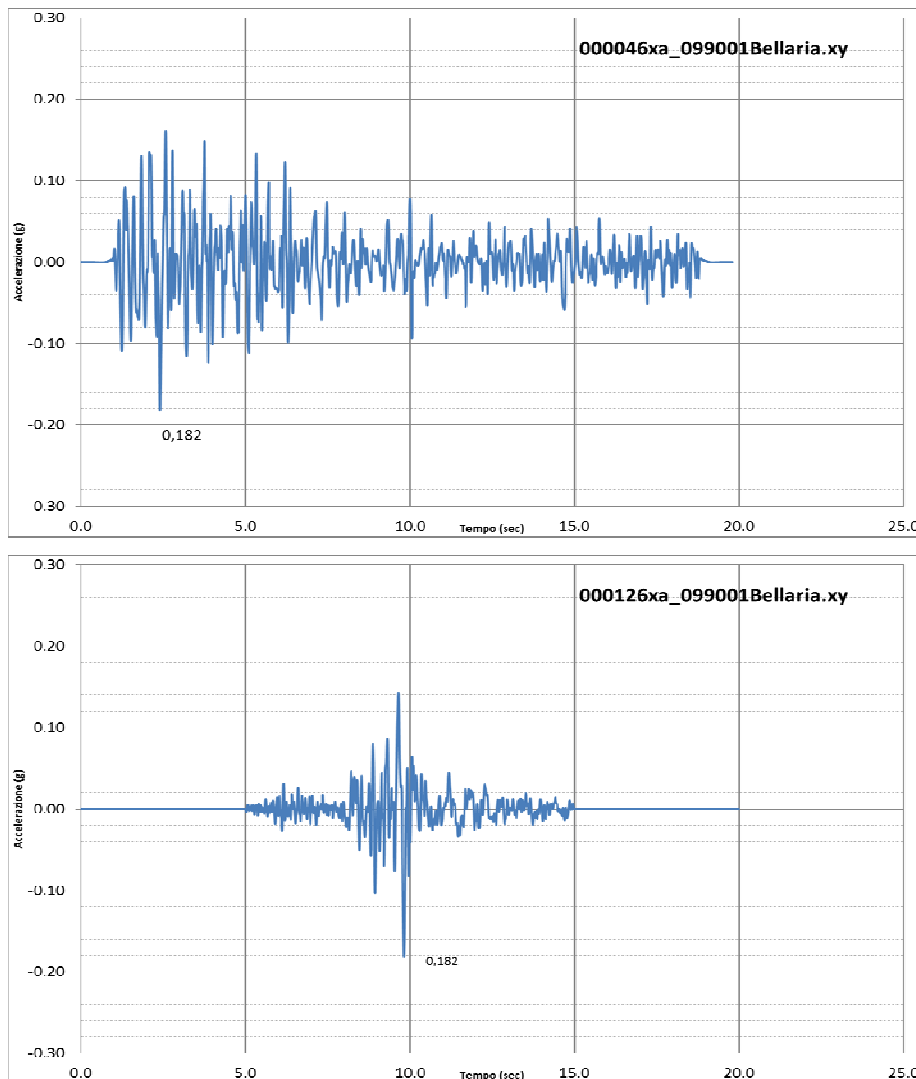
La modellazione sismica al terzo livello presuppone la conoscenza dei seguenti dati di partenza:

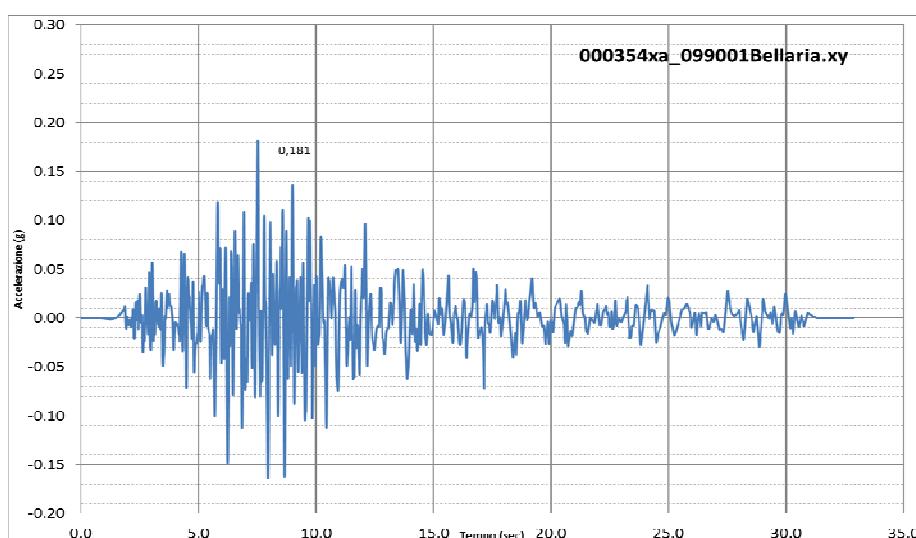
- terremoto di input al bedrock;
- modello del sottosuolo tra il bedrock e la superficie di fondazione.

#### *Terremoto di input al bedrock*

La regione Emilia Romagna dispone di un database, nel quale sono raccolti una serie di accelerogrammi di sito, comune per comune. La serie è composta da tre accelerogrammi tipo, da utilizzare specificatamente come dato di input sismico. I segnali di riferimento sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" (<http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/ESD/>) attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ISED. I file con i segnali di riferimento da impiegare per le analisi di terzo livello nel comune in questione, sono già scalati in modo che la loro accelerazione massima corrisponda al valore di arefg del comune ed alle caratteristiche dell'opera di progetto. Di seguito (Fig. 22) si illustrano i tre accelerogrammi riferiti al comune di Rimini, opportunamente scalati.

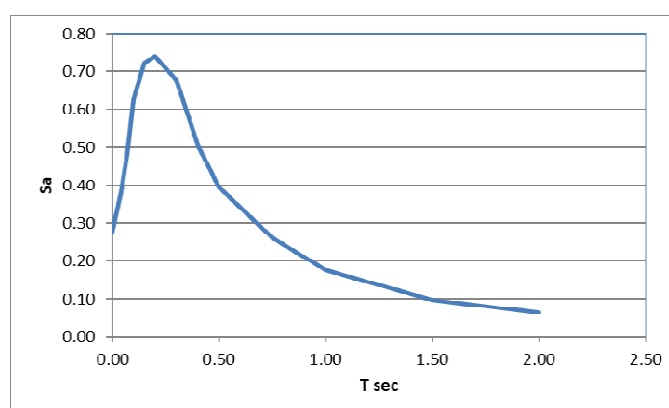
Figura 22 Accelerogrammi RER per la Città di Rimini





La Regione Emilia Romagna fornisce, per un periodo di ritorno di 475 anni oltre che l'accelerazione di base per ogni singolo comune, anche una procedura per il calcolo dello spettro di risposta a probabilità uniforme che descrive le caratteristiche del moto sismico (sempre su suolo di riferimento) atteso per ogni comune. Dallo spettro di risposta normalizzato è possibile ottenere per il valore di  $a_g$  di ogni comune, lo spettro di risposta a probabilità uniforme. Per la città di Rimini si ottiene il seguente spettro:

Figura 23 Spettro normalizzato RER per Rimini



#### Modello del sottosuolo

Il modello di sottosuolo definito dal punto di vista sismico, accomuna per ogni strato i seguenti parametri:

- litologia del materiale
- densità del materiale
- velocità delle onde  $V_s$ ,  $V_p$
- smorzamento
- degrado del modulo di taglio
- livello di falda

La campagna di indagini in sito ed il laboratorio hanno consentito di definire tali variabili. In particolare si possono elencare le seguenti prove in sito:

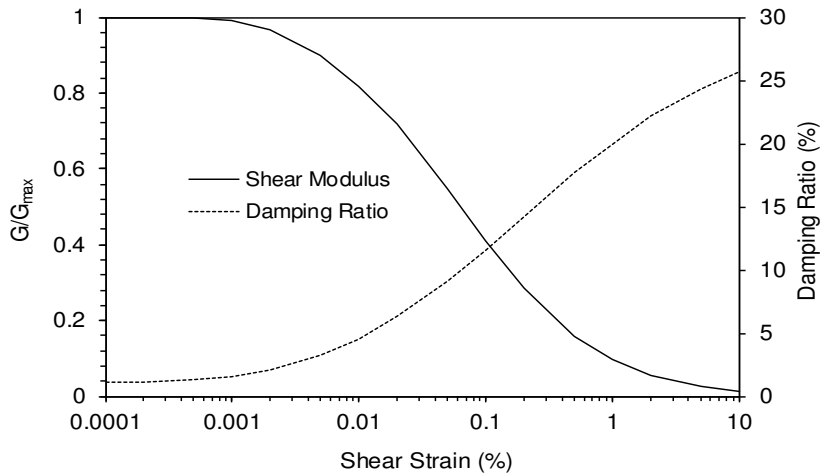
- prove penetrometriche CPTU – CPTM
- prova ESAC - MASW
- prova down hole
- prova HVSR
- prove HVSR e altri dati, dagli studi di microzonazione del territorio comunale
- sezioni litologiche regionali per la sequenza profonda, al fine di individuare il bedrock sismico con velocità  $v_s \geq 800$  m/sec.

Per i valori di smorzamento e curve di degrado del modulo di taglio si è fatto riferimento ai

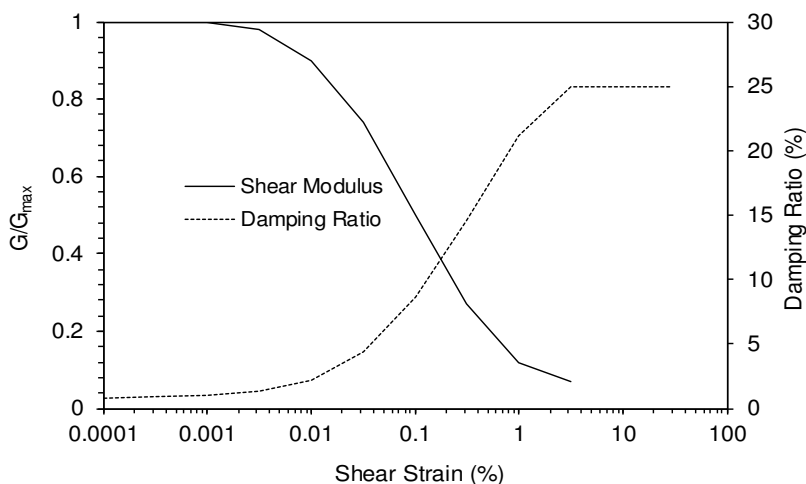
diagrammi di letteratura specifici per ogni tipologia litologica, calibrati sui valori di indice plastico per i materiali coesivi, calibrati sui valori di carico litostatico per i materiali a carattere prevalente sabbioso. I valori sono inseriti nel codice di calcolo EERA impiegato per l'analisi sismica monodimensionale 1D, codice applicabile in determinate condizioni strutturali, tra le quali la più rilevante è quella di avere un sito pianeggiante.

In Fig. 24, sono illustrati i diagrammi di smorzamento (Damping) e degrado (Shear Modulus) per ogni tipo litologico (Vucetic IP 15% per materiali coesivi, Epri 121-250ft per materiali sabbiosi, Seed et. Al. Per materiali ghiaiosi).

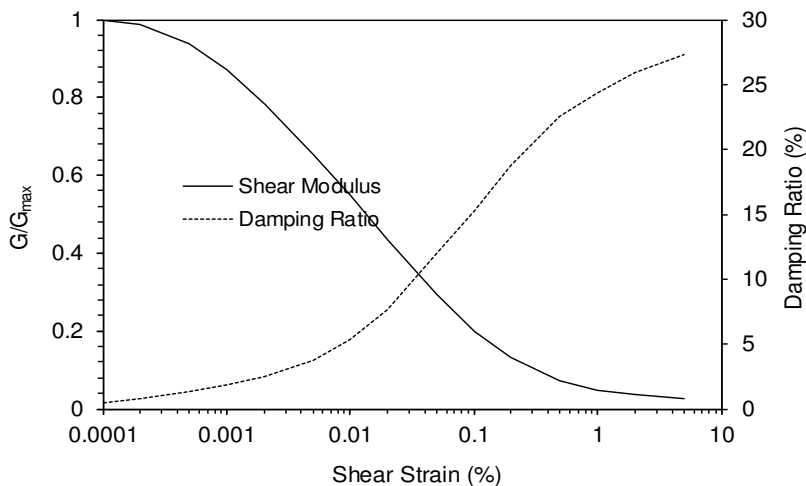
Figura 24 Diagrammi smorzamento e degrado



argille e limi



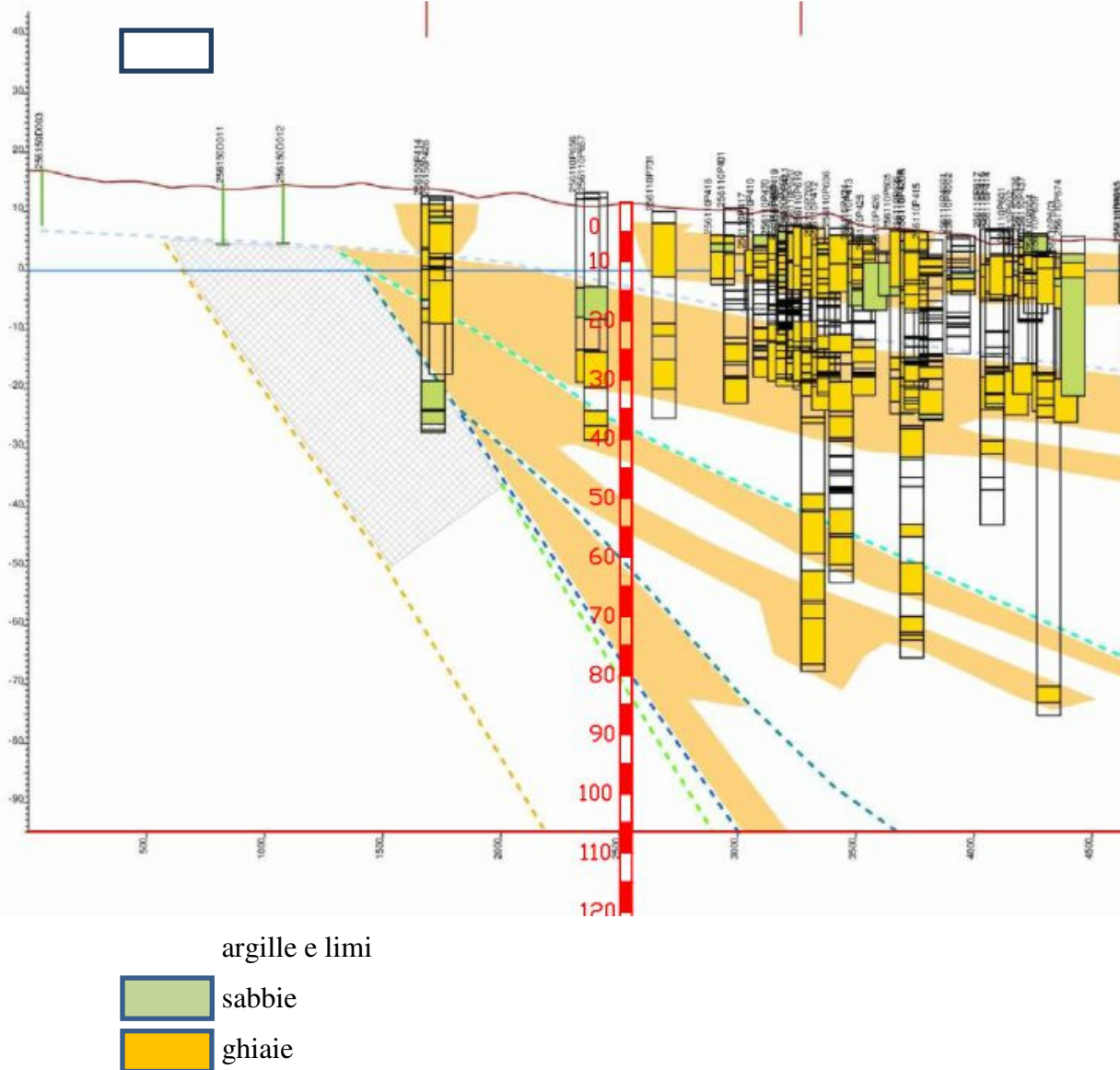
sabbie



ghiaie

Il modello di sottosuolo è stato elaborato dai dati raccolti puntualmente in superficie e dai dati regionali per le litologie in profondità. La sez.147 del sito geologico cartografico della regione costruita con l'ausilio di numerose indagini del sottosuolo. provenienti da perforazioni petrolifere, ai pozzi, e stratigrafie di prove in sito di tipo geotecnico. L'estratto della sezione per la zona d'interesse è illustrato in Fig. 25

Figura 25 Sezione geologica RER n.147



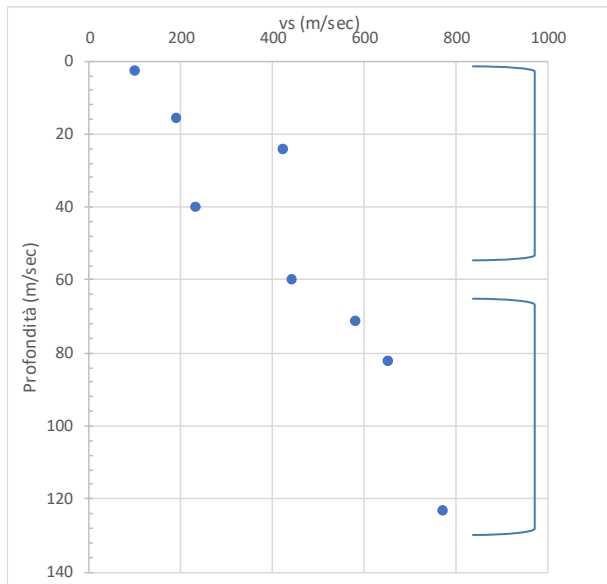
Ne dalle misure dirette ne dai metodi geofisici indiretti, si è raggiunto il substrato sismico. A tal fine come già accennato si sono esaminati i dati degli studi di pianificazione territoriale. In particolare lo studio di microzonazione sismica comunale e i dati dell'ufficio geologico regionale.

Il "bedrock" sismico con caratteristiche di velocità pari a 800 m/sec., come illustrato in Fig. 26 si determina a circa -120 m. di profondità dal piano campagna posto a +10.5 m. s.l.m.



Figura 26 Profilo Vs

h	z	vs
m.	m.	m/sec
2.5	2.5	100
13	15.5	190
8.5	24	420
16	40	230
20	60	440
11	71	580
11	82	651
41	123	770



da indagine puntuale

da studi territoriali

Per il sito d'interesse è si sono definiti una serie di sismo-strati dei terreni copertura. La sequenza litologica delle coperture è stata schematizzata correlando i dati di superficie delle prove effettuate, e quelli di bibliografia per i dati in profondità. La sequenza indicata in Fig. 5 è contraddistinta nel seguente modo:

- strati con numerazione 1, argille limose e limi argillosi, prevalenti
- strati con numerazione 2 sabbie prevalenti
- strati con numerazione 3,ghiaie prevalenti

	Layer Number	Soil Material Type	Number of sublayers in layer	Thickness of layer (m)	Maximum shear modulus $G_{max}$ (MPa)	Initial critical damping ratio (%)	Total unit weight (kN/m <sup>3</sup> )	Shear wave velocity (m/sec)	Location and type of earthquake input motion	Location of water table	Depth at middle of layer (m)	Vertical effective stress (kPa)
Surface	1	1		2.5	18.35		18.00	100			1.3	10.24
	2	1		13.0	69.92		19.00	190		W	9.0	80.21
	3	3		8.5	341.65		19.00	420			19.8	179.00
	4	1		16.0	105.15		19.50	230			32.0	295.58
	5	3		21.0	374.96		19.00	440			50.5	469.60
	6	3		10.0	685.83		20.00	580			66.0	617.04
	7	2		11.0	907.22		21.00	651			76.5	729.53
	8	1		41.0	1329.64		22.00	770			102.5	1040.97
Bedrock	9				1500.51	1	23.00	800	Outcrop		123.0	1290.87

### Accelerogramma in superficie

Definiti i dati di input è possibile modulare la risposta sismica in superficie partendo dagli accelerogrammi di base, condizionati dalle caratteristiche del modello di sottosuolo elaborato sotto le opere di progetto. Gli accelerogrammi di output sono illustrati in Fig. 27.

Sui diagrammi è possibile stimare il valore dell'accelerazione di picco in superficie.  
Sui tre diagrammi si misurano le seguenti accelerazioni di picco PGA:

000046\_xa PGA 0.312  
000126\_xa PGA 0.414  
000354\_xa PGA 0.0351

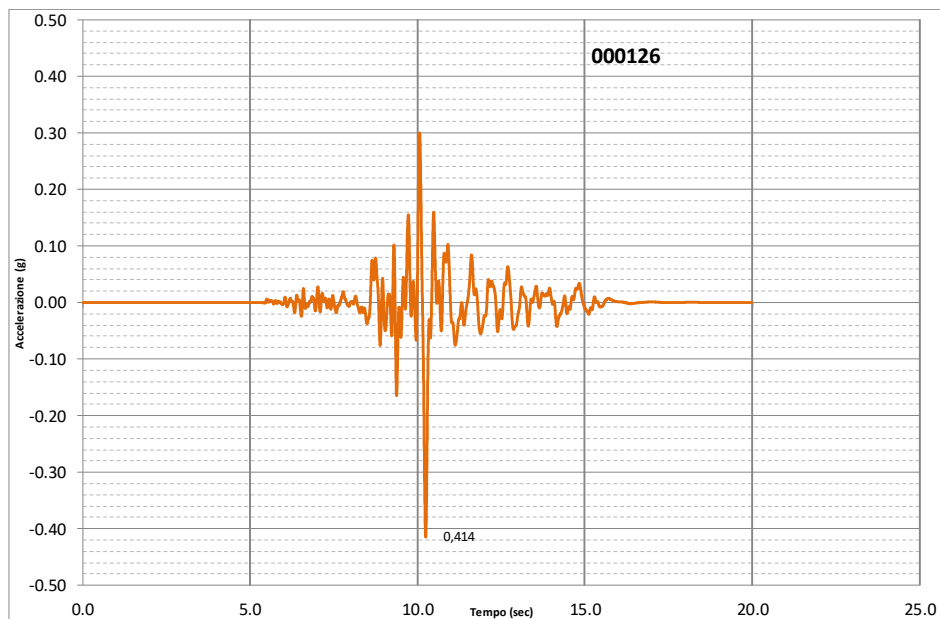
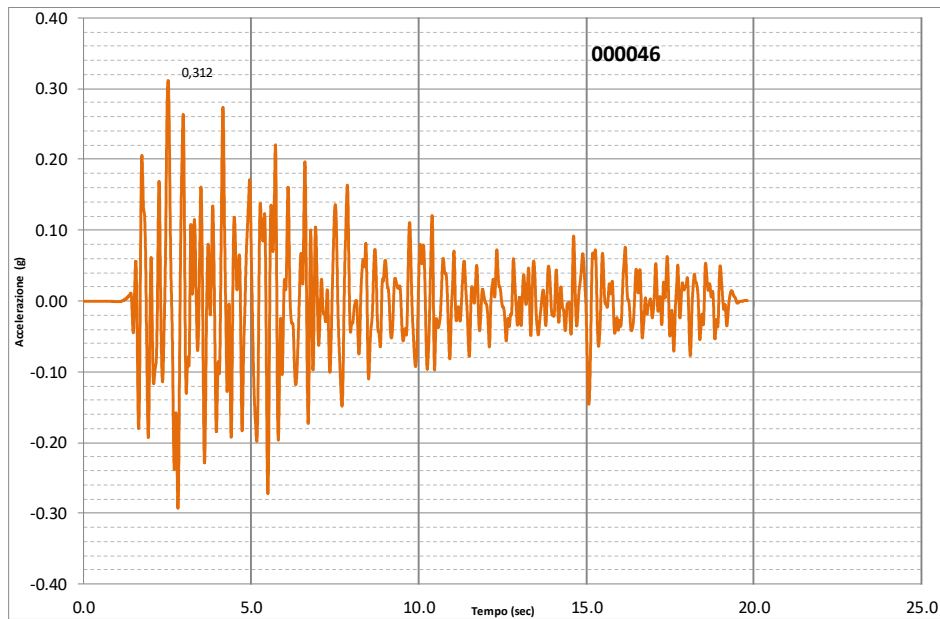
da cui si considera cautelativamente il valore maggiore.

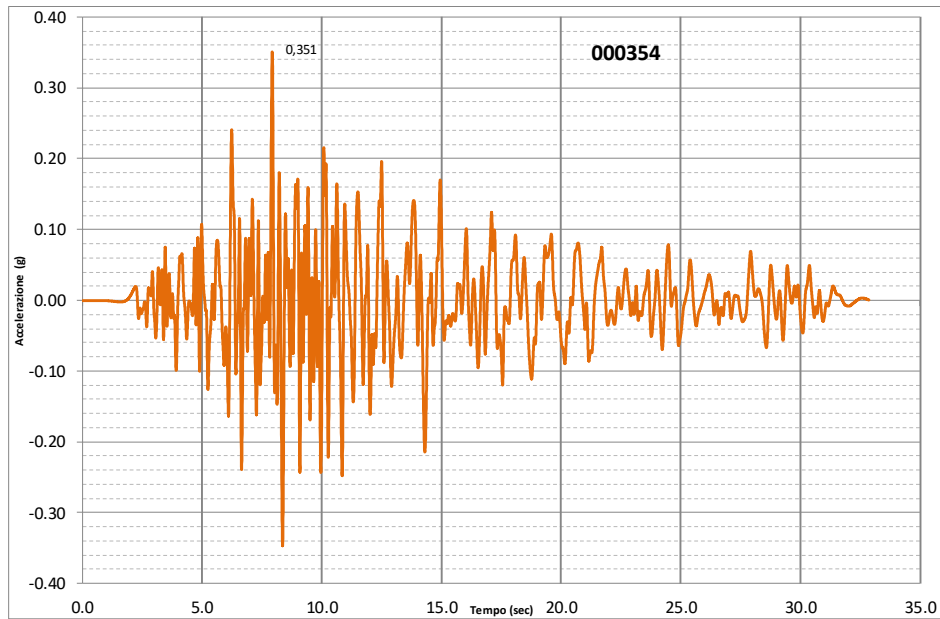
**PGA 0.359**

Ne deriva che il valore del rapporto PGA / PGA0 (fattore di amplificazione), risulta:

$$\mathbf{FA = 0.270 / 0.182 = 1.31}$$

*Figura 27 Accelerogrammi in superficie*

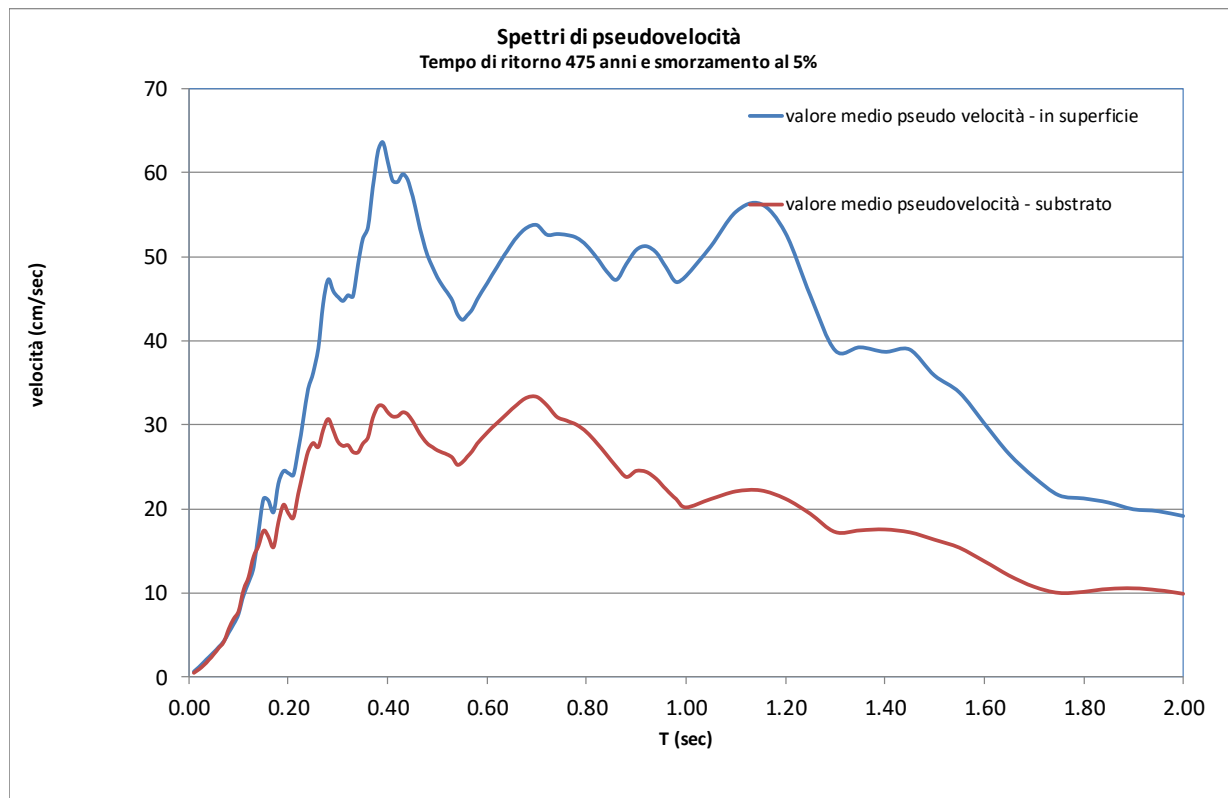




### Intensità di Housner

I coefficienti di amplificazione sismica espressi come rapporto di Intensità di Housner ( $SI/SI_0$ ) negli intervalli di tempo  $0.1 < T < 0.5$  s e  $0.5 < T < 1.0$  s, sono ricavati dallo spettro delle pseudo velocità. In Fig. 28 si riporta lo spettro delle pseudo velocità medie relative ai tre eventi sismici di riferimento.

Figura 28 Spettro delle Pseudo velocità



L'intensità di Housner funzione del periodo e dello smorzamento, si determina con la seguente relazione:

$$SI(\xi) = \int_{0.1}^{2.5} PSV(T, \xi) dT$$

L'intervallo richiesto dalla delibera della regione Emilia Romagna, è compreso integrando il tempo tra 0.1 - 0.5 e tra 0.5 – 1.0 sec.

pertanto si determina:

(valori SI in cm)

000046-Rimini		
SI <sub>0</sub>	SI <sub>0</sub>	SI <sub>0</sub>
0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.0	0.5<SI<1.5
<b>10.4</b>	<b>13.9</b>	<b>19.5</b>
SI	SI	SI
0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.0	0.5<SI<1.5
<b>16.8</b>	<b>24.3</b>	<b>34.6</b>
SI/So	SI/So	SI/So
0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.0	0.5<SI<1.5
<b>1.6</b>	<b>1.7</b>	<b>1.8</b>

000126-Rimini		
SI <sub>0</sub>	SI <sub>0</sub>	SI <sub>0</sub>
0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.0	0.5<SI<1.5
<b>9.6</b>	<b>11.8</b>	<b>20.0</b>
SI	SI	SI
0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.0	0.5<SI<1.5
<b>15.8</b>	<b>22.6</b>	<b>40.7</b>
SI/So	SI/So	SI/So
0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.0	0.5<SI<1.5
<b>1.6</b>	<b>1.9</b>	<b>2.0</b>

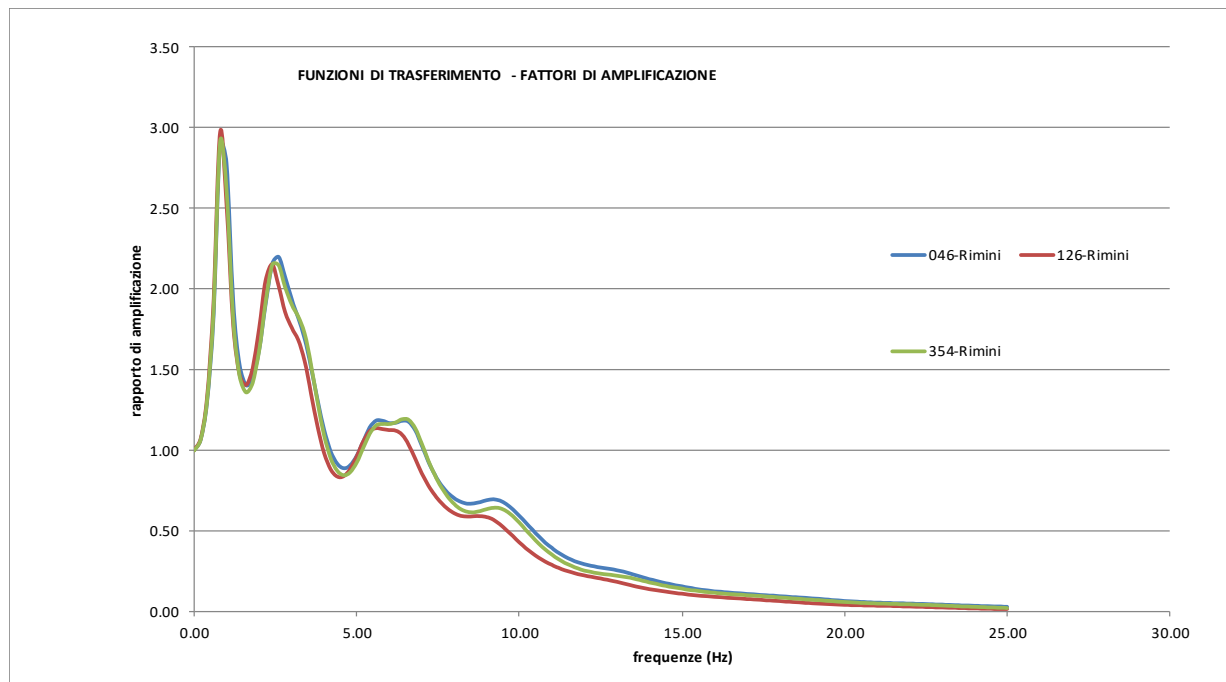
000354-Rimini		
SI <sub>0</sub>	SI <sub>0</sub>	SI <sub>0</sub>
0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.0	0.5<SI<1.5
<b>10.5</b>	<b>16.2</b>	<b>31.2</b>
SI	SI	SI
0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.0	0.5<SI<1.5
<b>16.9</b>	<b>28.6</b>	<b>68.1</b>
SI/So	SI/So	SI/So
0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.0	0.5<SI<1.5
<b>1.6</b>	<b>1.8</b>	<b>2.2</b>

valori medi		
SI/So	SI/So	SI/So
0.1<SI<0.5	0.1<SI<0.5	0.5<SI<1.5
<b>1.6</b>	<b>1.8</b>	<b>2.0</b>

### Funzione di trasferimento

Il rapporto tra lo spettro di accelerazione in superficie e lo spettro di accelerazione al bedrock, rappresenta il valore del moto di amplificazione del suolo alle varie frequenze. In Fig. 29 è illustrato tale andamento alle diverse frequenze relativo alle tre tracce sismografiche.

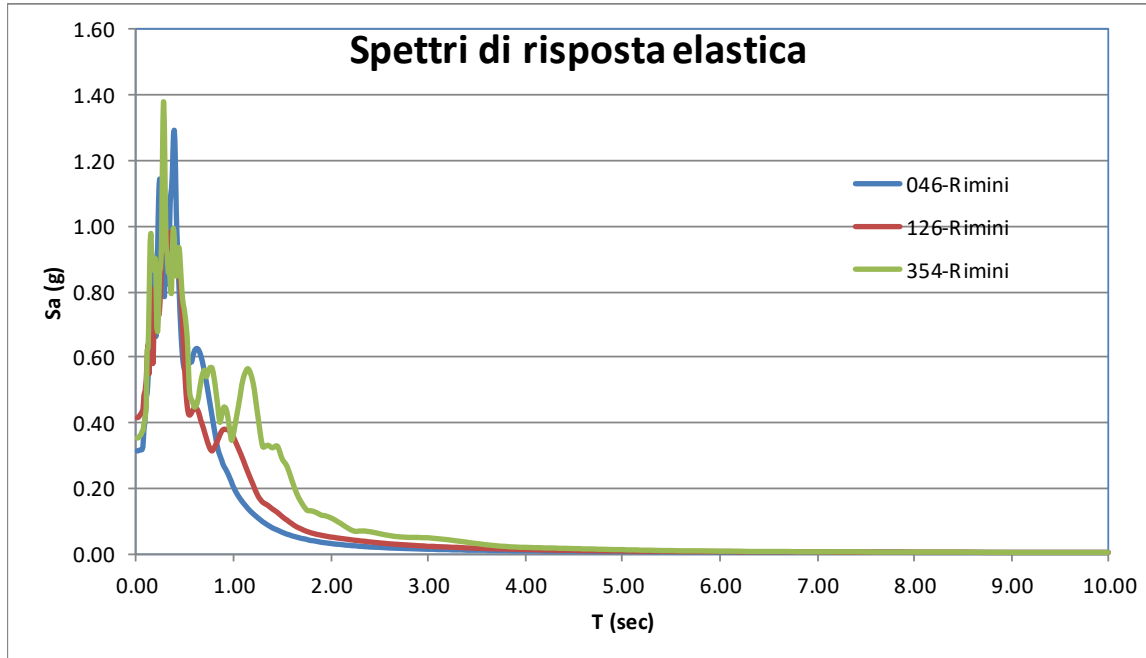
Figura 29 Funzione di Trasferimento



### Spettro di risposta

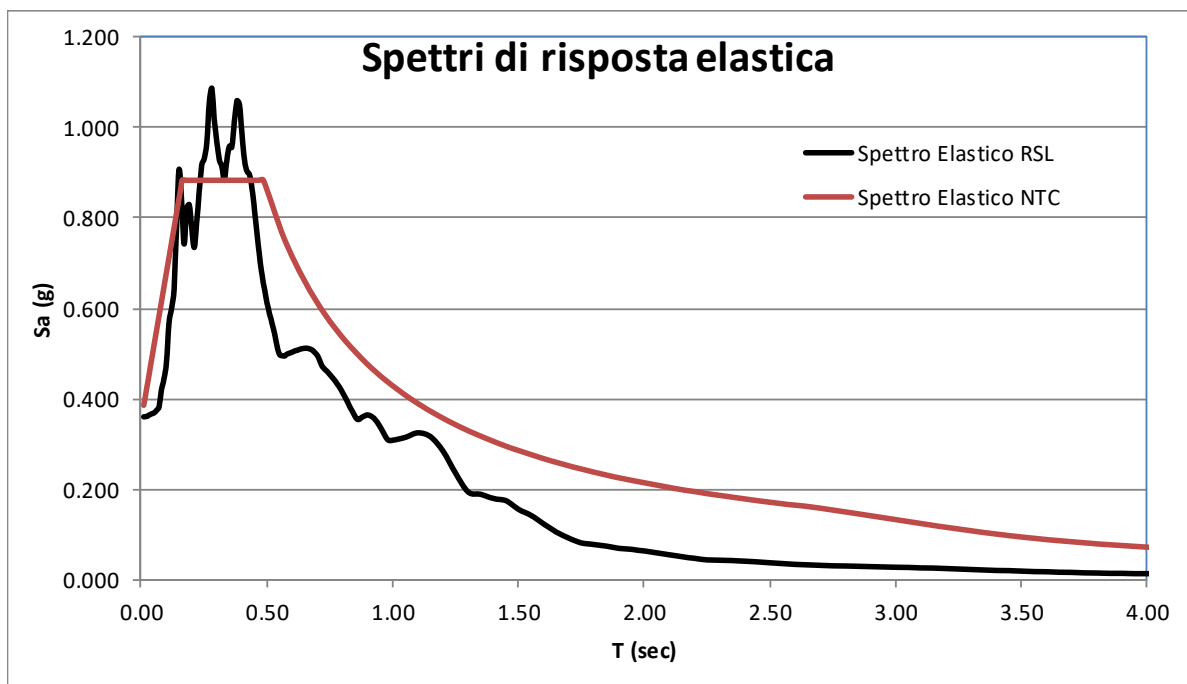
Ottenuti i tre accelerogrammi di superficie si sono elaborati i corrispondenti spettri di risposta. Infine si è ricavato lo spettro di risposta medio dai tre per il confronto con lo spettro di risposta elastico semplificato ottenuto da normativa. Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.30** si illustra il diagramma con i tre spettri relativi alla terna di accelerogrammi.

Figura 30 Spettro di risposta elastica



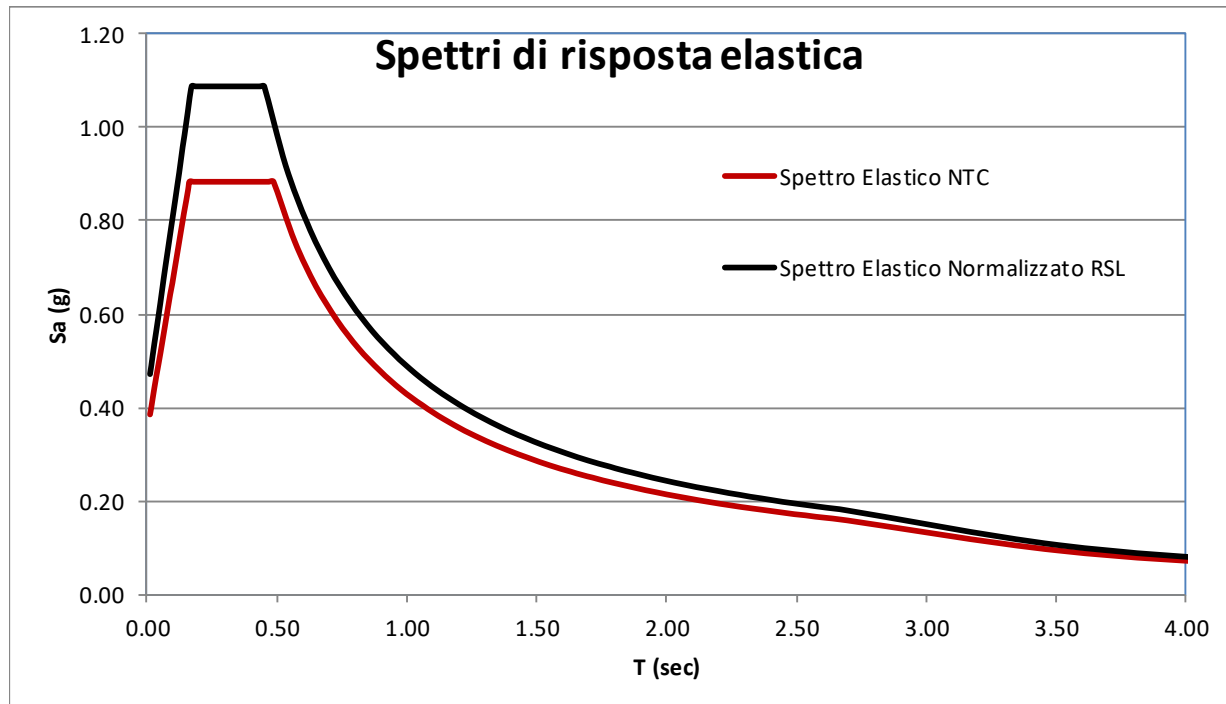
Di seguito si è poi ottenuto lo spettro normalizzato dallo spettro medio ottenuto dalla media dei tre spettri. In 31 Si riporta il confronto tra lo spettro medio, e gli spettri normalizzati da normativa.

Figura 31 Spettro di risposta elastica normalizzato



Infine in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riportano gli stessi dati del diagramma precedente, con lo spettro di risposta sismica locale anch'esso normalizzato.

Figura 32 spettro di risposta sismica locale Normalizzato



#### 5,4 Effetti locali: Liquefazione dei Terreni Sabbiosi e Cedimenti indotti dal sisma

##### Liquefazione

Per liquefazione si intende il fenomeno di riduzione od annullamento di resistenza al taglio, che può avvenire in caso di forti sollecitazioni cicliche (sisma) nei terreni a prevalente granulometria sabbiosa, in falda. La perdita di resistenza, che si manifesta come fluidificazione dei terreni, è dovuta all'aumento progressivo delle pressioni interstiziali che giungono a contrastare o ad eguagliare la pressione di confinamento.

Nel caso in esame, in coerenza con le evidenze di tipo geologico, le indagini hanno messo in luce la presenza di alluvioni prevalentemente argillose o limo argillose a comportamento coesivo oppure suoli granulari grossolani (ghiaie); si ritiene quindi improbabile il rischio di liquefazione. Ciò nonostante si è eseguita l'analisi con metodo semplificato basato su dati penetrometrici.

Il metodo di valutazione utilizzato è quello di Robertson (2015) basato sui risultati delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica.

##### Stima del fattore di sicurezza FS e metodo di Robertson

La valutazione approssimata della resistenza dei terreni alla liquefazione espressa quindi come fattore di sicurezza F che è il rapporto fra capacità di resistenza alla liquefazione espresso nel Rapporto di Resistenza Ciclica (CRR) e la domanda di resistenza alla liquefazione indotta dalla sollecitazione del sisma espressa come Rapporto di Tensione Ciclica (CSR) (Seed & Idriss 1982, Robertson e Wride 1998, Robertson 2015, Idriss e Boulanger 2014)

$$F = CRR/CSR$$

##### Stima del Rapporto di Tensione Ciclica CSR

Il valore dello sforzo indotto dal sisma è legato all'intensità dell'accelerazione che esso produce nel terreno. Secondo Seed & Idriss (1982) è opportuno ridurre il valore dello sforzo massimo  $\tau_{max}$  indotto dall'accelerazione massima ad un valore medio  $\tau_{av}$  ( $\tau_{av} = 0.65 * \tau_{max}$ )

Il rapporto di sforzo (o tensione) ciclico  $\tau_{av}/\sigma'$  indotto dal sisma può essere stimato con l'equazione (Seed & Idriss 1971):

$$CSR = \tau_{av} / \sigma' = 0.65 * (a_{max} / g) * rd * (\sigma / \sigma') * (1 / msf) * (1 / K\sigma)$$

dove:  $a_{max}$  accelerazione massima indotta dal sisma  
 $g$  accelerazione di gravità

- rd fattore riduttivo di profondità secondo Iwasaki 1978, per profondità z, inferiori a 9.15 metri  $rd = 1 - 0.00765 * z$ ; per profondità z comprese fra 9 e 23 metri
- rd =  $1.174 - 0.0267 * z$ ; per profondità z superiori a 23 metri  $rd = 0.774 - 0.008 * z$
- $\sigma, \sigma'$  pressione litostatica totale ed efficace
- msf correzione per la magnitudo del terremoto secondo le raccomandazioni NCEER (National Center for Earthquake Engineering Research 1997) media dei valori ottenuti dalle equazioni di Idriss 1990,  $msf = 10^{2.24/M^{2.56}}$  per  $M > 7.5$  e Andrus & Stokoe 1998  $msf = (M/7.5)^{-3.3}$  per  $M < 7.5$ .
- $K\sigma$  Coefficiente di correzione per la pressione litostatica.

$$K\sigma' = 1 - C\sigma \ln(\sigma' / pa) \leq 1.1$$

Dove pa è la pressione atmosferica e  $C\sigma$  dipende dal tipo di prova in sito e nel caso di CPT si calcola con la seguente equazione

$$C\sigma = 1 / ((18.9 - 8.27(q_{c1N}, cs)^{0.264}) \leq 0.3$$

#### Stima del Rapporto di Resistenza Ciclica CRR

L'algoritmo per la valutazione della proposto da Robertson 2105 è piuttosto complesso e si basa sulle seguenti relazioni:

$$CRR = 0.883 * ((q_{c1n})_{cs}) + 0.05 \longrightarrow \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50$$

$$CRR = 93 * ((q_{c1n})_{cs})^{1/3} + 0.08 \longrightarrow \text{per } (q_{c1n})_{cs} > 50$$

Dove:  $Q_{c1cs}$  rappresenta la resistenza alla penetrazione normalizzata per tenere conto della profondità e della percentuale di fini presenti nel sedimento.

Per ottenerlo si segue una procedura riassunta nel seguito:

$$Q_{c1} = (Rp - \sigma_{vo}) / (1/\sigma'_{vo})^n \quad F = 100 (RI / (Rp - \sigma_{vo}))$$

Con  $n = 0.381 (lc) + 0.05 (sv'/pa) - 0.15$

In cui l'indice di comportamento è così stimato:  $lc = ((3.47 - \log Q)^2 + (\log F + 1.22)^2)^{1/2}$

Le equazioni sono interdipendenti; si procede quindi con processo iterativo per determinare le variabili ed infine si ottiene  $Q_{c1ncs} = Kc * Q_{c1n}$

Dove  $Kc$  è il coefficiente che tiene conto della presenza di fini nel sedimento e vale 1 se  $lc < 1.64$ , ed è ottenuto dalla seguente relazione se  $lc > 1.64$

$$Kc = -0.403 Ic^4 + 5.581 Ic^3 - 21.63 Ic^2 + 33.75 Ic - 17.88$$

Grazie a  $Q_{c1ncs}$  così ottenuto con le prime due relazioni espone, si ricava il valore di CRR e quindi il fattore di sicurezza F. Secondo un approccio deterministico è non liquefacibile il deposito con  $F > 1$ ; in realtà nella valutazione dell'Indice del Potenziale di Liquefazione, che segue, si considerano i livelli con  $F_s$  inferiori o uguali a 1.2 (vedi qui sotto calcolo ILP).

#### Indice del Potenziale di Liquefazione IPL

Per stabilire il rischio di insorgenza di liquefazione si ricorre all'Indice del potenziale di Liquefazione IPL così calcolato (Iwasaki et al. 1984):

$$(1) \quad IPL = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

Dove:  $w(z) = 10 - 0.5z$

$z$  è la profondità dal piano di campagna

la funzione  $F(z)$ , che esprime il potenziale di liquefazione, è calcolata con la metodologia proposta da Sonmez (2003):

$$F(z) = 0 \text{ se } F_s \geq 1.4$$

$$F(z) = 1 - F_s \text{ se } F_s < 0.95$$

$$F(z) = 2 * 10^{-6} \exp(-18.427 * F_s) \text{ se } 1.4 \geq F_s \geq 0.95$$

Dove  $F_s$  è il fattore di sicurezza alla profondità  $z$

La tabella che segue fornisce l'interpretazione dei valori numerici dell' IPL



IPL	Potenziale di liquefacibilità
0	Pericolosità alla liquefazione Nulla
0 ÷ 2	Pericolosità alla liquef. Molto Bassa (Bassa per ICMS 2008 Prot.Civ.)
2 ÷ 5	Pericolosità alla liquef. Moderata (Bassa per ICMS 2008 Prot.Civ.)
5÷15	Pericolosità alla liquefazione Alta
>15	Pericolosità alla liquefazione Molto Alta

### Cedimenti indotti dal sisma nei terreni argillosi

I cedimenti postsismici possono manifestarsi nei sedimenti coesivi soffici ( $C_u < 70$  kPa -0.7 kg/cmq), con Indice Plastico  $IP \geq 30\%$  e in cui si sviluppino sovrappressioni interstiziali nel corso dell'azione sismica  $ru = \Delta u / \sigma'_o \geq 0.3$ .

La deformazione volumetrica è stimata con la relazione seguente:

$$\varepsilon_v = \frac{\alpha \cdot C_r}{1 + e_0} \cdot \log \left( \frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{p_0}} \right)$$

Dove:

$C_r$  indice di ricomprensione (assunto come l'indice di rigonfiamento da prove edometriche) oppure nel caso in oggetto, con la relazione suggerita da Crespellani e Facciorusso:

$$C_c = 0.0348 + 0.0162 IP\%$$

$$\alpha = 1.5$$

$e_0$  = Indice dei vuoti

$$\Delta u / \sigma'_o = ru \quad \Delta u / \sigma'_m = \beta \log (\gamma_{c,max} / \gamma_v)$$

(Matsui et Al. 1980)

con  $\beta = 0.45$

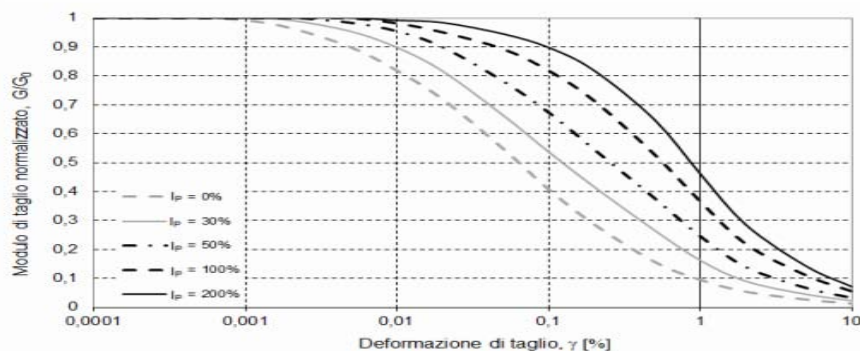
$$\gamma_v = \text{deformazione di soglia volumetrica} \quad \gamma_v = A (OCR - 1) + B$$

Tabella 1 - Valori suggeriti per i coefficienti A e B

$I_p$ (%)	A	B
20	$0.4 \cdot 10^{-3}$	$0.6 \cdot 10^{-3}$
40	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-3}$
55	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$1.2 \cdot 10^{-3}$

il valore di  $\gamma_{max}$  = deformazione di taglio massima in ampiezza, determinabile per via iterativa noto il modulo di taglio iniziale  $G_0$  dal grafico sottostante. (Noti:  $\tau_{max} = (a_{max}/g) \cdot r_d \cdot \sigma_{vo}$ ,  $G_0$  (da  $R_p$  o  $V_s$ ), si assume un valore iniziale di  $G/G_0$  e si ricava dal grafico sottostante il valore  $\gamma$  equivalente %. Da quest'ultimo si ottiene un nuovo valore di  $G$  sfruttando la relazione  $\gamma = 0.65 \tau_{max}/G$ . Si ricalcola  $G/G_0$  e si ripete il ciclo fino a convergenza.)

$$\gamma = 0,65 \tau_{max} / G \quad \gamma_{max} = \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G}$$



I risultati dell'analisi eseguita

L'analisi è eseguita considerando la falda a 1 metro dal piano campagna e un'accelerazione sismica pari a 0.359 g, Magnitudo 6.14 (in accordo con la Mappa della Zonazione Sismogenetica ZS9, area 917).

L'Indice del Potenziale di Liquefazione risultante dall'analisi è basso  $IPL = 1.4$  che corrisponde ad una Classe di Pericolosità alla liquefazione molto bassa. Il valore ottenuto è dovuto a rari sottili livelli isolati entro la colonna stratigrafica; si ritiene quindi che l'eventuale e improbabile innesco di fenomeni di liquefazione risulterebbe confinato e difficilmente potrebbe, propagandosi, generare cedimenti o manifestarsi in superficie.

I cedimenti indotti dal sisma potrebbero interessare i sedimenti argillosi con consistenza mediocre presenti in strati sottili sparsi in maniera disordinata nella colonna stratigrafica. Si è proceduto alla verifica fino al tetto delle ghiaie.

Per la stima della  $C_u$  si è adottata la relazione di Beghemann  $C_u = (R_p - \sigma_v) / N_c$  con  $N_c = 13.4$ . I valori dell'indice plastico sono ottenuti mediando i risultati ricavati da analisi di laboratorio eseguite nella relazione già più volte citata. Si è utilizzato  $IP = 15$ .

I cedimenti Cedimenti post sismici risultano dell'ordine di 2.5 centimetri. In Allegato 7 le tabelle ed i grafici riepilogano i dati di ingresso ed i risultati delle elaborazioni.

## 6- ORIENTAMENTI GEOTECNICI

Il progetto prevede la realizzazione di un ponte e della viabilità di raccordo.

I terreni presenti hanno caratteristiche geotecniche mediocri ed in ragione delle caratteristiche dell'opera è opportuna la realizzazione di pali di fondazione affrancati nell'orizzonte ghiaioso profondo. Lo spessore e le caratteristiche dei sedimenti grossolani dovrebbero essere sufficienti a garantire la portanza dei pali di fondazione.

Le mediocri caratteristiche geotecniche dei terreni, la presenza di livelli limosi e di falda superficiale renderà necessaria, per la perforazione dei pali, l'adozione di camicie o fanghi bentonitici.

Per la progettazione della struttura stradale l'esecuzione di prove di piastra e di classificazione del terreno in posto come sottofondo (granulometrie, limiti di Atterberg, umidità naturale..) sono indispensabili per il dimensionamento della sovrastruttura stradale.

---

## 7 – CONCLUSIONI

➤ Dall'analisi degli *aspetti geologici, geomorfologici e geotecnici* esaminati nel presente lavoro non sono emersi elementi sfavorevoli alla realizzazione del progetto. Il lotto in esame giace sulla pianura alluvionale sub-orizzontale.

Il sottosuolo è formato da sedimenti alluvionali prevalentemente fini, prevalentemente limi argillosi, di caratteristiche geotecniche da mediocri a medie, che da 15.5 metri dal pc sono avvicinati da un orizzonte ghiaioso dello spessore di circa 8 metri. Oltre a tali ghiaie sono presenti limi argillosi di caratteristiche simili a quelle sovrastanti.

➤ E' stata rilevata acqua durante l'esecuzione dell'indagine a circa 2.7 metri dal pc in corrispondenza della CPTU-S 02. In successive verifiche si è rilevata acqua a circa 1.4 metri dal pc. Stagionalmente o in concomitanza dei periodi piovosi il livello idrico può facilmente innalzarsi fino in prossimità del piano di campagna; di ciò si deve tenere conto nelle scelte progettuali e nella gestione delle fasi di scavo.

➤ Il PAI annovera l'area in studio in parte fra quelle con alluvioni poco frequenti (Tr=100 anni) in parte in quelle con alluvioni frequenti (Tr=10 anni).

➤ Il PTCP della Provincia di Rimini assoggetta l'area all' *Articolo 3.5 Aree di ricarica indiretta della falda*

➤ Il rilievo geofisico indica che il valore della velocità delle onde di taglio  $V_s$ , è negli stati argillosi superficiali compresa nel campo 185÷ 215 m/s e quindi, considerando che le sottostanti ghiaie hanno  $V_s$  notevolmente più elevato, il sottosuolo è compatibile con un Sottosuolo di Categoria C.

➤ Non sussistono condizioni geologiche tali per cui sarebbe comunque previsto uno studio di RSL. L'analisi di Risposta Sismica Locale è resa necessaria dalla tipologia di opera da realizzare. Si ritiene che il modello geologico consenta di adottare un modello geofisico monodimensionale ai fini dello studio di RSL.

➤ *La microzonazione sismica di secondo livello del PSC del Comune di Rimini riporta valori del Fattore di Amplificazione molto alti (FA compresi fra 2.3 e 2.5) da cui scaturisce g una PGA = 0.603 g (considerando una PGA0 = 0.274g corrispondente allo stato SLV per una Classe d'uso 3 Tr=100 anni).*

➤ *Lo studio di RSL genera un fattore di amplificazione FA= 1.31, con un valore di  $a_{max} = 0.359 g$*

➤ I terreni del sottosuolo essendo di natura prevalentemente argillosa e coesiva presentano un rischio di liquefazione molto basso (IPL=1.3) e peraltro legato a livelli isolati e discontinui. I cedimenti indotti dal sisma sulle argille tenere sono stimati nell'ordine di 2.3 centimetri.

➤ In ragione delle caratteristiche dell'opera e dei terreni del sottosuolo si ritiene opportuna la realizzazione di pali di fondazione affiancati nell'orizzonte ghiaioso profondo. Le mediocri caratteristiche geotecniche dei terreni la presenza di livelli limosi e di falda superficiale renderà necessaria, per la perforazione dei pali, l'adozione di camicie o fanghi bentonitici.

## **ALLEGATI**

- ALLEGATO 1    PROVE PENETROMETRICHE CPT CPTU
- ALLEGATO 2    STRATIGRAFIA SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO
- ALLEGATO 3    RELAZIONE DOWN HOLE CON CONO SISMICO
- ALLEGATO 4    RELAZIONE INDAGINE GEOFISICA ESAC-MASW
- ALLEGATO 5    RELAZIONE INDAGINE GEOFISICA HVSR
- ALLEGATO 6    ANALISI DI LABORATORIO
- ALLEGATO 7    VALUTAZIONE LIQUEFAZIONE E CEDIMENTI POST-SISMICI

**Allegato 1**

**PROVE PENETROMETRICHE CPT - CPTU**



# PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA CPTU

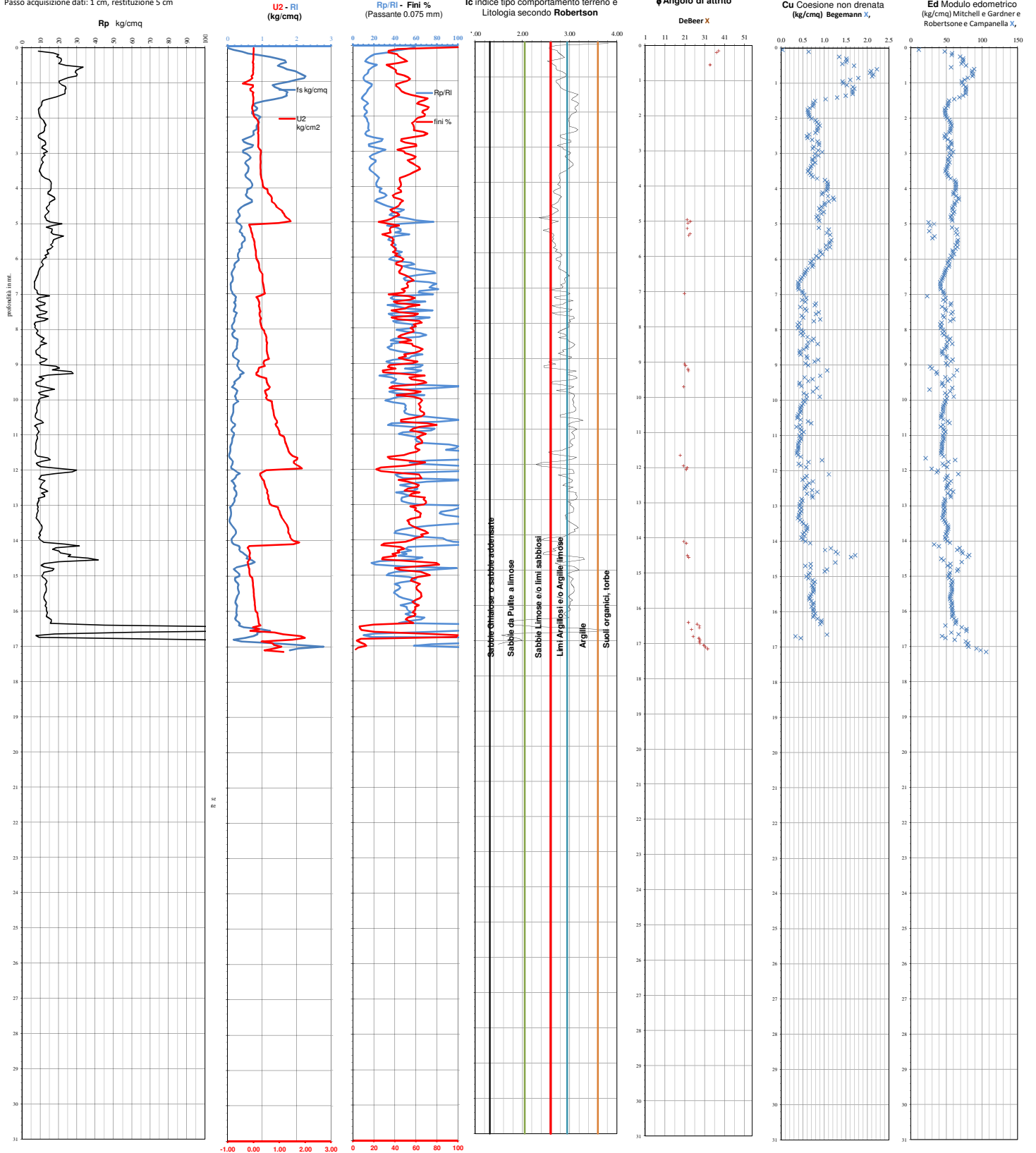
Prova CPTU 1

Località: VIA TOSCA, RIMINI

Data: 04/10/2018

Lavoro: "PONTE VALENTINI"

Passo acquisizione dati: 1 cm, restituzione 5 cm



mt.	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	U <sub>2</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sub>s</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI	Peso di Volume (Robertson e Cabal et al. 2010)	Angolo di attrito f ° ("De Beer")	Densità relativa Dr Lancelotta 1993	Cu Kg/cm <sup>2</sup> Coesione non drenata (Begemann)	Modulo di Young -Schmertmann- per sabbie E=2.5 Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	Miticell&Gardner o Robertson e	Campbell per le sabbie Nspst - Indicativo- Maunomachi e MF	Kubayashi 1982 %fini OCR	Mayne 2012 OCR=0.33*(Rp-sv) <sup>0.5</sup> con % fini	Roberts on	Numero STB	Litologia ROBERTSON
0.05	1	0.0	0.0	50	1.2			0.0	11	100					6	Suoli Organici
0.10	9	0.0	0.2	21	1.4			0.6	48	34					8	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.15	17	0.0	0.4	40	1.8	38	72	1.4	58	5					8	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
0.20	20	0.0	0.6	34	1.8	37	71	1.4	57	5					8	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
0.25	19	0.0	0.9	21	1.9			1.4	69	5					8	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.30	21	0.0	1.2	17	1.9			1.5	73	6					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.35	22	0.0	1.5	15	1.9			1.5	74	6					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.40	21	0.0	1.7	13	2.0			1.5	73	6					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.45	20	0.0	1.7	13	2.0			1.7	78	7					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.50	24	0.0	1.5	16	2.0			1.7	78	7					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.55	33	0.0	1.5	23	2.0	34	69	2.2	57	9					8	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
0.60	31	0.0	1.6	19	2.0			2.2	89	9					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.65	29	0.0	1.7	17	2.0			2.1	86	8					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.70	29	0.0	2.0	15	2.0			2.1	86	8					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.75	30	0.0	2.1	15	2.0			2.1	87	8					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.80	30	0.0	2.2	14	2.0			2.1	87	8					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.85	25	-0.1	2.3	11	2.0			1.8	80	7					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.90	23	0.0	2.2	10	2.0			1.6	76	7					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
0.95	20	-0.1	2.0	10	2.0			1.4	71	6					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.00	20	-0.3	1.8	12	2.0			1.4	72	6					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.05	22	-0.4	1.5	14	1.9			1.5	74	6					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.10	24	0.0	1.2	18	1.9			1.7	77	7					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.15	24	0.0	1.4	18	1.9			1.7	77	7					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.20	24	-0.1	1.5	16	1.9			1.7	77	7					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.25	24	-0.1	1.6	14	2.0			1.7	77	7					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.30	24	0.0	1.7	14	2.0			1.7	77	7					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.35	21	0.0	1.7	13	2.0			1.3	73	6					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.40	19	0.0	1.7	11	2.0			1.3	68	6					9	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
1.45	15	0.0	1.6	9	1.9			1.0	61	5					8	Araille, Araille Limose
1.50	11	0.0	1.3	9	1.9			0.8	54	4					6	Araille, Araille Limose
1.55	11	0.0	1.0	10	1.9			0.8	52	4					6	Araille, Araille Limose
1.60	11	0.0	0.8	13	1.8			0.8	52	3					6	Araille, Araille Limose
1.65	11	0.0	0.7	15	1.8			0.7	52	3					6	Araille, Araille Limose
1.70	10	0.0	0.8	12	1.8			0.7	49	3					5	Araille, Araille Limose
1.75	9	-0.1	0.9	11	1.8			0.6	48	3					4	Araille, Araille Limose
1.80	9	0.0	0.8	11	1.8			0.6	48	3					4	Araille, Araille Limose
1.85	9	0.0	0.7	13	1.8			0.6	48	3					4	Araille, Araille Limose
1.90	9	0.0	0.7	13	1.8			0.6	49	3					4	Araille, Araille Limose
1.95	10	0.0	0.8	11	1.8			0.7	50	3					4	Araille, Araille Limose
2.00	10	0.0	0.9	11	1.9			0.7	51	3					4	Araille, Araille Limose
2.05	12	0.1	0.9	13	1.9			0.8	54	4					5	Araille, Araille Limose
2.10	12	0.2	0.9	14	1.9			0.8	55	4					5	Araille, Araille Limose
2.15	13	0.2	0.9	14	1.9			0.9	56	4					5	Araille, Araille Limose
2.20	13	0.2	0.9	15	1.9			0.9	57	4					5	Araille, Araille Limose
2.25	12	0.2	0.8	15	1.9			0.9	56	4					5	Araille, Araille Limose
2.30	12	0.2	0.8	15	1.9			0.8	56	4					4	Araille, Araille Limose
2.35	12	0.2	0.8	15	1.9			0.8	56	4					4	Araille, Araille Limose
2.40	12	0.2	0.7	16	1.8			0.8	54	4					4	Araille, Araille Limose
2.45	10	0.2	0.7	13	1.8			0.7	49	3					3	Araille, Araille Limose
2.50	9	0.2	0.8	12	1.8			0.6	47	3					3	Araille, Araille Limose
2.55	9	0.2	0.7	13	1.8			0.6	48	3					3	Araille, Araille Limose
2.60	11	0.2	0.5	19	1.8			0.7	52	3					3	Araille, Araille Limose
2.65	12	0.2	0.4	28	1.8			0.9	56	4					3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
2.70	13	0.2	0.5	28	1.8			0.9	57	4					3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
2.75	13	0.2	0.6	22	1.8			0.9	57	4					3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
2.80	11	0.2	0.7	15	1.8			0.8	53	4					3	Araille, Araille Limose
2.85	11	0.2	0.7	15	1.8			0.7	52	3					3	Araille, Araille Limose
2.90	13	0.2	0.6	23	1.8			0.9	56	4					3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
2.95	14	0.3	0.4	31	1.8			1.0	59	4					3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.00	12	0.3	0.4	26	1.8			0.8	54	3					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.05	13	0.3	0.6	23	1.8			0.9	57	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.10	12	0.3	0.6	18	1.8			0.8	54	4					3	Araille, Araille Limose
3.15	11	0.3	0.7	16	1.8			0.7	52	3					3	Araille, Araille Limose
3.20	11	0.3	0.6	17	1.8			0.7	52	3					3	Araille, Araille Limose
3.25	12	0.3	0.5	22	1.8			0.8	54	4					3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.30	11	0.3	0.5	22	1.8			0.7	53	3					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.35	10	0.3	0.5	19	1.8			0.7	51	3					3	Araille, Araille Limose
3.40	10	0.3	0.6	17	1.8			0.7	51	3					3	Araille, Araille Limose
3.45	10	0.3	0.6	16	1.8			0.6	49	3					2	Araille, Araille Limose
3.50	9	0.3	0.6	16	1.8			0.6	49	3					2	Araille, Araille Limose
3.55	10	0.3	0.6	17	1.8			0.7	50	3					2	Araille, Araille Limose
3.60	11	0.3	0.5	19	1.8			0.7	51	3					2	Araille, Araille Limose
3.65	11	0.3	0.5	21	1.8			0.7	53	3					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.70	12	0.3	0.5	23	1.8			0.8	56	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.75	15	0.3	0.6	25	1.8			1.0	61	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.80	16	0.3	0.7	24	1.8			1.1	63	5					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.85	16	0.3	0.7	23	1.8			1.1	63	5					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.90	16	0.4	0.7	22	1.8			1.1	63	5					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
3.95	16	0.4	0.7	22	1.8			1.1	63	5					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.00	16	0.4	0.7	23	1.8			1.1	63	5					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.05	16	0.5	0.6	27	1.8			1.1	63	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.10	14	0.5	0.6	25	1.8			1.0	60	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.15	14	0.6	0.6	25	1.8			1.0	60	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.20	16	0.6	0.5	30	1.8			1.1	64	5					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.25	18	0.7	0.6	32	1.8			1.2	67	5					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.30	18	0.7	0.6	30	1.8			1.2	67	5					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.35	16	0.7	0.7	23	1.8			1.1	64	5					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.40	15	0.7	0.7	21	1.8			1.0	62	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.45	15	0.8	0.6	25	1.8			1.0	62	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.50	14	0.9	0.5	28	1.8			0.9	60	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.55	13	0.9	0.4	33	1.8			0.9	58	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.60	14	1.0	0.3	39	1.8			0.9	59	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.65	15	1.1	0.3	49	1.7			1.0	61	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.70	14	1.1	0.3	45	1.7			0.9	60	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.75	13	1.2	0.3	37	1.8			0.9	57	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.80	12	1.2	0.4	35	1.8			0.8	56	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.85	13	1.3	0.3	43	1.7			0.9	60	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.90	13	1.4	0.3	52	1.7			0.9	58	4					2	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
4.95	16	1.4	0.3	61	1.7	22	23	0.9	56	4					1	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
5.00	22	1.0	0.3	77	1.7	24	33	1.0	33							

Prof	Rp (kg/cm2)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm2)	Rp/Rl	Peso di Volume	Angolo di attrito f°	Densità relativa Dr	Cu Kg/cmq Coestone non drenata	Modulo di Young	Modulo edometrico	Nspt	OCR	% fini	Litologia
5.05	17	-0.2	0.4	46.3	1.8	23	26			27	5	1	34	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
5.10	13	-0.1	0.4	32.5	1.8			0.9		58	4	1	44	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.15	17	-0.1	0.4	41.3	1.8			1.1		65	5	2	36	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.25	16	-0.1	0.4	45.5	1.8	22	24			65	4	3	36	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
5.30	17	-0.1	0.4	40.4	1.8			1.1		65	5	2	36	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.35	23	0.0	0.4	53.9	1.8	24	33			33	6	2	28	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
5.40	20	0.0	0.5	41.0	1.8	23	29			30	5	1	33	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
5.45	17	0.0	0.5	34.9	1.8			1.2		66	5	2	38	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.50	17	0.0	0.5	33.7	1.8			1.1		65	5	2	39	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.55	17	0.0	0.4	38.6	1.8			1.1		65	5	2	39	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.60	16	0.0	0.4	38.7	1.8			1.0		63	4	3	39	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.65	17	0.1	0.4	41.1	1.8			1.1		65	5	2	37	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.70	16	0.1	0.4	38.3	1.8			1.1		63	4	2	39	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.75	14	0.1	0.3	41.3	1.7			0.9		59	4	1	41	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.80	14	0.1	0.3	40.2	1.8			0.9		59	4	1	41	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.85	15	0.1	0.3	46.9	1.7			1.0		61	4	1	38	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.90	13	0.1	0.3	45.2	1.7			0.9		58	4	1	43	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
5.95	13	0.1	0.3	45.2	1.7			0.9		58	4	1	40	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.00	12	0.1	0.3	37.4	1.7			0.8		55	3	1	46	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.05	11	0.1	0.3	34.6	1.7			0.7		53	3	1	48	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.10	11	0.2	0.3	40.9	1.7			0.7		52	3	1	47	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.15	12	0.2	0.2	55.2	1.7			0.8		54	3	1	41	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.20	11	0.2	0.2	58.5	1.7			0.7		53	3	1	41	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.25	10	0.2	0.2	48.0	1.7			0.6		50	3	1	47	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.30	10	0.2	0.2	49.0	1.7			0.6		49	3	1	46	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.35	9	0.2	0.1	64.0	1.6			0.6		48	3	1	46	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.40	9	0.3	0.1	76.8	1.6			0.6		47	3	1	44	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.45	9	0.3	0.1	78.5	1.6			0.5		47	2	1	45	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.50	8	0.3	0.1	62.3	1.6			0.5		45	2	1	49	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.55	8	0.3	0.1	52.0	1.6			0.5		44	2	1	53	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.60	7	0.3	0.2	48.4	1.6			0.4		43	2	1	56	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.65	7	0.3	0.2	50.0	1.6			0.4		42	2	1	56	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.70	7	0.4	0.1	52.4	1.6			0.4		42	2	1	52	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.75	7	0.4	0.1	79.6	1.6			0.4		42	2	1	51	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.80	7	0.4	0.1	75.3	1.6			0.4		41	2	1	53	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.85	7	0.4	0.1	73.0	1.6			0.4		42	2	1	52	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.90	8	0.4	0.1	81.4	1.6			0.5		46	2	1	47	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
6.95	8	0.4	0.1	63.4	1.6			0.5		46	2	1	50	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.00	9	0.4	0.1	62.7	1.6			0.5		46	2	1	48	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.05	15	0.3	0.2	76.4	1.7			0.6		49	3	1	34	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
7.10	10	0.1	0.2	38.8	1.7	21	19			49	3	1	53	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.15	8	0.2	0.2	36.1	1.7			0.5		45	3	1	59	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.20	9	0.2	0.2	39.7	1.7			0.6		48	3	1	54	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.25	13	0.2	0.2	69.2	1.7			0.8		57	4	1	39	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.30	12	0.2	0.2	54.8	1.7			0.8		56	4	1	43	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.35	9	0.2	0.2	33.1	1.7			0.6		48	3	1	68	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.40	9	0.2	0.2	43.6	1.7			0.6		48	3	1	53	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.45	10	0.2	0.2	52.2	1.7			0.6		49	3	1	50	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.50	14	0.3	0.2	75.9	1.7			0.9		59	4	1	37	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.55	13	0.2	0.3	47.7	1.7			0.8		57	4	1	44	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.60	8	0.2	0.3	34.4	1.7			0.5		47	3	1	62	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.65	9	0.3	0.2	38.1	1.7			0.5		47	3	1	58	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.70	14	0.3	0.2	73.3	1.7			0.9		60	4	1	37	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.75	12	0.3	0.2	60.9	1.7			0.8		55	3	1	43	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.80	7	0.3	0.2	38.4	1.7			0.4		43	2	1	64	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.85	7	0.3	0.2	41.3	1.6			0.4		43	2	1	66	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.90	7	0.3	0.1	57.1	1.6			0.4		43	2	1	58	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
7.95	7	0.3	0.1	56.4	1.6			0.4		42	2	1	60	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.00	8	0.3	0.1	57.7	1.6			0.5		45	2	1	55	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.05	9	0.4	0.1	41.6	1.7			0.5		47	3	1	58	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.10	8	0.4	0.2	50.2	1.6			0.5		47	3	1	58	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.15	9	0.5	0.1	64.4	1.6			0.5		46	3	1	52	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.20	10	0.5	0.1	69.9	1.6			0.6		50	3	1	46	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.25	12	0.5	0.2	63.1	1.7			0.8		55	3	1	43	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.30	12	0.5	0.3	40.2	1.7			0.7		54	3	1	51	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.35	10	0.5	0.3	36.0	1.7			0.9		51	3	1	56	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.40	13	0.5	0.3	48.3	1.7			0.9		58	4	1	45	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.45	10	0.5	0.3	36.5	1.7			0.6		50	3	1	57	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.50	10	0.5	0.3	37.0	1.7			0.6		50	3	1	57	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.55	9	0.5	0.3	33.0	1.7			0.5		47	3	1	63	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.60	8	0.5	0.2	35.3	1.7			0.4		44	3	1	67	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.65	8	0.5	0.2	42.9	1.7			0.4		44	2	1	64	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.70	8	0.5	0.2	51.2	1.6			0.5		45	2	1	60	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.75	10	0.6	0.1	66.3	1.6			0.6		50	3	1	49	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.80	10	0.6	0.2	86.1	1.7			0.6		50	3	1	51	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.85	14	0.6	0.3	53.8	1.7			0.9		59	4	1	44	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.90	13	0.4	0.3	38.3	1.7			0.8		56	4	1	51	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
8.95	10	0.4	0.3	32.0	1.7			0.6		49	3	1	62	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.00	11	0.4	0.3	36.1	1.7			0.6		51	3	1	57	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.05	18	0.4	0.3	66.5	1.7			0.7		57	5	1	35	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
9.10	20	0.2	0.3	64.3	1.8	21	25			30	6	1	33	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
9.15	17	0.2	0.2	40.5	1.8			1.1		63	5	1	45	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.20	27	0.2	0.4	65.1	1.8	23	33			36	7	1	29	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
9.25	28	0.1	0.5	60.0	1.8	23	33			37	7	1	29	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
9.30	14	0.1	0.4	39.6	1.8			0.9		60	4	1	48	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.35	9	0.3	0.4	25.3	1.7			0.5		49	3	1	68	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.40	12	0.5	0.3	37.0	1.7			0.7		55	4	1	54	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.45	11	0.5	0.3	41.3	1.7			0.6		52	3	1	56	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.50	8	0.5	0.2	40.1	1.7			0.4		44	3	1	63	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.55	8	0.5	0.2	36.5	1.7			0.4		44	3	1	70	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.60	8	0.6	0.2	49.9	1.7			0.5		46	3	1	61	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.65	13	0.6	0.1	105.1	1.6			0.8		58	4	1	38	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.70	18	0.6	0.2	79.3	1.7	20	20			26	5	1	35	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
9.75	12	0.4	0.3	42.8	1.7			0.7		55	4	1	52	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.80	9	0.5	0.3	34.8	1.7			0.5		48	3	1	62	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.85	10	0.5	0.2	41.0	1.7			0.6		50	3	1	59	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.90	14	0.5	0.2	68.3	1.7			0.9		60	4	1	42	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
9.95	10	0.5	0.2	42.8	1.7			0.6		51	3	1	58	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
10.00	9	0.5	0.2	37.1	1.7			0.5		48	3	1	64	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
10.05	10	0.7	0.3	31.0	1.7			0.6		49	3	1	66	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
10.10	9	0.7	0.2	38.3	1.7			0.5		47	3	1	65	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
10.15	8	0.7	0.2	48.9	1.7			0.5		46	3	1	63	Silt Mixtures Limi Arillosi e/o Araille Limose
10.20	8	0.7	0.2	50.4	1.6	</								

Prof	Rp (kg/cm2)	U2 kg/cm2	fs (kg/cm2)	Rp/Rl	Peso di Volume	Angolo di attrito f°	Angolo di attrito f°	Densità relativa Dr	Cu Kg/cmq Coestione non drenata	Modulo di Young	Modulo edometrico	Nspt	OCR	% fini	Numero STB	Litologia
11.85	9	1.7	0.1	63.6	1.6				0.5		46	3		63	3	Araille, Araille Limose
11.90	10	1.8	0.1	100.3	1.6				0.6		51	3		50	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
11.95	20	1.9	0.1	192.0	1.6	31	20	22			29	3		50	4	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
12.00	30	0.5	0.2	151.0	1.7	34	22	33			38	8		52	4	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
12.05	28	0.4	0.3	101.4	1.8	33	22	30			36	7		27	5	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
12.10	18	0.3	0.4	49.6	1.8				1.1		67	5		44	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
12.15	11	0.3	0.3	40.7	1.7				0.6		51	3		63	4	Araille, Araille Limose
12.20	10	0.3	0.2	42.7	1.7				0.6		50	3		64	3	Araille, Araille Limose
12.25	9	0.3	0.2	48.0	1.7				0.5		48	3		66	3	Araille, Araille Limose
12.30	13	0.4	0.2	112.2	1.6				0.7		56	4		44	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
12.35	11	0.4	0.2	70.1	1.7				0.7		52	3		52	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
12.40	11	0.4	0.2	56.0	1.7				0.6		52	3		58	4	Araille, Araille Limose
12.45	10	0.5	0.2	45.0	1.7				0.6		51	3		63	3	Araille, Araille Limose
12.50	10	0.5	0.2	54.1	1.7				0.6		50	3		61	3	Araille, Araille Limose
12.55	12	0.5	0.2	61.7	1.7				0.7		56	4		52	3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
12.60	14	0.5	0.2	57.9	1.7				0.8		59	4		49	3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
12.65	11	0.5	0.2	41.2	1.7				0.7		52	3		64	3	Araille, Araille Limose
12.70	12	0.6	0.3	48.2	1.7				0.7		56	3		54	3	Araille, Araille Limose
12.75	13	0.6	0.2	54.0	1.7				0.7		56	4		54	3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
12.80	9	0.6	0.2	46.7	1.7				0.5		48	3		69	3	Araille, Araille Limose
12.85	9	0.6	0.2	46.1	1.7				0.5		48	3		67	3	Araille, Araille Limose
12.90	9	0.6	0.2	46.5	1.7				0.5		47	3		70	3	Araille, Araille Limose
12.95	8	0.6	0.2	52.9	1.6				0.4		46	3		70	3	Araille, Araille Limose
13.00	8	0.7	0.1	62.5	1.6				0.4		46	3		68	3	Araille, Araille Limose
13.05	9	0.9	0.1	151.0	1.6				0.5		49	3		55	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
13.10	8	1.0	0.1	100.8	1.6				0.4		46	3		60	3	Araille, Araille Limose
13.15	9	1.0	0.1	95.3	1.6				0.5		47	3		59	3	Araille, Araille Limose
13.20	9	1.0	0.1	84.0	1.6				0.4		46	3		63	3	Araille, Araille Limose
13.25	8	1.0	0.1	82.6	1.6				0.4		45	3		65	3	Araille, Araille Limose
13.30	8	1.1	0.1	88.1	1.6				0.4		45	3		64	3	Araille, Araille Limose
13.35	8	1.1	0.1	102.7	1.6				0.4		44	3		64	3	Araille, Araille Limose
13.40	8	1.2	0.1	150.9	1.6				0.4		46	3		56	4	Araille, Araille Limose
13.45	9	1.2	0.1	162.0	1.5				0.5		48	3		52	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
13.50	10	1.2	0.1	123.6	1.6				0.5		49	3		54	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
13.55	11	1.3	0.1	96.1	1.6				0.6		51	3		53	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
13.60	11	1.3	0.2	72.0	1.6				0.6		52	3		56	3	Araille, Araille Limose
13.65	11	1.3	0.2	56.7	1.7				0.6		52	3		60	3	Araille, Araille Limose
13.70	11	1.3	0.2	46.3	1.7				0.6		52	3		64	3	Araille, Araille Limose
13.75	10	1.3	0.2	46.3	1.7				0.6		50	3		69	3	Araille, Araille Limose
13.80	10	1.4	0.2	39.6	1.7				0.5		49	3		72	3	Araille, Araille Limose
13.85	10	1.4	0.2	50.7	1.7				0.6		50	3		65	3	Araille, Araille Limose
13.90	9	1.4	0.2	59.4	1.6				0.5		48	3		67	3	Araille, Araille Limose
13.95	10	1.5	0.1	85.4	1.6				0.5		49	3		60	3	Araille, Araille Limose
14.00	10	1.5	0.1	88.7	1.6				0.6		51	3		56	3	Araille, Araille Limose
14.05	12	1.8	0.1	95.5	1.7				0.7		55	4		50	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
14.10	24	0.5	0.2	131.6	1.6	31	20	24			33	6		29	5	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
14.15	31	-0.2	0.3	95.3	1.8	33	22	32			39	8		27	5	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
14.20	19	-0.2	0.4	52.6	1.8				1.2		69	5		45	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
14.25	17	-0.2	0.3	50.2	1.8				1.0		65	5		49	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
14.30	20	-0.2	0.4	55.6	1.8				1.3		72	6		43	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
14.35	21	-0.1	0.5	46.3	1.8				1.3		73	6		44	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
14.40	27	-0.2	0.5	51.3	1.8				1.7		82	7		38	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
14.45	27	-0.2	0.6	39.3	1.7				1.6		80	7		41	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
14.50	36	-0.1	0.5	66.4	1.8	34	22	36			43	10		29	5	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
14.55	42	-0.2	0.7	58.9	1.9	35	23	40			46	11		28	5	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
14.60	20	-0.2	0.8	25.8	1.9				1.3		71	6		55	3	Araille, Araille Limose
14.65	12	-0.2	0.7	17.7	1.8				0.7		56	4		80	4	Araille, Araille Limose
14.70	11	-0.2	0.5	21.6	1.8				0.6		55	4		82	3	Araille, Araille Limose
14.75	12	-0.2	0.3	46.8	1.7				0.7		60	4		61	4	Araille, Araille Limose
14.80	12	-0.2	0.2	99.0	1.7				0.7		65	4		40	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
14.85	17	-0.2	0.2	72.6	1.7				1.0		65	5		45	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
14.90	12	-0.2	0.3	41.3	1.7				0.7		55	4		65	3	Araille, Araille Limose
14.95	12	-0.1	0.3	34.2	1.7				0.6		54	4		69	3	Araille, Araille Limose
15.00	11	-0.1	0.3	32.1	1.7				0.6		52	4		73	3	Araille, Araille Limose
15.05	12	0.0	0.2	53.4	1.7				0.7		57	4		62	3	Araille, Araille Limose
15.10	13	0.0	0.2	60.4	1.7				0.7		57	4		56	4	Araille, Araille Limose
15.15	14	0.0	0.2	87.4	1.7				0.8		59	4		53	3	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
15.20	13	0.0	0.3	45.7	1.7				0.8		58	4		60	4	Araille, Araille Limose
15.25	13	0.0	0.3	39.9	1.7				0.7		57	4		64	4	Araille, Araille Limose
15.30	13	0.0	0.3	44.0	1.7				0.7		57	4		61	4	Araille, Araille Limose
15.35	13	0.0	0.3	45.3	1.7				0.8		58	4		60	4	Araille, Araille Limose
15.40	13	0.0	0.3	43.4	1.7				0.8		58	4		61	4	Araille, Araille Limose
15.45	13	0.0	0.3	40.1	1.7				0.7		58	4		63	4	Araille, Araille Limose
15.50	13	0.0	0.3	39.3	1.7				0.7		56	4		65	3	Araille, Araille Limose
15.55	12	0.0	0.3	41.9	1.7				0.7		56	4		65	3	Araille, Araille Limose
15.60	12	0.0	0.3	43.8	1.7				0.7		55	4		65	3	Araille, Araille Limose
15.65	12	0.0	0.3	48.0	1.7				0.7		55	4		64	3	Araille, Araille Limose
15.70	13	0.0	0.2	55.1	1.7				0.7		56	4		60	3	Araille, Araille Limose
15.75	13	0.0	0.2	59.4	1.7				0.8		58	4		57	4	Araille, Araille Limose
15.80	13	0.1	0.3	52.2	1.7				0.8		58	4		59	4	Araille, Araille Limose
15.85	13	0.1	0.3	45.5	1.7				0.7		57	4		63	3	Araille, Araille Limose
15.90	13	0.1	0.3	51.2	1.7				0.8		58	4		59	4	Araille, Araille Limose
15.95	13	0.1	0.3	51.6	1.7				0.7		58	4		60	4	Araille, Araille Limose
16.00	13	0.1	0.1	52.8	1.7				0.8		58	4		59	4	Araille, Araille Limose
16.05	14	0.2	0.3	55.5	1.7				0.8		59	4		57	4	Araille, Araille Limose
16.10	14	0.2	0.3	50.1	1.7				0.8		58	4		60	4	Araille, Araille Limose
16.15	13	0.2	0.2	54.8	1.7				0.8		58	4		59	4	Araille, Araille Limose
16.20	15	0.2	0.2	68.2	1.7				0.8		61	4		52	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
16.25	16	0.2	0.2	65.3	1.7				0.9		63	5		50	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
16.30	16	0.2	0.3	52.0	1.7				0.9		64	5		54	4	Silt Mixtures Limi Arallosi e/o Araille Limose
16.35	16	0.2	0.4	43.9	1.8				0.9		63	5		57	3	Araille, Araille Limose
16.40	45	0.3	0.3	135.9	1.8	34	23	40			48	11		20	5	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
16.45	113	0.0	0.5	241.6	1.9	40	27	67		283	71	27		6	6	Sabbie da pulite a limose
16.50	146	0.2	1.0	150.8	2.0	41	28	74		365	78	35		7	6	Sabbie da pulite a limose
16.55	146	-0.1	1.2	118.4	2.0	41	28	74		364	78	35		8	6	Sabbie da pulite a limose
16.60	64	0.8	0.9	74.1	1.9	36	24	50		57	16	11		21	5	Sand Mixtures Sabbie limose e/o Limi sabbiosi
16.65	18	1.1	0.9	20.7	1.9				1.1		67	6		67	4	Araille, Araille Limose
16.70	8	1.8	0.8	10.2	1.8				0.3							

# PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT CON PUNTA MECCANICA BEGEMANN

Prova CPT1

Località: RIMINI, VIA TOSCA

Data: 01/08/2018

Lavoro: COMUNE DI RIMINI SOTTOPASSO "VALENTINI"

Passo acquisizione dati: 20 cm FALDA = 5.4m

Litologia secondo Begeman

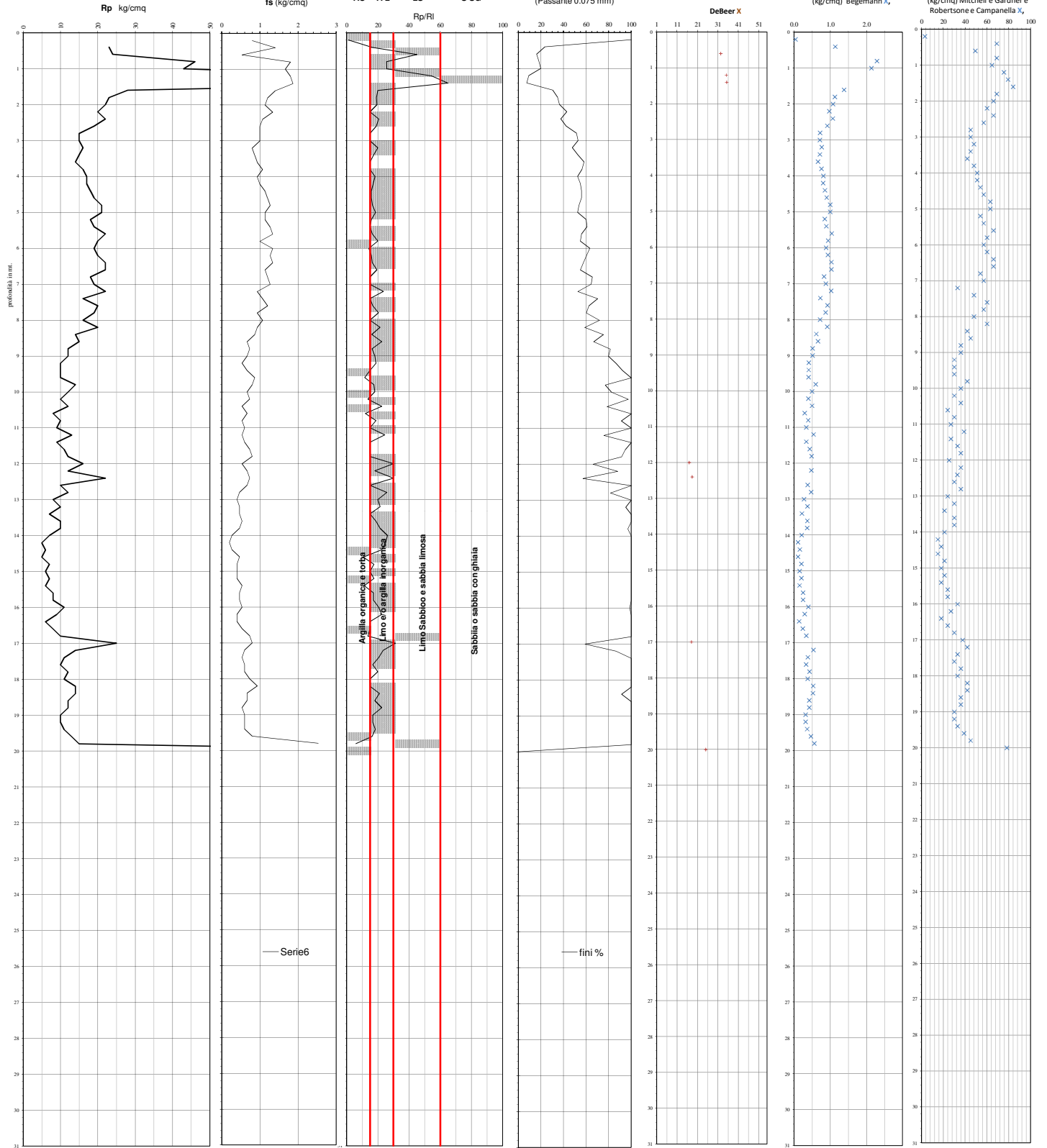
AO A L LS S SG

Fini %  
(Passante 0.075 mm)

$\phi$  Angolo di attrito  
DeBeer X

Cu Coesione non drenata  
(kg/cm<sup>2</sup>) Begemann X<sub>s</sub>

Ed Modulo edometrico  
(kg/cm<sup>2</sup>) Mitchell e Gardner e  
Robertson e Campanella X<sub>s</sub>







mt.	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	fs (kg/cm <sup>2</sup> )	Fr (%)	Peso di Volume (Robertson e Cabal et al. 2010)	Angolo di attrito φ° ("De Beer")	Densità relativa Dr Lancelotta 1993	Cu Kg/cmq Coesione non drenata (Begemann)	Modulo di Young -Schmertmann- per sabbie E=2.5 Rp (kg/cm2)	Modulo edometrico Sanglerat, Mitchell&Gardner o Robertson e Campanella per le sabbie Nspst -Indicativo-	MF	Mauromachi e Kubayashi 1982 %fini	OCR	Mayne 2012	OCR=0.33*(Rp-sv)^m con % fini	Roberts on	FS	Liq.	Litologia
0.20	1	0.8	60	1.7			0.0					12	100	NL			Arq. Orq. terre Miste	
0.40	23	1.4	6	1.9			1.1		69	6	25	24	NL				Arq. Molto Compatte	
0.60	24	0.5	2	1.8	32	60			49	6	18	16	NL				Sabbie Argillose e Limi	
0.80	46	1.8	4	2.0			2.3		69	12	21	18	NL				Argille Sabbiose e Limose	
1.00	43	1.7	4	2.0			2.1		65	11	15	20	NL				Argille Sabbiose e Limose	
1.20	98	1.8	2	2.0	35	89		245	75	23	12	9	NL				Sabbia Densa o Cementata	
1.40	121	1.9	2	2.0	35	92		303	79	29	11	7	NL				Sabbia Densa o Cementata	
1.60	28	1.4	5	1.9			1.4		84	6	6	31	NL				Arq. Molto Compatte	
1.80	23	1.2	5	1.9			1.1		69	6	5	35	NL				Arq. Molto Compatte	
2.00	23	1.1	5	1.9			1.1		66	6	6	35	NL				Arq. Molto Compatte	
2.20	25	1.3	7	1.9			1.0		60	6	5	43	NL				Arq. Compatte	
2.40	25	1.1	5	1.9			1.1		66	6	5	38	NL				Arq. Molto Compatte	
2.60	19	1.0	5	1.9			0.9		57	5	4	43	NL				Arq. Compatte	
2.80	15	1.0	7	1.9			0.7		45	4	3	53	NL				0	
3.00	15	1.0	7	1.9			0.7		45	4	3	53	NL				0	
3.20	16	0.8	5	1.9			0.8		48	5	3	48	NL				Arq. Compatte	
3.40	15	0.9	6	1.9			0.7		45	5	3	53	NL				Arq. Mediamente Tenera	
3.60	14	0.9	7	1.9			0.7		42	4	3	58	NL				0	
3.80	16	1.1	7	1.9			0.8		48	5	3	56	NL				Arq. Compatte	
4.00	17	0.9	5	1.9			0.8		51	5	2	53	NL				Arq. Compatte	
4.20	17	1.0	6	1.9			0.8		51	5	2	55	NL				Arq. Compatte	
4.40	18	1.1	6	1.9			0.9		54	6	3	56	NL				Arq. Compatte	
4.60	19	1.2	6	1.9			0.9		57	6	3	56	NL				Arq. Compatte	
4.80	21	1.3	6	1.9			1.0		63	6	2	54	NL				Arq. Compatte	
5.00	21	1.1	5	1.9			1.0		63	6	2	53	NL				Arq. Compatte	
5.20	18	1.1	6	1.9			0.9		54	6	3	60	NL				Arq. Compatte	
5.40	19	1.3	7	1.9			0.9		57	6	3	61	NL				Arq. Compatte	
5.60	22	1.3	6	1.9			1.0		66	7	3	56	NL				Arq. Molto Compatte	
5.80	20	1.0	5	1.9			0.9		60	6	2	55	NL				Arq. Compatte	
6.00	19	1.3	7	1.9			0.9		57	6	2	63	NL				Arq. Orq. terre Miste	
6.20	20	1.3	6	1.9			0.9		60	6	3	60	NL				Arq. Compatte	
6.40	22	1.3	6	1.9			1.0		66	7	3	58	NL				Arq. Molto Compatte	
6.60	22	1.1	5	1.9			1.0		66	7	2	55	NL				Arq. Molto Compatte	
6.80	18	1.2	7	1.9			0.8		54	6	2	66	NL				Arq. Compatte	
7.00	19	1.3	7	1.9			0.9		57	6	2	65	NL				Arq. Compatte	
7.20	22	0.9	4	1.9			1.0		33	7	2	53	NL				Argille Sabbiose e Limose	
7.40	16	1.1	7	1.9			0.7		48	5	2	70	NL				Arq. Compatte	
7.60	20	1.2	6	1.9			0.9		60	6	2	62	NL				Arq. Compatte	
7.80	19	0.9	5	1.9			0.9		57	6	2	60	NL				Arq. Compatte	
8.00	16	1.1	7	1.9			0.7		48	5	2	72	NL				Arq. Compatte	
8.20	20	0.9	5	1.9			0.9		60	6	2	59	NL				Arq. Compatte	
8.40	14	0.9	6	1.9			0.6		42	5	1	75	NL				Arq. Mediamente Tenera	
8.60	15	0.7	4	1.8			0.7		45	5	1	67	NL				Arq. Mediamente Tenera	
8.80	12	0.7	6	1.8			0.5		36	4	1	81	NL				Arq. Orq. terre Miste	
9.00	12	0.7	6	1.8			0.5		36	4	1	80	NL				Arq. Compatte	
9.20	10	0.5	5	1.8			0.4		30	4	1	87	NL				Arq. Mediamente Tenera	
9.40	10	0.7	7	1.8			0.4		30	4	1	92	NL				Arq. Orq. terre Miste	
9.60	10	0.9	9	1.8			0.4		30	4	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
9.80	14	0.8	6	1.9			0.6		42	5	1	77	NL				Arq. Mediamente Tenera	
10.00	12	0.7	6	1.8			0.5		36	4	1	82	NL				Arq. Compatte	
10.20	10	0.7	7	1.8			0.4		30	4	1	97	NL				Arq. Orq. terre Miste	
10.40	12	0.5	4	1.8			0.5		36	4	1	79	NL				Arq. Mediamente Tenera	
10.60	8	0.7	8	1.8			0.3		24	3	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
10.80	10	0.5	5	1.8			0.4		30	4	1	91	NL				Arq. Mediamente Tenera	
11.00	9	0.6	7	1.8			0.3		27	4	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
11.20	13	0.5	4	1.8			0.5		39	5	1	76	NL				Arq. Mediamente Tenera	
11.40	9	0.6	7	1.8			0.3		27	4	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
11.60	11	0.7	7	1.8			0.4		33	4	1	95	NL				Arq. Orq. terre Miste	
11.80	12	0.8	7	1.8			0.5		36	5	1	91	NL				Arq. Orq. terre Miste	
12.00	16	0.5	3	1.8	17		0.5		25	5	1	66	NL				Argille Sabbiose e Limose	
12.20	12	0.7	6	1.8			0.5		36	5	1	88	NL				Arq. Compatte	
12.40	22	0.7	3	1.9	18		0.5		33	7	1	57	NL				Argille Sabbiose e Limose	
12.60	10	0.7	7	1.8			0.4		30	4	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
12.80	12	0.5	4	1.8			0.5		36	4	1	82	NL				Arq. Mediamente Tenera	
13.00	8	0.4	5	1.7			0.3		24	3	1	100	NL				Arq. Mediamente Tenera	
13.20	10	0.5	5	1.8			0.4		30	4	1	95	NL				Arq. Mediamente Tenera	
13.40	7	0.5	7	1.8			0.2		21	4	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
13.60	10	0.5	5	1.8			0.4		30	4	1	100	NL				Arq. Mediamente Tenera	
13.80	10	0.5	5	1.8			0.4		30	4	0	97	NL				Arq. Mediamente Tenera	
14.00	7	0.3	4	1.7			0.2		21	3	0	100	NL				Arq. Mediamente Tenera	
14.20	5	0.2	4	1.7			0.1		15	2	0	100	NL				Arq. Tenera	
14.40	6	0.3	4	1.7			0.2		18	2	0	100	NL				Arq. Mediamente Tenera	
14.60	5	0.5	9	1.7			0.1		15	2	0	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
14.80	7	0.4	6	1.7			0.2		21	3	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
15.00	6	0.4	7	1.7			0.2		18	2	0	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
15.20	7	0.4	6	1.7			0.2		21	3	0	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
15.40	6	0.5	9	1.8			0.2		18	2	0	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
15.60	8	0.5	6	1.8			0.3		24	3	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
15.80	8	0.5	6	1.8			0.3		24	3	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
16.00	11	0.5	5	1.8			0.4		33	5	0	99	NL				Arq. Mediamente Tenera	
16.20	9	0.4	4	1.8			0.3		27	4	1	100	NL				Arq. Mediamente Tenera	
16.40	6	0.4	7	1.7			0.1		18	2	0	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
16.60	8	0.5	7	1.8			0.2		24	3	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
16.80	10	0.7	7	1.8			0.3		30	4	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
17.00	25	0.8	3	1.9	18	18			38	8	1	59	NL				Argille Sabbiose e Limose	
17.20	14	0.6	4	1.8			0.5		42	5	1	87	NL				Arq. Mediamente Tenera	
17.40	11	0.5	5	1.8			0.4		33	5	0	100	NL				Arq. Mediamente Tenera	
17.60	10	0.6	6	1.8			0.3		30	4	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
17.80	12	0.6	5	1.8			0.4		36	5	0	100	NL				Arq. Compatte	
18.00	11	0.7	7	1.8			0.4		33	5	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
18.20	14	0.9	7	1.9			0.5		42	6	1	100	NL				0	
18.40	14	0.7	5	1.8			0.5		42	5	1	92	NL				Arq. Mediamente Tenera	
18.60	12	0.7	6	1.8			0.4		36	5	0	100	NL				Arq. Compatte	
18.80	12	0.5	4	1.8			0.4		36	5	0	100	NL				Arq. Mediamente Tenera	
19.00	10	0.6	6	1.8			0.3		30	4	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
19.20	10	0.6	6	1.8			0.3		30	4	1	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
19.40	11	0.6	5	1.8			0.4		33	5	1	100	NL				Arq. Mediamente Tenera	
19.60	13	0.8	6	1.9			0.5		39	5	0	100	NL				Arq. Orq. terre Miste	
19.80	15	2.5	17	2.0			0.6		45	6	1	100	NL				0	
20.00	123	3.5	3	2.1	25	62			78				#NUM!	#NUM!			Limi e sabbie	
20.20	256	-20.0	#NUM!	#NUM!														

**Allegato 2**

**STRATIGRAFIA SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO**

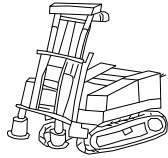




**Allegato 3**

**RELAZIONE DOWN HOLE CON CONO SISMICO**





**INTERGEO** s.r.l. - **Servizi Geologici**  
Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

---

**Località:**

**Rimini (RN) - Ponte sul Fosso Mavone**

**Oggetto:**

**Relazione di indagine geofisica eseguita con “Cono Sismico”**

**Data:**

**Ottobre 2018**

## **PREMESSA**

Il giorno 04/10/2018 a Rimini (RN) - Ponte sul Fosso Mavone è stata eseguita un'indagine geofisica al fine di determinare, in una prima fase la velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) e delle onde di compressione ( $V_p$ ) per ogni metro di terreno.

L'indagine è stata effettuata utilizzando un cono sismico nelle vicinanze del foro effettuato con la prova penetrometrica statica CPT-U 1.

La prova sismica è stata effettuata utilizzando un cono sismico, composto da una punta di acciaio cementato, all'interno del quale sono posizionati i 3 ricevitori idonei a registrare le vibrazioni prodotte dall'impulso generato in superficie.

Con la determinazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) e delle onde di compressione ( $V_p$ ) e la loro elaborazione, vengono ricavati i moduli e i parametri che caratterizzano il terreno.

## 1. Normativa Sismica

Con la determinazione delle onde di taglio  $V_s$  e utilizzando l'apposita formula sotto indicata, si ottiene un valore denominato  $V_{S,eq}$  che permette di caratterizzare il terreno indagato ed inserirlo in una delle seguenti categorie di sottosuolo (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 del 17/01/2018):

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Per  $V_{S,eq}$  si indica la velocità media di propagazione delle onde  $V_s$  (onde di taglio) calcolata con:

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

$h_i$  : spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  : velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  : numero di strati;

$H$  : profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

## 2. Prova penetrometrica con cono sismico

L'esecuzione dell'indagine geofisica è avvenuta nelle vicinanze del foro in cui è stata precedentemente effettuata la prova penetrometrica statica CPT-U 1.

Il cono sismico viene spinto nel terreno e, ad ogni metro, vengono effettuate due energizzazioni per registrare i tempi d'arrivo delle onde P ed S.

Il cono sismico (fig.1) è realizzato in acciaio cementato; al suo interno sono posizionati tre geofoni orientati secondo gli assi  $x - y - z$  al fine di ricevere le onde di taglio (S) e onde di compressione (P).



fig.1

Il cono viene collegato, attraverso un cavo elettrico, con l'unità di acquisizione (fig.2) posta in superficie, le cui caratteristiche tecniche sono le seguenti:



Sismografo PASI 16S24P; Ambiente Operativo Windows Xp; Numero canali 24; Display a colori LCD touch screen; Supporto di memorizzazione Hard-Disk 80Gb; Temperatura di funzionamento 0°-55° C; Umidità 5%-90%;

fig.2



In adiacenza al foro è stata posizionata la sorgente energizzante; essa è costituita da un maglio di 8 kg che colpendo un blocco di legno verticalmente e trasversalmente, genera onde di compressione (P) e onde di taglio (S).

Dall'elaborazione dei tempi d'arrivo delle onde alle varie profondità, si ricavano i valori delle velocità di propagazione delle onde sismiche ( $V_p$  e  $V_s$ ) del sottosuolo indagato (allegati 1 e 2).

Successivamente da tali valori vengono determinati i seguenti parametri del terreno (allegati 1 e 2).

- Coefficiente di Poisson  $\nu$
- Peso di Volume  $\gamma_{din}$  ton/mc
- Modulo di Elasticità dinamico  $E_{din}$  kg/cmq
- Modulo di taglio dinamico  $G_{din}$  kg/cmq
- Modulo di Compressibilità dinamico  $K_{din}$  Kg/cmq

che sono stati ricavati dalle seguenti formule:

$$\text{Coefficiente di Poisson} \quad \nu = \frac{V_p^2 - 2V_s^2}{2 \cdot (V_p^2 - V_s^2)}$$

$$\text{Peso di Volume} \quad \gamma_{din} = 0,51 \cdot V_p^{0,19} \quad \text{ton/mc.}$$

$$\text{Densità Geofisica} \quad \delta_{din} = \frac{\gamma}{g} \quad \text{m/sec.}$$

$$\text{Modulo di Elasticità dinamico} \quad E_{din} = V_p^2 \cdot \delta_{din} \cdot \frac{(1+\nu) \cdot (1-2\nu)}{(1-\nu)} \quad \text{kg/cmq.}$$

$$\text{Modulo di Taglio dinamico} \quad G_{din} = \delta_{din} \cdot V_s^2 \quad \text{kg/cmq.}$$

$$\text{Modulo di Compressibilità dinamico} \quad K_{din} = \frac{E_{din}}{3 \cdot (1-2\nu)} \quad \text{kg/cmq.}$$

### **3. Conclusioni**

Dai valori dei tempi d'arrivo delle onde acquisite nell'indagine geofisica, sono state poi calcolate le velocità delle onde P e onde S.

#### **Allegati:**

Allegati 1 e 2: grafici e tabulati delle velocità delle onde P, onde S e vari parametri elastici dinamici.

Rimini (RN) - Ponte Sul Fosso Mavone

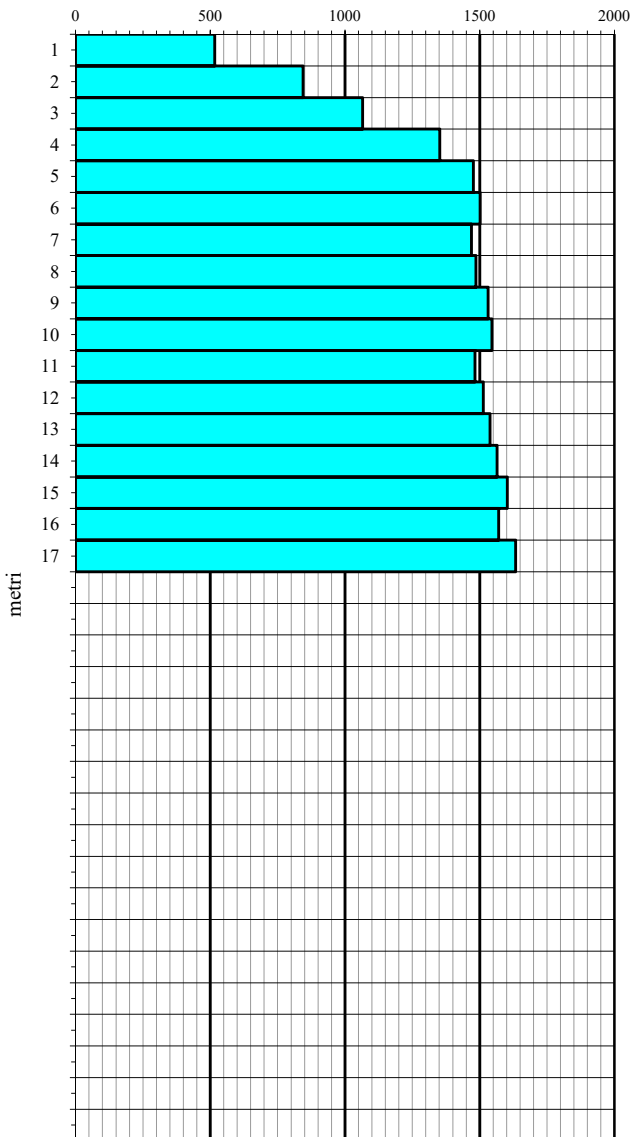
Data: 04/10/2018

Sismocono n.: 1

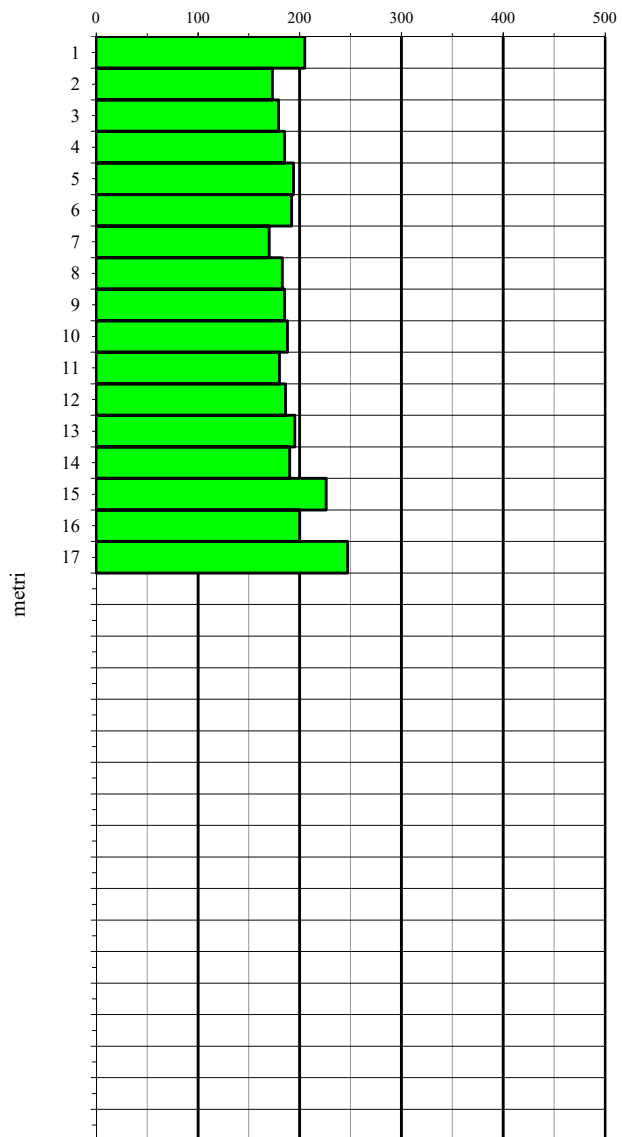
**INTERGEO** s.r.l. - Servizi Geologici

www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com

Velocità onde P (m/sec.) - onde di compressione



Velocità onde S (m/sec.) - onde di taglio



$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i / V_i}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30m superiori.

$V_{s17} =$  **191 m/sec.**





**Allegato 4**

**RELAZIONE INDAGINE GEOFISICA ESAC-MASW**

## INDAGINI

**MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES** (metodo MASW con onde di Rayleigh)  
**MICROTREMOR ARRAY MEASUREMENT** (metodo MAM con Array 2D - ESAC)

## UBICAZIONE

**REGIONE:** Emilia Romagna      **DATA:** Novembre 2018

**COMUNE:** Rimini

**LOCALITÀ:** Ponte sul Mavone



# REPORT GEOFISICO

- CONSULENZE PER OPERE EDILIZIE
- STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA
- INDAGINI GEOFISICHE E GEOTECNICHE
- ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D e 2D
- RICERCHE IDRICHE CON SISMICA A RIFLESSIONE E PROGETTAZIONE POZZI PER ACQUA IN ROCCIA

**GEOTERRE Studio**

Via Guido Monaco n.6 - 52032 Badia Tedalda (AR) -- Viale Osimo n.363 - 52037 Sansepolcro (AR) -- Via Cà Rosello n.32 - 47863 Novafeltria (RN)

Tel: 3358049377    mail: [geoterre.1@libero.it](mailto:geoterre.1@libero.it)    PEC: [geoterre.studio@epap.sicurezzapostale.it](mailto:geoterre.studio@epap.sicurezzapostale.it)



SOMMARIO

0. PREMESSA .....2

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....2

3.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....3

4.0 INDAGINI CON ONDE SUPERFICIALI - Tecnica MASW e Tecnica MAM (con Array 2D) o ESAC.....3

*N.B.: Tutti i diritti di riproduzione e di memorizzazione elettronica sono riservati. Nessuna parte di questa relazione può essere riprodotta in alcuna forma, comprese le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Autore.*

Novembre 2018

**IL GEOLOGO**

**Dott. Gianni AMANTINI**

*Iscritto al n.754*

*dell'Ordine della Regione Toscana*





## 0. PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla Intergeo SRL è stata eseguita un'indagine geofisica utilizzando le seguenti tecniche:

- ◇ n°1 **Multichannel Analysis of Surface Waves** (metodo MASW con onde di Rayleigh);
- ◇ n°1 **Microtremor Array Measurement** (metodo MAM con Array 2D - ESAC);

L'area d'indagine è ubicata presso la città di Rimini, località Ponte sul Mavone, pertanto nel territorio della Regione Emilia Romagna.

Le coordinate geografiche dell'area d'indagine sono le seguenti:

	E (Longitudine)	N (Latitudine)
Geografiche WGS84 GD	12.547469°	44.049482°



## 2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Le indagini sono state effettuate in conformità alle seguenti disposizioni legislative:

- ◇ **Decreto Ministeriale 17.01.2018** – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- ◇ **ASTM D5777-95** - Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation
- ◇ **A.G.I. (1985)** - Aspetti Geotecnici della Progettazione in Zona Sismica
- ◇ **Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni** - Indirizzi e Criteri Generali per la Microzonazione Sismica
- ◇ **Regione Emilia Romagna** - Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'Art.16, c.1, della L.R. 20/2000 per "indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".
- ◇ **Regione Emilia Romagna** - Delibera di Assemblea Legislativa n.112 del 02/07/07 e successiva nota esplicativa.





### 3.0 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le *Prospezioni Sismiche in Array* sono state eseguite con un **Sismografo DoReMi** della *Sara electronic instruments*, provvisto delle seguenti caratteristiche tecniche:



#### **Dinamica del sistema**

- Risoluzione con guadagno 10x: 7.600  $\mu$  V
- Risoluzione con guadagno 1000x: 0.076  $\mu$  V
- Dinamica di base: 96dB (16 bit)
- Dinamica massima del preamplificatore: 80dB

#### **Campionamento**

- Memoria: 64 kByte (>30000 campioni)
- Frequenze in Hz: 200, 300, 400, 500, 800, 1000, 2000, 3000, 4000, 8000, 10000, 20000
- pari ad intervalli in ms di: 5, 3.33, 2.5, 2, 1.25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05

#### **Convertitore A/D**

- Tipologia: SAR
- Risoluzione: 16 bit
- Dinamica: 96 dB

#### **Preamplificatore**

- Tipologia: ultra-low noise con ingresso differenziale
- Filtri: 3Hz p. alto 1 polo, 200Hz p. basso 4 poli
- Guadagni: da 10x a 8000x
- Reiezione di modo comune: >80dB
- Impedenza d'ingresso: >100k  $\Omega$

#### **Architettura:**

- Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
- Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint
- Lunghezza massima della rete: 1200 metri senza ripetitori (virtualmente illimitata con ripetitori)
- Numero massimo di canali per tratta: 255

### 4.0 INDAGINI CON ONDE SUPERFICIALI - Tecnica MASW e Tecnica MAM (con Array 2D) o ESAC

L'utilizzo dei metodi di prospezione sismica che sfruttano le onde superficiali è cresciuto notevolmente negli ultimi anni, data la necessità di identificare le caratteristiche dei terreni in condizioni dinamiche insieme al profilo verticale della velocità delle onde di taglio VS facendo ricorso a tecniche poco costose e non invasive.

Anche le recenti NTC, riprendendo l'Eurocodice 8, prescrivono la classificazione sismica del sottosuolo in base al parametro VS30 per la progettazione in zona sismica.

Nel presente lavoro sono stati eseguiti i metodi di prospezione sismica **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves) e **MAM** (Microtremor Array Measurement) con Array 2D nota anche come indagine **ESAC**, due metodologie che consentono di ottenere un modello verticale delle VS, a partire dalle modalità di propagazione delle onde di superficie, in particolare le onde di Rayleigh.

Per quanto riguarda la tecnica MAM, nel nostro paese ancora poco utilizzata, si ricorda che è sostanzialmente un'indagine tipo ReMi (Refraction Microtremor) eseguita su un array bidimensionale (2D) il quale, in alcuni casi, viene indicato come "antenna sismica".

Tale metodologia consente di ridurre al minimo gli effetti negativi dovuti ai segnali unidirezionali ai quali è soggetta l'indagine **ReMi**, ovviamente quando eseguita con unico array lineare.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie sono distinti fra loro in base al tipo di sorgente con la quale viene prodotta la perturbazione sismica da osservare.

A tale proposito si parla di:

- ◇ *metodi attivi* (MASW), nei quali il terreno è energizzato con una sorgente artificiale appositamente creata per registrarne la perturbazione.
- ◇ *metodi passivi* (MAM o ESAC e ReMi) i quali, al contrario, non usano alcuna sorgente di energizzazione ma registrano un segnale di maggiore durata, in sostanza i microtremori generati dall'ambiente e in superficie.

L'indagine MASW viene presentata nel 1999 in seguito agli studi effettuati dal Kansas Geological Survey (Park et al., 1999), il ReMi e conseguentemente anche il MAM è un metodo di prospezione sismica sviluppato presso l'Università di Reno in Nevada (Louie, 2001), ed è classificato come metodo passivo in quanto utilizza il rumore ambientale.

La fase di acquisizione deve essere effettuata con una serie di accorgimenti e precauzioni tali da consentire una registrazione di dati contenenti la miglior informazione possibile riguardo alla propagazione delle onde di Rayleigh con buon rapporto segnale rumore.

Per quanto riguarda la scelta dei parametri di acquisizione è importante ricordare che gli stessi andranno a influenzare in modo significativo il risultato finale.



Al riguardo si può assumere, a grandi linee, che la massima profondità di indagine MASW per la quale calcolare il valore VS può essere paragonata alla metà della lunghezza d'onda  $\lambda_{max}$  misurata dai ricevitori (Park et al., 1999), la quale è generalmente considerata circa pari alla lunghezza  $L$  dello stendimento.

Nel caso delle MAM e ReMi, fermo restando la necessità di rilevare un numero di microtremori elevato, sono da considerare la lunghezza dello stendimento  $L$  e la distanza intergeofonica  $D$  che agisce sul segnale come una specie di filtro in frequenza.

Quindi maggiore è la spaziatura minore sarà la frequenza del segnale utile campionabile e viceversa, di conseguenza più la frequenza è bassa più aumenta la profondità di indagine.

È noto, infatti, che la propagazione delle onde, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più un'unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda.

Queste interessano il terreno a diverse profondità e sono influenzate dalle caratteristiche elastiche, appunto variabili con la profondità.

Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie.

Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno a interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi di prospezione sismica che utilizzano le onde di superficie si basano su modelli fisico-matematici nei quali il sottosuolo viene schematizzato come una serie di strati sovrapposti con caratteristiche elastiche lineari.

In definitiva, a partire le proprietà dispersive delle onde di Rayleigh e quindi dalla curva di dispersione rilevata, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri meccanici e sismici.

La procedura utilizzata può essere suddivisa in tre fasi:

- ◇ Acquisizione: registrazione e osservazione dei dati sismici "grezzi" contenenti le onde di Rayleigh per un intervallo sufficientemente ampio di frequenze;
- ◇ Processing: trattamento dei dati attraverso filtraggio e altre tecniche finalizzate all'estrazione delle caratteristiche di dispersione, in particolare espresse come velocità di fase in funzione della frequenza;
- ◇ Inversione: uso di un modello del terreno che permette di ricavare un profilo monodimensionale della velocità delle onde S e altri parametri in funzione della profondità.

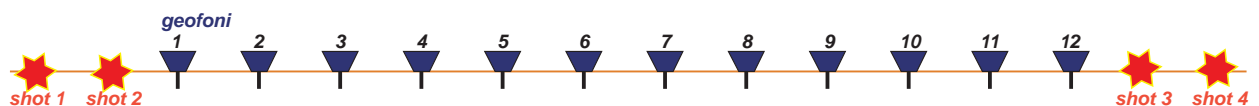
Tutto ciò è quindi possibile sfruttando le relazioni che legano le proprietà meccaniche alla dispersione frequenziale.

In conclusione le tecniche di processing utilizzate in questo studio prevedono il calcolo dello spettro e la successiva fase di selezione dei punti sullo spettro stesso (picking) che vanno a formare la curva di dispersione sperimentale.

Nella successiva fase di inversione si è proceduto alla stima dei parametri del modello rappresentativo che hanno condotto alla definizione del profilo verticale delle onde di taglio.

#### ◆ SISTEMA E PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Per la **MASW** è stato predisposto un classico array a **12 canali**, di **lunghezza = 22 m**, assumendo pertanto una **distanza intergeofonica = 2.0 m**.



Sono stati utilizzati **geofoni verticali** di tipo elettromagnetico a bobina mobile della ditta americana "Geospace", ad alto guadagno e con frequenza propria di 4.50 Hz.

Il segnale è stato generato energizzando sul piano verticale tramite **massa battente** (mazza da 8 kg); l'energia prodotta si è rilevata sufficiente allo scopo, vista anche la contenuta ampiezza del rumore sismico e la lunghezza ridotta dello stendimento.

Sono stati realizzati **n.5 shot** sia a **2.0 m** sia a **4.0 m** dal primo ricevitore per ogni lato dello stendimento (tiri reciproci).

Come sistema di trigger per fornire il tempo zero all'acquisitore è stato utilizzato un geofono start.

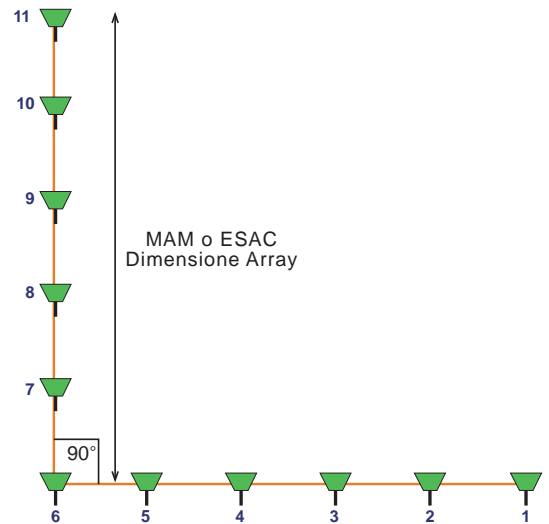


Per l'**ESAC** è stato predisposto un "array 2D a forma di L", con rami a 90° della stessa lunghezza, complessivamente dotato di **11 canali** collocati alla **distanza di 10.0 m**.

Tale procedura è stata adottata al fine di ridurre al minimo gli effetti negativi riconducibili a segnali non isotropici, ossia unidirezionali.

I parametri di campionamento adottati sono i seguenti:

- ◇ **MASW** – periodo = 333 m/s (frequenza=3000 Hz); tempo di registrazione 1.0 s, 1.5 s e 2.0 s;
- ◇ **ESAC** – periodo = 2 m/s (frequenza = 500 Hz); tempo di registrazione 30.0 s; numero di registrazioni = 30; vista la predisposizione di un array 2D non si è ovviamente provveduto a ruotare di 90° lo stendimento sismico.



#### ◆ **INTERPRETAZIONE - ANALISI CONGIUNTA MASW ed ESAC**

I dati sismici migliori, tra gli acquisiti, sono stati elaborati utilizzando il software *SeisImager/2DTM/SW* (Surface Wave Analisi WizardTM) della *OYO/Geometrics*.

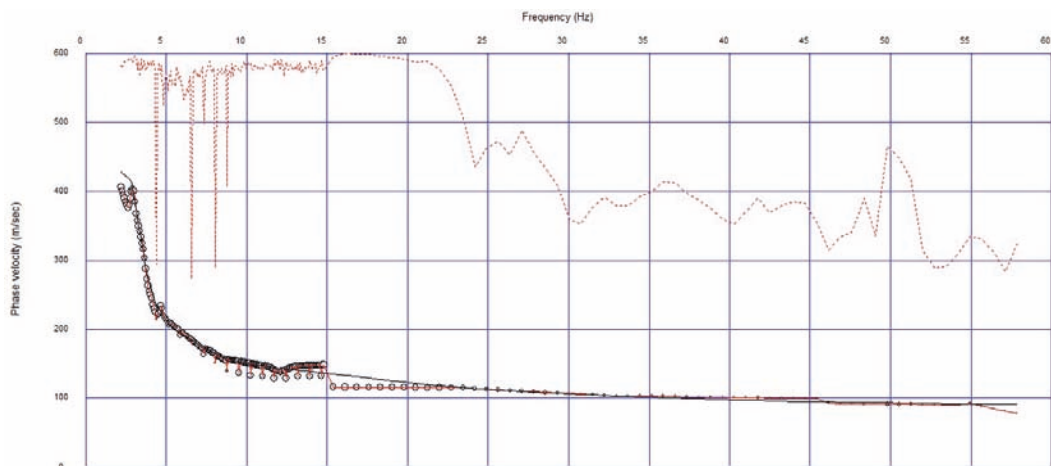
Le indagini MASW ed ESAC hanno quindi permesso di confrontare e abbinare le relative curve di dispersione rispettivamente attiva e passiva.

I dati a frequenza più alta generati dalla sorgente attiva (MASW), che viaggiano attraverso profondità minori, sono stati confrontati e combinati con i dati a frequenza più bassa, generati dai microtremiti (ESAC), che viaggiano attraverso una maggiore profondità.

L'associazione di entrambe le metodologie d'indagini sopra indicate ha pertanto permesso di ottenere un profilo di Vs/z il quanto più possibile attendibile e profondo.

*Si precisa che la tavola contenente i grafici relativi alle singole elaborazioni della MASW e dell'ESAC è riportata in allegato.*

Le tecniche MASW ed ESAC hanno quindi fornito delle curve di dispersione perfettamente allineabili e congruenti.

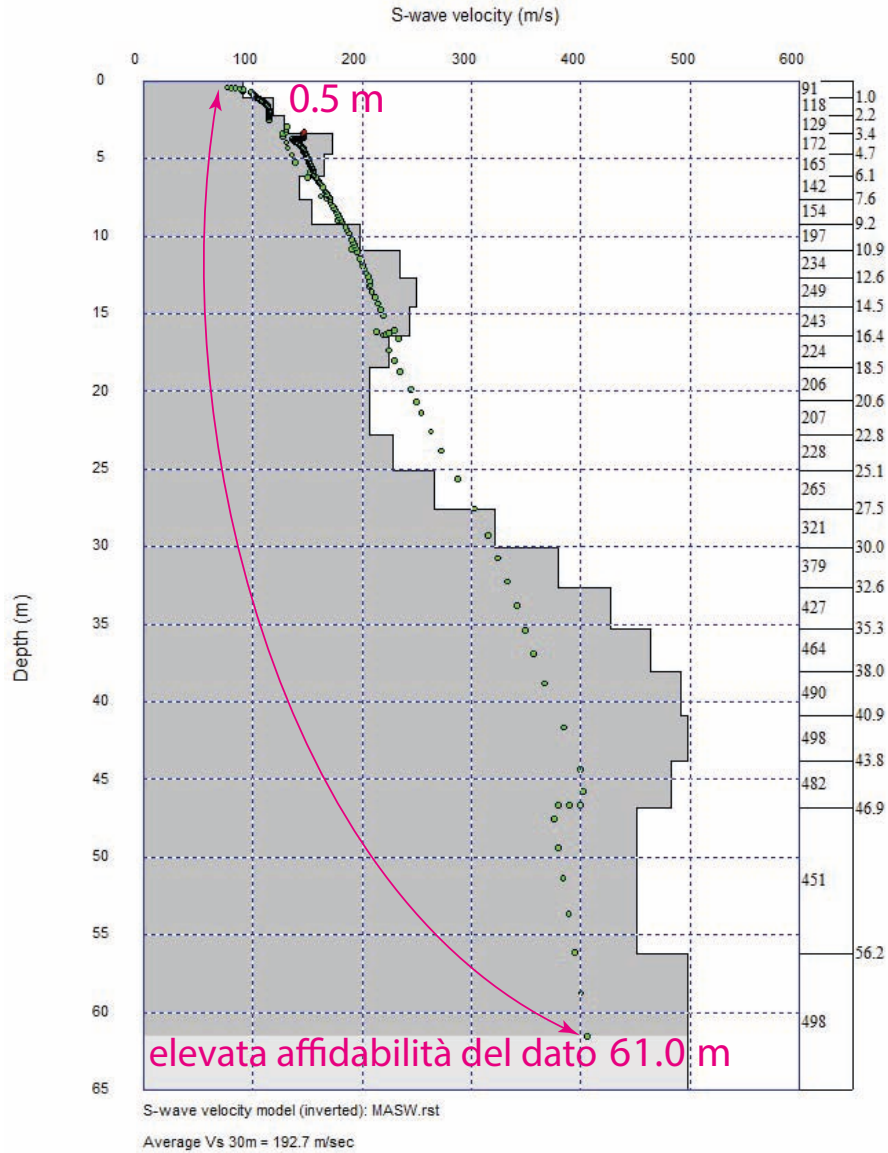


*curve di dispersione misurate congiunte*

Pertanto, al fine di ottenere un profilo di velocità il quanto più possibile affidabile e profondo, è stata svolta un'analisi congiunta masw-esac in grado di coniugare i benefici delle due tecniche in un unico ambiente.



Le onde sismiche superficiali consentono quindi di definire un profilo Vs/z molto attendibile fino alla profondità di circa 61 m.

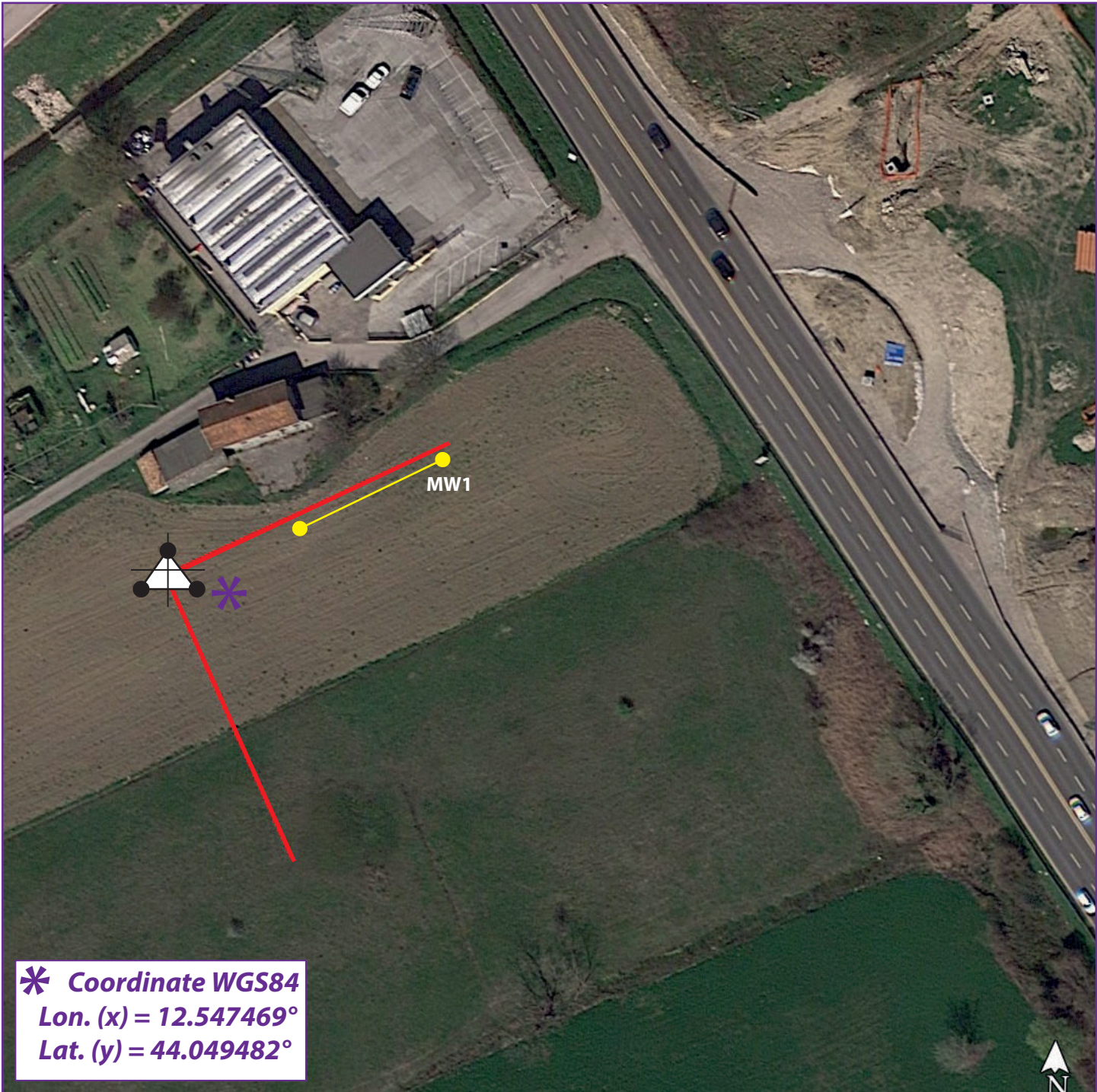


profilo Vs/z definito al piano di campagna

IL GEOLOGO  
Dott. Gianni AMANTINI  
Iscritto al n.754  
dell'Ordine della Regione Toscana
















\* Coordinate WGS84  
 Lon. (x) = 12.547469°  
 Lat. (y) = 44.049482°

## CARTA DELLE INDAGINI (base foto aerea)

cartografia non georeferenziata e fuori scala

### Legenda

#### Indagini Geologiche in Sito

-  - Sondaggio con con carotaggio continuo
-  - Sondaggio con piezometro
-  - Sondaggio con inclinometro
-  - Trincea o Pozzetto Esplorativo
-  - Prova Penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
-  - Prova Penetrometrica statica con punta elettrica (CPTe)
-  - Prova Penetrometrica dinamica superpesante (DPSH)
-  - Prova Penetrometrica dinamica media (DPM)
-  - Piezometro tipo Norton

#### Indagini Geofisiche

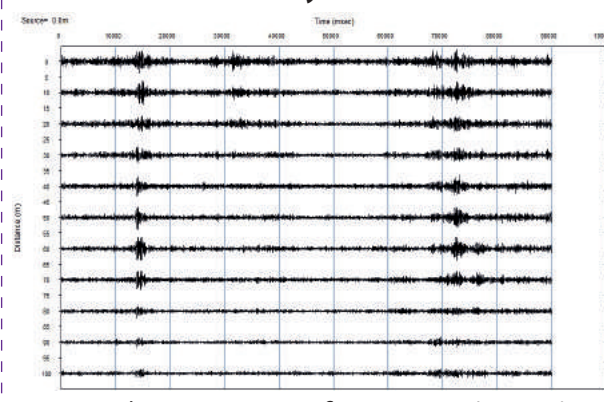
-  - Profilo sismico a Rifrazione
-  - Profilo sismico con Onde di Rayleigh (MASW)
-  - Profilo sismico a Riflessione (MARW)
-  - Array sismico ESAC (antenna sismica)
-  - Prova sismica in foro tipo Down Hole
-  - Stazione microtremore a stazione singola (HVSR) eseguita con sensore a 4.5 Hz
-  - Stazione microtremore a stazione singola (HVSR) eseguita con sensore a 0.5 Hz



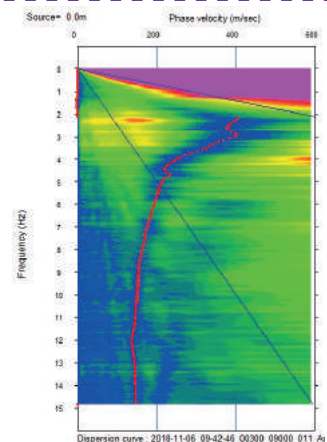
## Elaborazione Microtremor Array Measurement (Metodo MAM con Array 2D - ESAC)



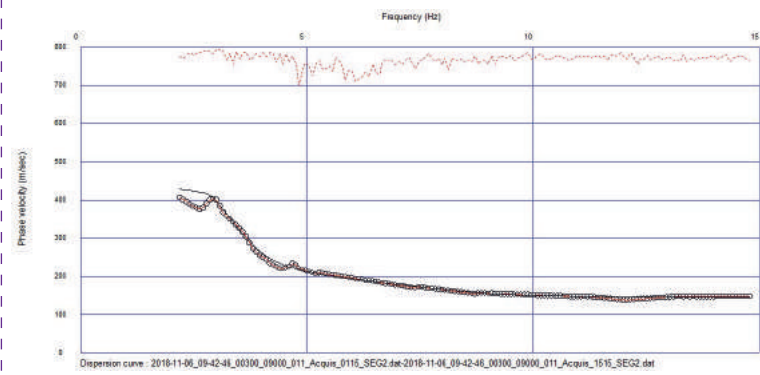
Array 2D - Antenna Sismica



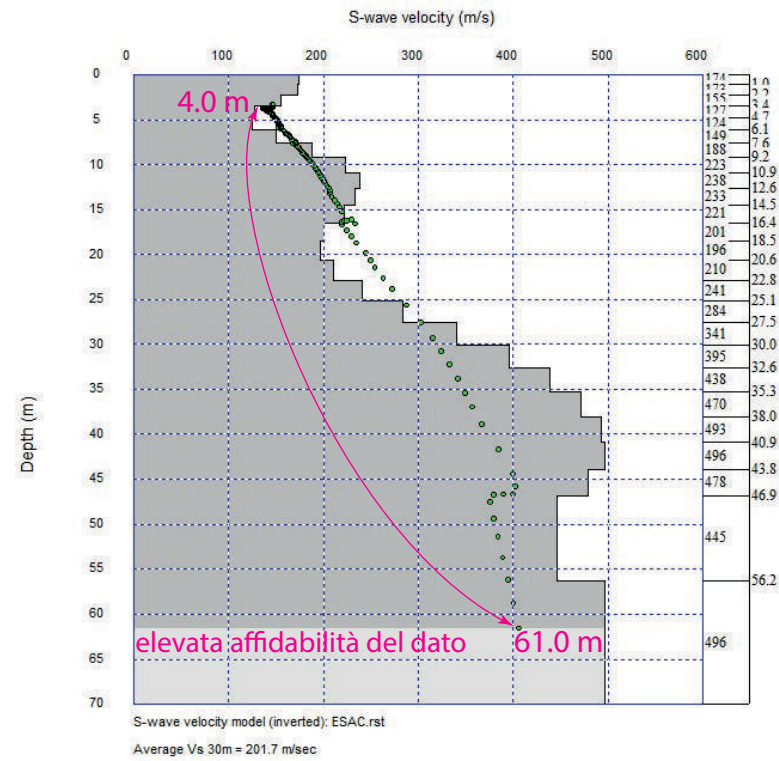
segnale registrato in finestra n.1 (60 sec)



spettro di velocità



curva di dispersione

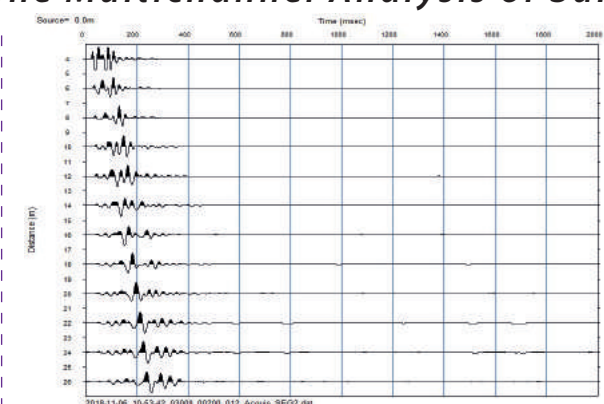


profilo Vs/z definito al piano di campagna

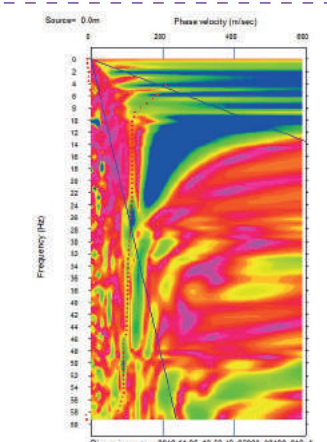
## Elaborazione Multichannel Analysis of Surface Waves (Metodo MASW)



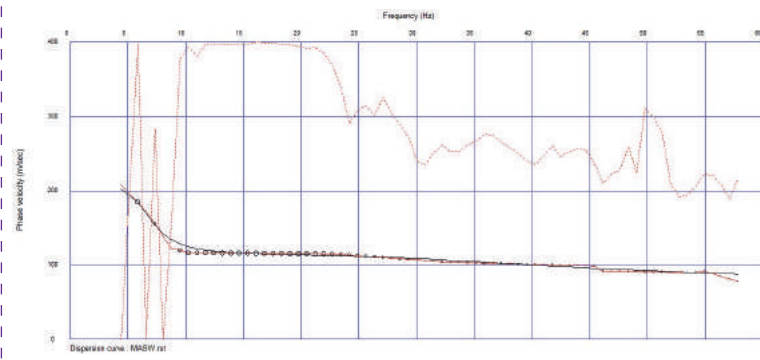
Array 1D



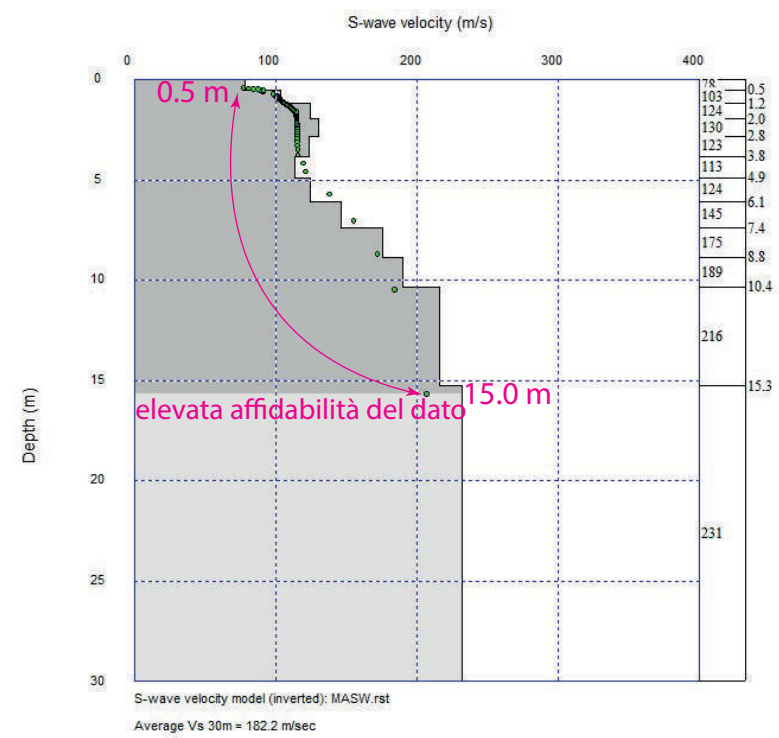
segnale registrato



spettro di velocità



curva di dispersione



profilo Vs/z definito al piano di campagna

## Indagini MASW e MAM (ESAC)

IDENTIFICATIVO: MASW 1+ESAC 1

REGIONE: Emilia Romagna

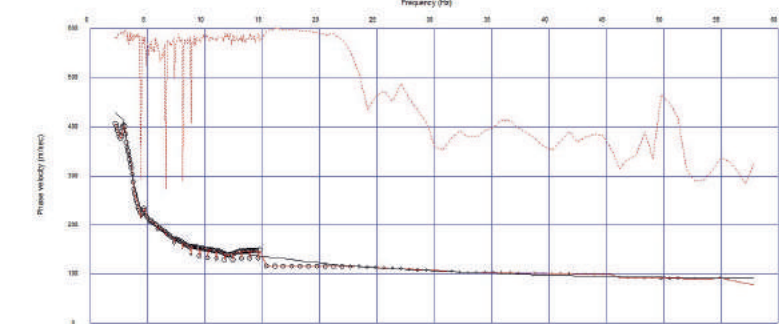
COMUNE: Rimini LOCALITÀ: Ponte sul Mavone

DATA DI ESECUZIONE: Novembre 2018

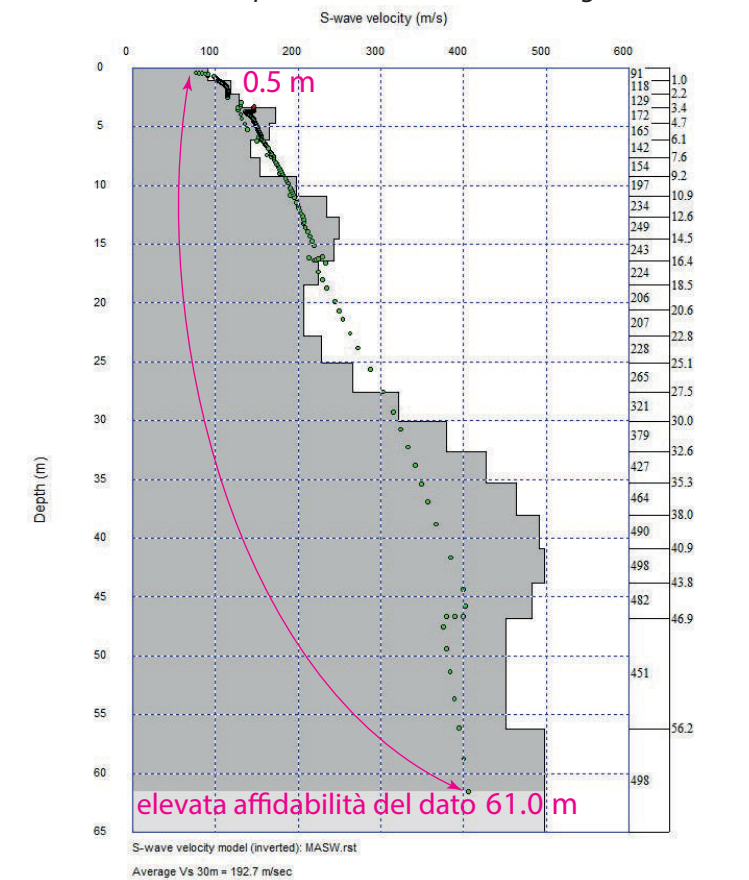
COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84 DELL' ARRAY

Latitudine: 44.049482° ↔ Longitudine: 12.547469°

## Elaborazione Congiunta MASW + ESAC



curve di dispersione misurate congiunte



profilo Vs/z definito al piano di campagna

Dott. Geol. Gianni AMANTINI

GEOTERRE Studio

Tel: 3358049377 mail: geoterre.1@libero.it PEC: geoterre.studio@epap.sicurezza postale.it

Via Guido Monaco n.6 - 52032 Badia Tedalda (AR) -- Viale Osimo n.363 - 52037 Sansepolcro (AR) -- Via Cà Rosello n.32 - 47863 Novafeltria (RN)

**Allegato 5**

**RELAZIONE INDAGINE GEOFISICA HVSR**

INDAGINE GEOFISICA

SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

### Cenni sul metodo HVSR

Il metodo si basa sul rilievo delle componenti orizzontali (H) e verticali (V) del moto delle onde di superficie del *rumore sismico ambientale*. Il rumore ambientale, cioè l'insieme delle piccole vibrazioni che percuotono il suolo, è presente permanentemente in ogni sito della superficie terrestre. La sua origine ha cause naturali, ad esempio legata all'azione delle onde oceaniche, o artificiali (fra le più comuni cause il traffico veicolare o le attività industriali). Tali sollecitazioni generano onde di superficie (onde di Rayleigh) che sono di bassa energia ed hanno ampiezze che vanno da un centesimo ad un decimillesimo di millimetro ( $10^{-2}$ ÷ $10^{-4}$  mm); si parla genericamente di microsismica qualora la loro frequenza sia inferiore a 0.5 Hz e di microtremore (che è primariamente di origine antropica) in caso contrario.

Il rumore sismico è utilizzabile per ottenere informazioni sul sottosuolo, in quanto la propagazione delle onde risponde alle leggi fisiche sulla risonanza; tale fenomeno è indotto anche dalla stratigrafia del terreno. Lo studio del rumore sismico, in termini dei rapporti spettrali H/V, può rispondere quindi alle necessità di indagine il sottosuolo consentendo, attraverso l'utilizzo di strumenti di facile impiego, relativamente economici, e di appropriate metodologie (Nakamura 1989), di ottenere informazioni sulla stratigrafia o sulla propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo (velocità delle onde di taglio  $V_s$ ).

Il metodo di Nakamura (1989) si basa sul rapporto degli spettri di Fourier della componente del rumore sul piano orizzontale (H) e della componente sul piano verticale (V) (fig.3). Il rapporto fra tali componenti varia in funzione della frequenza, massimizzandosi in corrispondenza delle frequenze di risonanza determinate dalle caratteristiche del sistema bedrock-copertura.

Il principio su cui si fonda il metodo è relativamente semplice: in un sistema 2d, con suolo rigido e copertura di spessore  $h$ , la frequenza caratteristica  $f$  vale  $f = V_s/(4h)$  dove  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio. Tale equazione deriva dal fatto che un'onda che si propaga in uno strato superficiale viene riflessa dall'interfaccia con lo strato sottostante, entrando in interferenza costruttiva con le onde incidenti e sommandosi ad esse qualora la loro lunghezza d'onda ( $\lambda$ ) sia quattro volte lo spessore dello strato superficiale ( $\lambda = 4h$ ).

L'esito della prima elaborazione delle registrazioni del rumore sismico (rapporto fra gli spettri di Fourier), è il grafico del rapporto H/V in funzione della frequenza, in cui le oscillazioni (picchi) di H/V in termini di ampiezza e frequenza dipendono dalla stratigrafia e dalla velocità delle onde di taglio negli strati del sottosuolo. In altri termini, l'andamento del grafico, è funzione dallo spessore degli strati e dall'entità del contrasto di impedenza sismica fra di essi (l'impedenza sismica è il prodotto fra la velocità di propagazione delle onde  $s$  e la densità del mezzo).

In estrema sintesi la posizione ed il valore di un picco H/V dipende dalla profondità ( $h$ ) del contrasto di impedenza che lo ha indotto, e dal valore della velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) nei due strati. E' ovvio quindi che per la corretta elaborazione dei dati occorre fissare uno di questi ultimi due parametri per ricavare l'altro; nota la profondità dello strato si ricava la velocità o vice versa.

Nei casi reali, anche quelli in cui la stratigrafia non può essere ricondotta ad un sistema elementare bedrock-copertura, è sufficiente la conoscenza della  $V_s$  del primo strato di sottosuolo o l'identificazione della profondità del primo contrasto di impedenza sismica, per la determinazione di spessori e velocità  $V_s$  dei successivi orizzonti litologici e/o sismici.

### Lo strumento

La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo di un tromometro digitale "TROMINO®" (brevetto internazionale della Micromed SpA) (fig.1). Lo strumento è estremamente compatto e (10x14x8 cm) e leggero (1.1 kg) e consente la misura di microtremore nel range di frequenza compreso fra 0.1 e 200 Hz

Lo strumento è dotato di tre sensori velocimetrici elettrodinamici ortogonali ad alta risoluzione, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore. L'ancoraggio al suolo avviene tramite l'infissione di appositi piedini; l'orizzontalità è controllata per mezzo di una bolla sferica.

Su memoria interna (1Gb) vengono salvati in un unico file i dati rilevati in automatico; si tratta delle velocità misurate secondo le direzioni ortogonali Est-Ovest, Nord-Sud (dello strumento) e sulla verticale.

### Il software

Il trasferimento dati dallo strumento al pc, avviene successivamente all'acquisizione per mezzo di un cavo usb, grazie software "Grilla" a cui si è già accennato. Questo consente l'archiviazione ed il trattamento dei dati. I dati, fra l'altro, possono essere eventualmente "ripuliti" per la presenza di tracce disturbate, filtrati in funzione della loro dispersione espressa in termini di deviazione standard, è possibile imporre un "lisciamiento" (smoothing) alle curve per smorzarne le spigolosità, imporre l'ampiezza delle finestre temporali di analisi in funzione della frequenza minima di interesse, decidere l'intervallo di analisi in frequenza. Grazie a queste operazioni preliminari è possibile la corretta interpretazione della curva sperimentale H/V (fig.2) che grilla genera e quindi l'elaborazione delle curve H/V di sintesi.

Il fulcro del metodo è infatti la definizione di un "modello sismico" del sottosuolo, espresso in termini di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , spessori, peso specifico e rapporti di Poisson, che, in coerenza con le informazioni stratigrafiche e geotecniche, sia tale da generare una curva H/V allineata con la curva H/V rilevata (fig.6).



Fig. 1 Tromino



Grilla esegue inoltre un controllo di qualità sui dati e sulla loro elaborazione sulla base dei criteri dettati dal Progetto SESAME (Site Effect Assessment using Ambient Excitations 2005) nelle Linee Guida 2005 ([http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV\\_User\\_Guidelines.pdf](http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Papers/HV_User_Guidelines.pdf)), riportando i risultati nella tabella che chiude l'elaborazione. I primi tre criteri riguardano l'ampiezza della misura e il numero delle finestre di analisi necessarie per avere una affidabile curva HVSR e devono essere tutti soddisfatti. La qualità e rappresentatività del picco analizzato è ritenuta soddisfacente se dei successivi sei criteri esaminati almeno cinque sono positivi.

Si illustrano brevemente nel seguito, le elaborazioni grafiche prodotte da *grilla* e riportate nel seguito relativamente al caso trattato.

Il grafico di figura 2 descrive l'andamento del rapporto fra le componenti orizzontali e verticali del moto in funzione della frequenza.

Il grafico di figura 3, H/V SERIE TEMPORALE, rappresenta l'intensità H/V con diverse sfumature di colori in funzione della frequenza e per ognuna delle finestre di acquisizione (finestre della durata di 12 secondi per un tempo totale di 20 minuti). Permette di individuare se sono presenti finestre anomale, disturbate, e quindi eventualmente di escluderle dall'analisi (fasce oscurate in nero).

Il grafico di figura 4 DIREZIONALITA' H/V rappresenta la proiezione del HVSR lungo le diverse direzioni, da 0° a 180° in senso orario, dove 0° rappresenta la direzione del Nord segnato sullo strumento (da 180° a 360° i risultati sono simmetrici). Questo permette di rilevare se la media HVSR è influenzata fortemente da una delle due componenti orizzontali e quindi può indicare eventuali anisotropie del sottosuolo o sorgenti di particolari di rumore.

Il grafico di figura 4, SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI mostra l'andamento delle singole componenti nelle tre direzioni (N-S; E-O; Verticale). L'analisi dei tracciati, il confronto con lo spettro H/V, consente la corretta interpretazione del profilo sperimentale H/V riportato in figura 7.

#### Elaborazione HVSR

L'indagine consta di successivi rilievi da 26 minuti circa, eseguiti ruotando lo strumento di 90 gradi sul piano orizzontale per discriminare univocamente eventuali sorgenti puntiformi di disturbo.

La stratigrafia è studiata sulla base del sondaggio, delle prove penetrometriche, delle indagini geofisiche (DH ed ESAC) e grazie al database dei dati geognostici della Regione Emilia Romagna.

I fenomeni di amplificazione sono legati al contrasto di impedenza generati dall'intervallo ghiaioso presente a circa 15.5 metri dal pc, quindi ai successivi orizzonti ghiaiosi profondi.

Per quanto riguarda i criteri di qualità dettati dalle Linee Guida 2005 SESAME (Tab.2), risultano soddisfatti quelli relativi all'affidabilità della curva H/V e disattesi diversi di quelli relativi alla chiarezza del picco. Il terzo criterio richiederebbe  $A_0 > 2$ , il quarto e quinto criterio riguardano la deviazione dalla media delle singole stringhe rilevate.

Gli esiti delle elaborazioni eseguite, restituiscono valori di  $V_{seq}$  (calcolato dal pc) pari a 215 m/s.



**RIMINI PONTE VALENTI, ARGINE DX**

Strumento: TRZ-0129/01-10

Formato dati: 16 byte

Inizio registrazione: 29/11/18 11:06:10 Fine registrazione: 29/11/18 11:32:10

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 30 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10 %

Fig. 2 RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

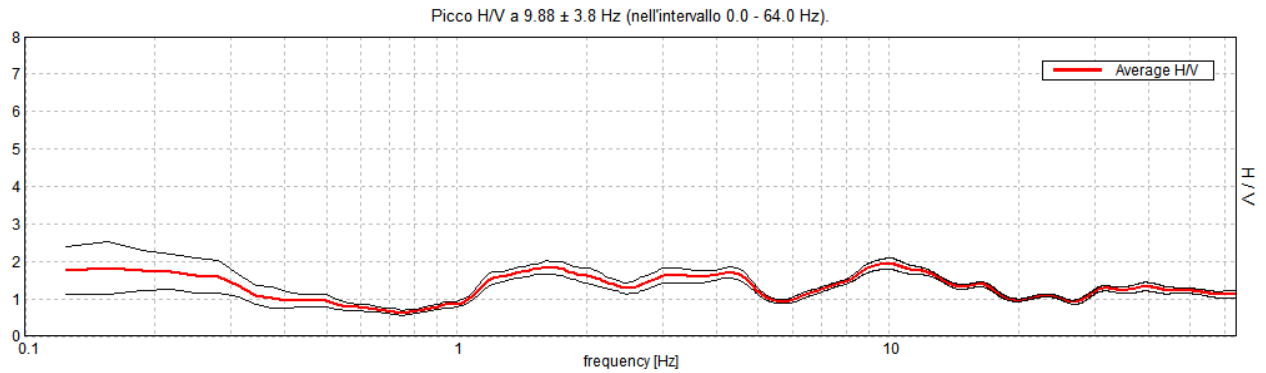
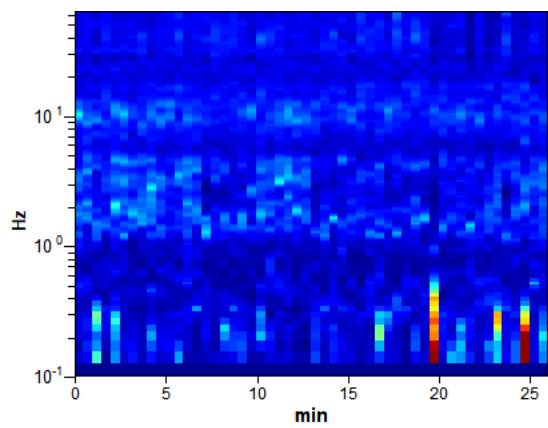


Fig. 3 SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

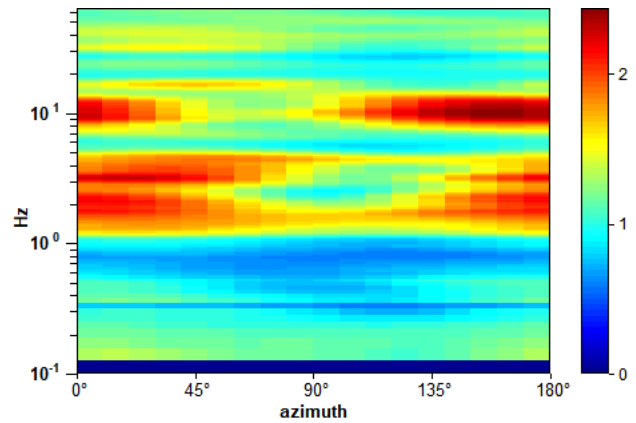


Fig. 4 SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

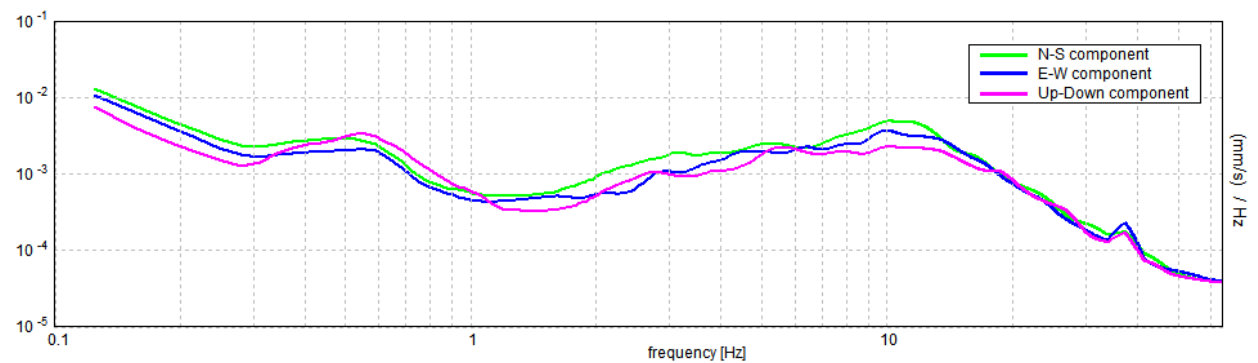
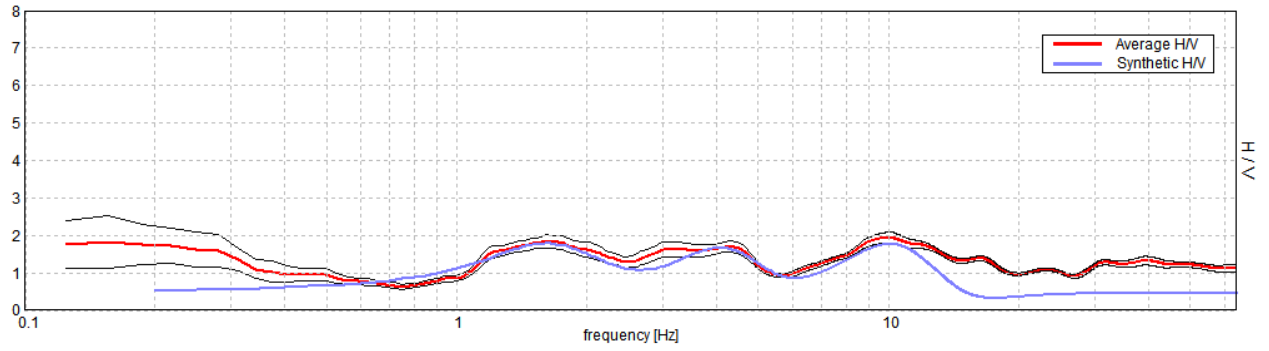


Fig. 5

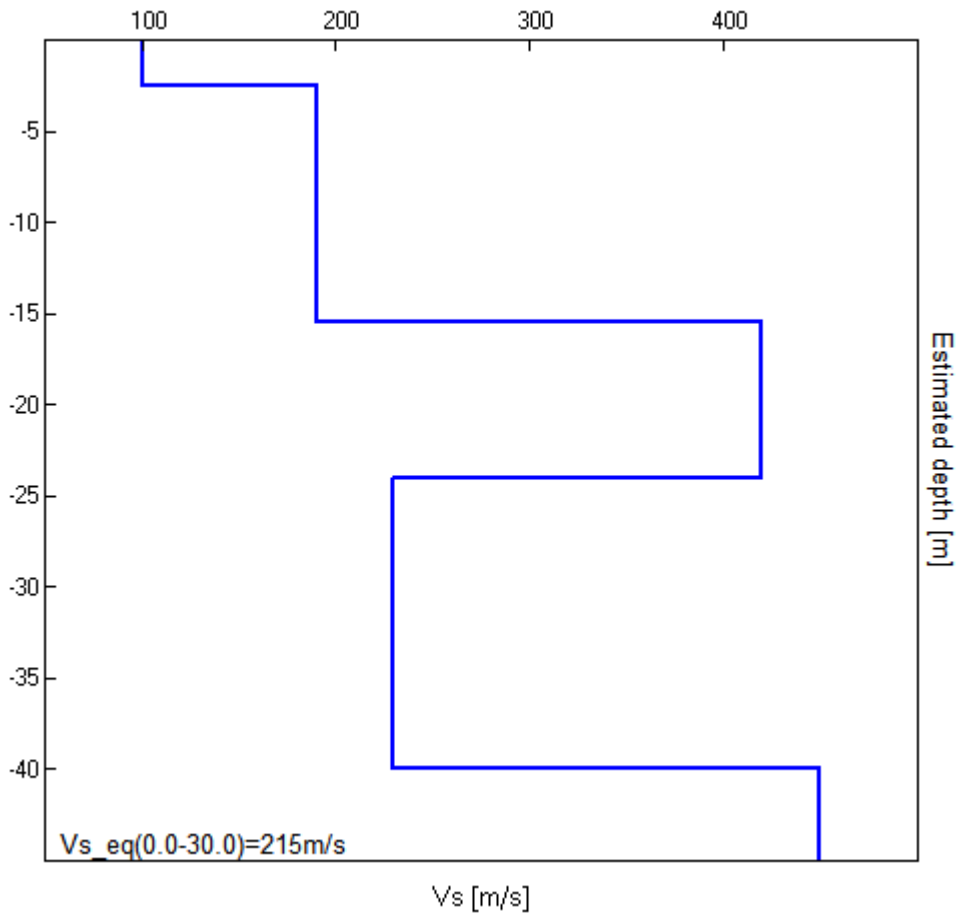
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a  $9.88 \pm 3.8$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]
2.50	2.50	100
15.50	13.00	190
24.00	8.50	420
40.00	16.00	230
inf	Inf.	450

Vs(0.0-30.0)=215 m/s



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

**Picco H/V a  $9.88 \pm 3.8$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$9.88 > 0.33$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$15405.0 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 475	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

<b>Esiste <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	5.969 Hz	<b>OK</b>	
<b>Esiste <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	19.938 Hz	<b>OK</b>	
<b><math>A_0 &gt; 2</math></b>	$1.93 > 2$		<b>NO</b>
<b><math>f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%</math></b>	$ 0.38434  < 0.05$		<b>NO</b>
<b><math>\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)</math></b>	$3.79531 < 0.49375$		<b>NO</b>
<b><math>\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)</math></b>	$0.1445 < 1.58$	<b>OK</b>	

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

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

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



**Allegato 6**

**ANALISI DI LABORATORIO**





## LABORATORIO GEOTECNICO

del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>1</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>3,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>4,00</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Verbale accettazione	342/18
Data certificati	27.11.2018	Procedura operativa	

### SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE				LIMITI DI ATTERBERG			
Contenuto in acqua	Wn	<b>27,21</b>	%	Limite di liquidità	LL	<b>37,5</b>	%
Peso di volume umido	$\gamma$	<b>1,99</b>	g/cmc	Limite di plasticità	LP	<b>22</b>	%
Peso di volume secco	$\gamma_d$	<b>1,56</b>	g/cmc	Limite di ritiro	LR		%
Peso specifico	G		g/cmc	Indice liquido	IL	<b>0,34</b>	
Indice dei vuoti	e			Indice plastico	IP	<b>15,5</b>	
Porosità	n		%	Indice di consistenza	IC	<b>0,66</b>	
Umidità di saturazione	Wsat		%	Indice di ritiro	IS		
Grado di saturazione	Sr		%	Grado di attività	A		
Tenore CaCO <sub>3</sub>			%	Sensibilità	St		
GRANULOMETRIA				RESISTENZA A COMPRESIONE			
Ciottoli	C		%	Compressione semplice (ELL)	$\sigma_c$		KPa
Ghiaia	G		%		Deformazione a rottura	ev	
Sabbia	S	<b>13,80</b>	%	PP-VT			
Limo+argilla	L+A		%	Pocket penetrometer	da	a	
Limo	L	<b>58,7</b>	%		PP	<b>200</b>	<b>230</b>
Argilla	A	<b>27,5</b>	%	Vane Test	VT	<b>90</b>	<b>90</b> KPa
Coeff. di uniformità	U						
Classificazione CNR-UNI 10006							
PROVA DI TAGLIO DIRETTO							
Test CD	Angolo di attrito	$\varphi'$	°	Coesione efficace	$c'$		KPa
Test CU	Angolo di attrito	$\varphi_{cu}$	°	Coesione non drenata	cu		KPa
Test CR	Angolo di attrito	$\varphi_r$	°	Coesione residua	cr		KPa
PROVA DI COMPRESIONE TRIASSIALE							
Test CD	Angolo di attrito	$\varphi'$	°	Coesione efficace	$c'$		KPa
Test CU	Angolo di attrito	$\varphi_{cu}$	°	Coesione non drenata	ccu		KPa
Test CR	Angolo di attrito	$\varphi_{uu}$	°	Coesione non drenata	cuu		KPa
PROVA EDOMETRICA							
Modulo edometrico	Ed		KPa	Gradino di carico	$\sigma$		KPa
Coeff. di consolidazione	Cv		cmq/sec	Indice di rigonfiamento	Cs		
Coeff. di compress. edom.	Mv		mq/KN				
Coeff. di permeabilità	K		m/sec	Coeff. di cons. second.	Ca		%

Note:

Lo Sperimentatore Dr. Marino Mularoni  
Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. Marino Mularoni





## LABORATORIO GEOTECNICO

del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>8,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>9,10</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Verbale accettazione	343/18
Data certificati	27.11.2018	Procedura operativa	

### SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE				LIMITI DI ATTERBERG			
Contenuto in acqua	Wn	<b>36,67</b>	%	Limite di liquidità	LL	<b>33,7</b>	%
Peso di volume umido	$\gamma$	<b>1,96</b>	g/cmc	Limite di plasticità	LP	<b>N.P.</b>	%
Peso di volume secco	$\gamma_d$	<b>1,43</b>	g/cmc	Limite di ritiro	LR		%
Peso specifico	G		g/cmc	Indice liquido	IL		
Indice dei vuoti	e			Indice plastico	IP		
Porosità	n		%	Indice di consistenza	IC		
Umidità di saturazione	Wsat		%	Indice di ritiro	IS		
Grado di saturazione	Sr		%	Grado di attività	A		
Tenore CaCO <sub>3</sub>			%	Sensibilità	St		
GRANULOMETRIA				RESISTENZA A COMPRESSIONE			
Ciottoli	C		%	Compressione semplice (ELL)	$\sigma_c$		KPa
Ghiaia	G		%	Deformazione a rottura	ev		%
Sabbia	S	<b>46,70</b>	%	PP-VT			
Limo+argilla	L+A		%	Pocket penetrometer	PP	<b>80</b>	<b>120</b> KPa
Limo	L	<b>44,1</b>	%	Vane Test	VT	<b>30</b>	<b>50</b> KPa
Argilla	A	<b>9,3</b>	%				
Coeff. di uniformità	U						
Classificazione CNR-UNI 10006							
PROVA DI TAGLIO DIRETTO							
Test CD	Angolo di attrito	$\phi'$	°	Coesione efficace	c'		KPa
Test CU	Angolo di attrito	$\phi_{cu}$	°	Coesione non drenata	cu		KPa
Test CR	Angolo di attrito	$\phi_r$	°	Coesione residua	cr		KPa
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE							
Test CD	Angolo di attrito	$\phi'$	°	Coesione efficace	c'		KPa
Test CU	Angolo di attrito	$\phi_{cu}$	°	Coesione non drenata	ccu		KPa
Test CR	Angolo di attrito	$\phi_{uu}$	°	Coesione non drenata	cuu		KPa
PROVA EDOMETRICA							
Modulo edometrico	Ed		KPa	Gradino di carico	$\sigma$		KPa
Coeff. di consolidazione	Cv		cmq/sec	Indice di rigonfiamento	Cs		
Coeff. di compress. edom.	Mv		mq/KN				
Coeff. di permeabilità	K		m/sec	Coeff. di cons. second.	Ca		%

Note:

Lo Sperimentatore Dr. Marino Mularoni  
Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. Marino Mularoni





## LABORATORIO GEOTECNICO

del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Verbale accettazione	344/18
Data certificati	27.11.2018	Procedura operativa	

### SOMMARIO DELLE CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE

CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE				LIMITI DI ATTERBERG			
Contenuto in acqua	Wn	<b>29,36</b>	%	Limite di liquidità	LL	<b>41,3</b>	%
Peso di volume umido	$\gamma$	<b>1,99</b>	g/cmc	Limite di plasticità	LP	<b>23,7</b>	%
Peso di volume secco	$\gamma_d$	<b>1,54</b>	g/cmc	Limite di ritiro	LR		%
Peso specifico	G		g/cmc	Indice liquido	IL	<b>0,32</b>	
Indice dei vuoti	e			Indice plastico	IP	<b>17,6</b>	
Porosità	n		%	Indice di consistenza	IC	<b>0,68</b>	
Umidità di saturazione	Wsat		%	Indice di ritiro	IS		
Grado di saturazione	Sr		%	Grado di attività	A		
Tenore CaCO <sub>3</sub>			%	Sensibilità	St		
GRANULOMETRIA				RESISTENZA A COMPRESSIONE			
Ciottoli	C		%	Compressione semplice (ELL)	oc		KPa
Ghiaia	G		%		Deformazione a rottura	ev	
Sabbia	S	<b>8,20</b>	%	PP-VT			
Limo+argilla	L+A		%	Pocket penetrometer	da	a	
Limo	L	<b>67,9</b>	%		PP	<b>140</b>	<b>180</b>
Argilla	A	<b>23,9</b>	%	Vane Test	VT	<b>60</b>	<b>80</b> KPa
Coeff. di uniformità	U						
Classificazione CNR-UNI 10006							
PROVA DI TAGLIO DIRETTO							
Test CD	Angolo di attrito	$\varphi'$	°	Coesione efficace	c'		KPa
Test CU	Angolo di attrito	$\varphi_{cu}$	°	Coesione non drenata	cu		KPa
Test CR	Angolo di attrito	$\varphi_r$	°	Coesione residua	cr		KPa
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE							
Test CD	Angolo di attrito	$\varphi'$	°	Coesione efficace	c'		KPa
Test CU	Angolo di attrito	$\varphi_{cu}$	°	Coesione non drenata	ccu		KPa
Test CR	Angolo di attrito	$\varphi_{uu}$	°	Coesione non drenata	cuu		KPa
PROVA EDOMETRICA							
Modulo edometrico	Ed		KPa	Gradino di carico	$\sigma$		KPa
Coeff. di consolidazione	Cv		cmq/sec	Indice di rigonfiamento	Cs		
Coeff. di compress. edom.	Mv		mq/KN				
Coeff. di permeabilità	K		m/sec	Coeff. di cons. second.	Ca		%

Note:



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

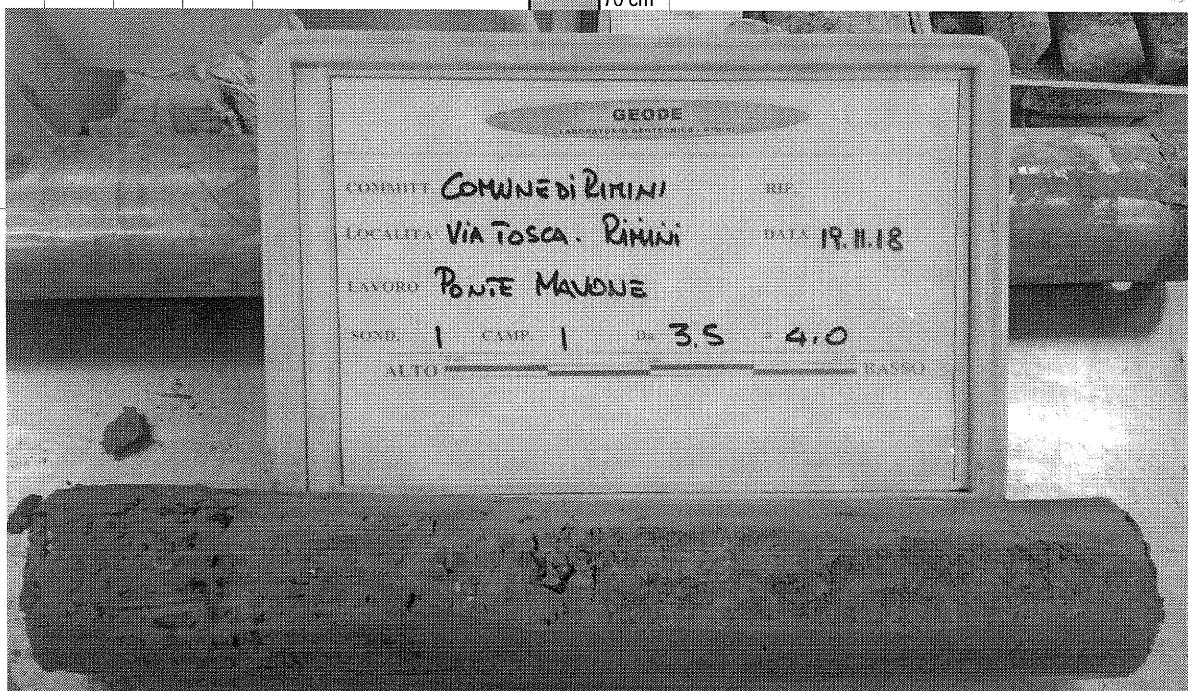
COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>1</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>3,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>4,00</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	342/18
Data esecuzione prova	19.11.2018	Procedura operativa	IST 06/01

**APERTURA E DESCRIZIONE CAMPIONI (ASTM 2488 - AGI 1977)**

Contenitore	fustella metallica	Diametro campione	84 mm
Classe di qualità (AGI 1977)	Q5	Lunghezza campione	46 cm

PP		VT		PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO		DESCRIZIONE LITOLOGICA
da	a	da	a			
	2,3		0,9	Volumetriche	10 cm	Limo argilloso-sabbioso grigio. Primi 15 cm: rimaneggiato.
	2,0		0,9	Aerometria	20 cm	
				Limiti di Atterberg	30 cm	
	2,3		0,9	Taglio Casagrande CD	40 cm	
					50 cm	
					60 cm	
					70 cm	



Certificato n. **342/18.1**  
Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore  
Dr. Geol. Marino Mularoni

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>1</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	da m	<b>3,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>4,00</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	342/18
Data esecuzione prova	19.11.2018	Procedura operativa	

**PARAMETRI CALCOLATI***sulla base dei risultati di prova*

## DATI MISURATI

<i>Peso di volume naturale</i>	$\gamma$	<b>1,99</b>	Mg/m <sup>3</sup>
<i>Umidità allo stato naturale</i>	<b>W</b>	<b>27,21</b>	%
<i>Temperatura media delle prove</i>	<b>T</b>	19	°C
<i>Peso specifico dei granuli</i>	$\gamma_r$		Mg/m <sup>3</sup>

## ALTRI VALORI IMPIEGATI PER IL CALCOLO

<i>Peso specifico dell'acqua</i>	$\delta_w$	1,00	Mg/m <sup>3</sup>
----------------------------------	------------	------	-------------------

## PARAMETRI CALCOLATI

<i>peso di volume saturo</i>	$\gamma_w$		Mg/m <sup>3</sup>
<i>peso di volume secco</i>	$\gamma_d$	<b>1,56</b>	Mg/m <sup>3</sup>
<i>indice dei vuoti</i>	<b>e</b>		
<i>porosità</i>	<b>n</b>		%
<i>grado di saturazione</i>	<b>S<sub>r</sub></b>		%

Certificato n. **342/18.2**Data certificato **27.11.2018**Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni** Autorizzato dal Direttore del Laboratorio  
Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti **Dr. Geol. Marino Mularoni**



**LABORATORIO GEOTECNICO**

del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	1
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	1
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	da m	<b>3,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>4,00</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	342/18
Data esecuzione prova	19.11.2018	Procedura operativa	IST 06.02

**UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**

<i>peso umido (g)</i>	<i>peso secco (g)</i>
142,71	113,29
142,12	110,43
144,08	113,47

Umidità allo stato naturale **W 27,21 %**

Certificato n. **342/18.2**

Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni** Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**





# LABORATORIO GEOTECNICO

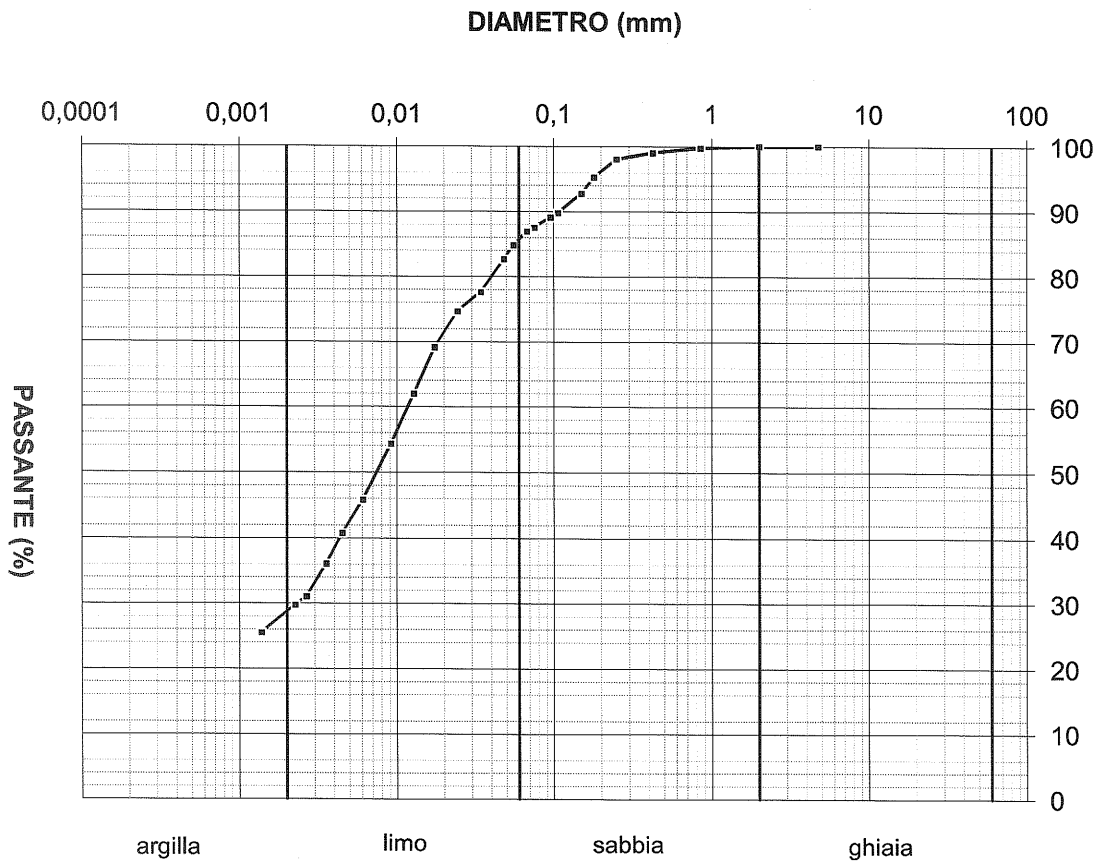
del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>1</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>3,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>4,00</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	342/18
Data esecuzione prova	19.11.2018	Procedura operativa	IST 06.06

## ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)



Descrizione AGI	<b>LIMO CON ARGILLA SABBIOSO</b>	d10 (mm)	0,0000	d15 (mm)	0,0000
		d60 (mm)	0,0120	d85 (mm)	0,0550

Classificazione UNI-CNR 10006

Coefficiente di uniformità  
(d60/d10) **U =**

Certificato n. **342/18.3**

Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni**      Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>1</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>3,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>4,00</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	342/18
Data esecuzione prova	19.11.2018	Procedura operativa	IST 06.06

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)**

peso campione alla sedimentazione (g):	40,00	densimetro utilizzato:	ASTM 151 H
temperatura di prova (°C):	18,0	peso specifico:	2,71

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
0,25	0,095	25,50	89,05
0,5	0,068	25,00	86,94
0,75	0,055	24,50	84,82
1	0,048	24,00	82,70
2	0,034	22,80	77,61
4	0,024	22,10	74,65
8	0,017	20,80	69,14
15	0,013	19,10	61,93
30	0,009	17,30	54,31
70	0,006	15,30	45,83
130	0,004	14,10	40,75
210	0,004	13,00	36,09
380	0,003	11,80	31,00
530	0,002	11,50	29,73
1440	0,001	10,50	25,49
1440	0,001	10,50	25,49

\*correzioni applicate:  
 $C_m = 0,5$   
 $C_d = 5$   
 $C_t = 0,0$

composizione granulometrica	
% ghiaia	<b>0,0</b>
% sabbia	<b>13,8</b>
% limo	<b>58,7</b>
% argilla	<b>27,5</b>

Certificato n. **342/18.3**Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore  
Dr. Geol. Marino Mularoni

Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni

Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

LABORATORIO GEOTECNICO  
RIMINI



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	1
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	1
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>3,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>4,00</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	342/18
Data esecuzione prova	19.11.2018	Procedura operativa	IST 06.06

**ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)**

## SETACCIATURA

peso terreno setacciato (g): 40

$\phi$ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
4,75	0,00	40,00	100,00
2	0,00	40,00	100,00
0,85	0,10	39,90	99,75
0,425	0,40	39,60	99,00
0,25	0,80	39,20	98,00
0,18	1,90	38,10	95,25
0,15	2,90	37,10	92,75
0,106	4,10	35,90	89,75
0,075	5,00	35,00	87,50

Certificato n. 342/18.3

Data certificato 27.11.2018

Lo Sperimentatore

Dr. Geol. Marino Mularoni

Autorizzato  
dal Ministero delle  
Infrastrutture e  
dei Trasporti

Il Direttore del Laboratorio

Dr. Geol. Marino Mularoni





**LABORATORIO GEOTECNICO**  
del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>1</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROF. da m	<b>3,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>4,00</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	342/18
Data esecuzione prova	26.11.2018	Procedura operativa	IST 06.07

### LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
12	47,68	33,74	41,32	8,37	6,86	22,01
18	60,55	43,32	39,77	8,52	6,97	22,24
26	62,02	45,21	37,18	8,27	6,79	21,8
32	61,73	44,22	35,39			

limite di ritiro			
volume umido (cm <sup>3</sup> )	peso umido (g)	volume secco (cm <sup>3</sup> )	peso secco (g)

(Umidità naturale	W	27,21	%)
-------------------	---	-------	----

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	37,50	%
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	22,00	%
LIMITE DI RITIRO	Wr		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	15,50	
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	0,34	
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	0,66	
INDICE DI RITIRO	Ir		
GRADO DI ATTIVITA'	A		

Certificato n. **322/18.4**

Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore  
Dr. Marino Mularoni



Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni



# LABORATORIO GEOTECNICO

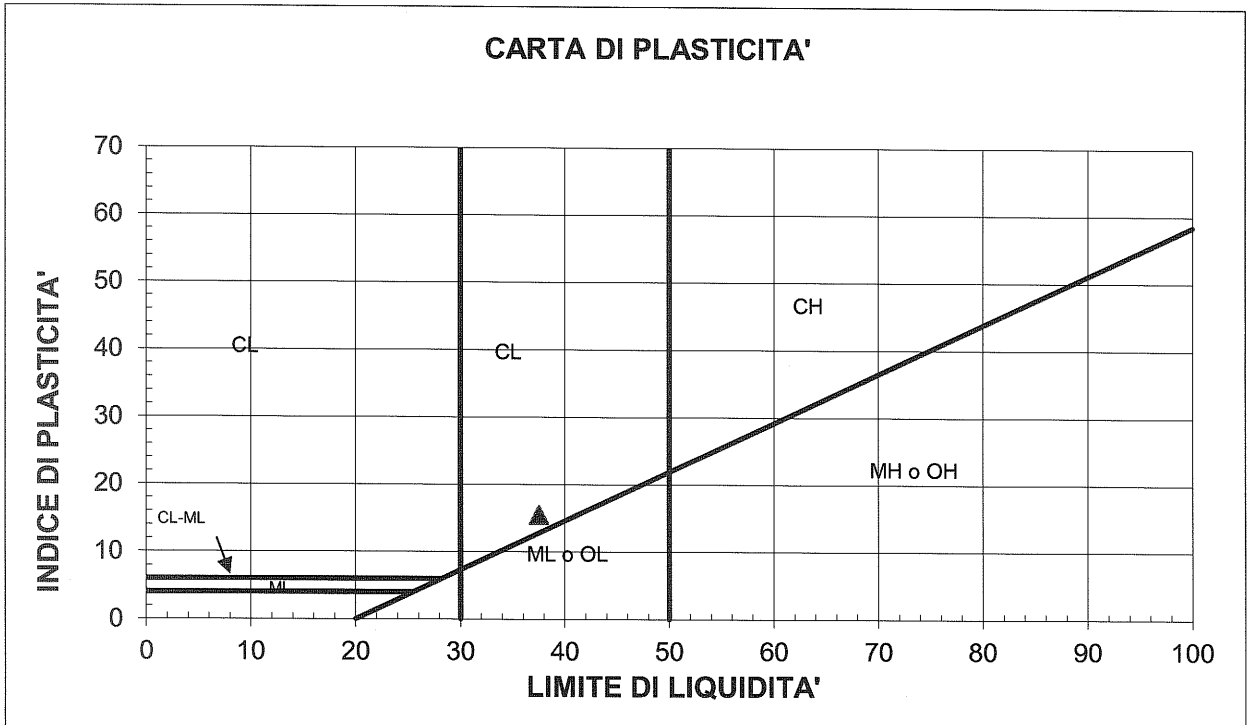
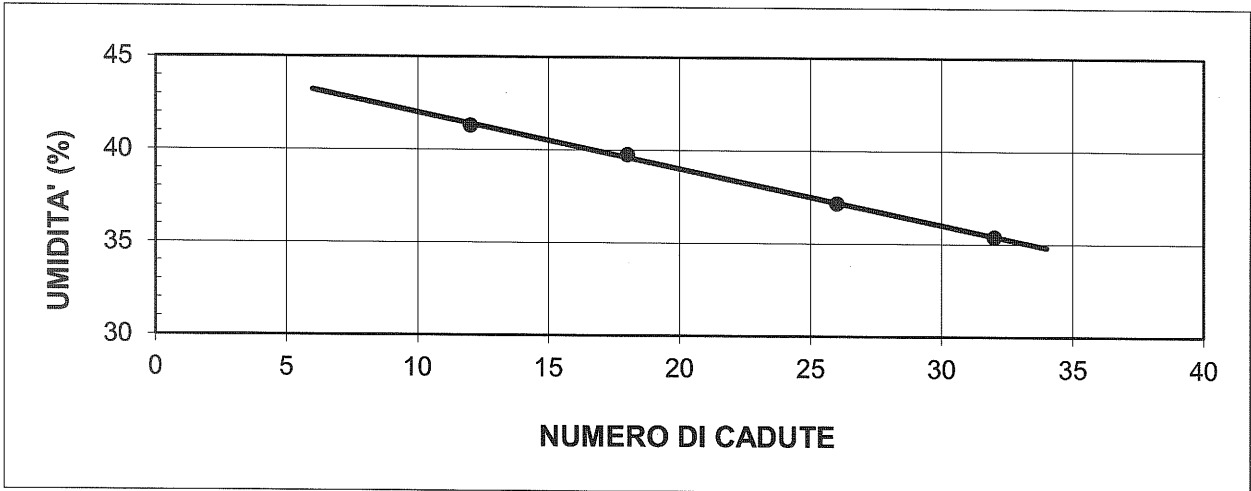
del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	1
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	1
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROF. da m	3,50
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	4,00

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	342/18
Data esecuzione prova	26.11.2018	Procedura operativa	IST 06.07



M = limi inorganici  
C = argille inorganiche  
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità  
H = alto limite di liquidità

Certificato n. **322/18.4**

Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore  
Dr. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**

del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

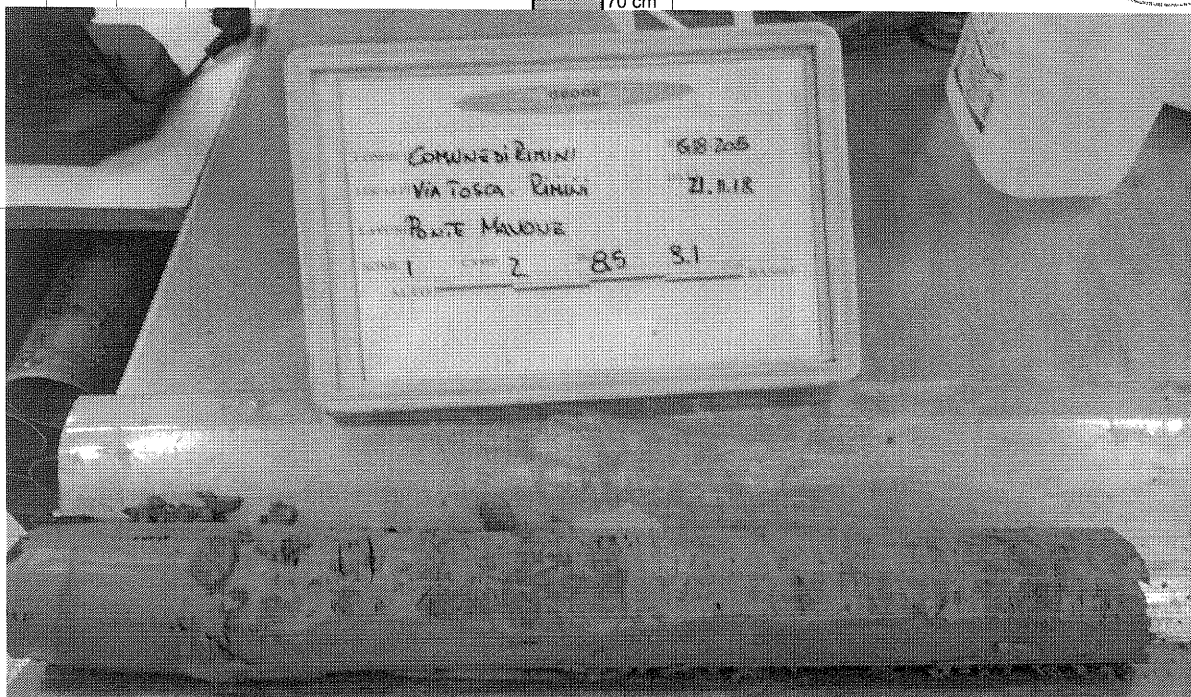
COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>8,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>9,10</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	343/18
Data esecuzione prova	21.11.2018	Procedura operativa	IST 06/01

**APERTURA E DESCRIZIONE CAMPIONI (ASTM 2488 - AGI 1977)**

Contenitore	fustella metallica	Diametro campione	84 mm
Classe di qualità (AGI 1977)	Q5	Lunghezza campione	62 cm

PP		VT		PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	DESCRIZIONE LITOLOGICA	
da	a	da	a			
	1,0		0,4	Volumetriche Granul. Cumulativa Limiti di Atterberg Taglio Casagrande CD	Sabbia limosa alternata a limo sabbioso-argilloso in livelli centimetrici.	
						10 cm
						20 cm
	1,2		0,5			30 cm
						40 cm
						50 cm
	0,8		0,3			60 cm
				70 cm		



Certificato n. **343/18.1**

Lo Sperimentatore  
Dr. Geol. *M. Mularoni*

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. *M. Mularoni*

Data certificato **27.11.2018**

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	da m	<b>8,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>9,10</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	343/18
Data esecuzione prova	21.11.2018	Procedura operativa	

**PARAMETRI CALCOLATI***sulla base dei risultati di prova*

## DATI MISURATI

<i>Peso di volume naturale</i>	$\gamma$	<b>1,96</b>	Mg/m <sup>3</sup>
<i>Umidità allo stato naturale</i>	<b>W</b>	<b>36,67</b>	%
<i>Temperatura media delle prove</i>	<b>T</b>	19	°C
<i>Peso specifico dei granuli</i>	$\gamma_r$		Mg/m <sup>3</sup>

## ALTRI VALORI IMPIEGATI PER IL CALCOLO

<i>Peso specifico dell'acqua</i>	$\delta_w$	1,00	Mg/m <sup>3</sup>
----------------------------------	------------	------	-------------------

## PARAMETRI CALCOLATI

<i>peso di volume saturo</i>	$\gamma_w$		Mg/m <sup>3</sup>
<i>peso di volume secco</i>	$\gamma_d$	<b>1,43</b>	Mg/m <sup>3</sup>
<i>indice dei vuoti</i>	<b>e</b>		
<i>porosità</i>	<b>n</b>		%
<i>grado di saturazione</i>	<b>S<sub>r</sub></b>		%

Certificato n. **343/18.2**

Data certificato 27.11.2018

Lo Sperimentatore  
Dr. Geol. Marino MularoniAutorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	da m	<b>8,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>9,10</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	343/18
Data esecuzione prova	21.11.2018	Procedura operativa	IST 06.03

**PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2)**

<i>volume (cm<sup>3</sup>)</i>	<i>peso umido (g)</i>
72,00	140,71
72,00	140,74
72,00	141,53

Peso di volume                      ρ                      **1,96** Mg/m<sup>3</sup>

Certificato n.                      **343/18.2**

Data certificato                      27.11.2018

Lo Sperimentatore

Dr. Geol. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio

Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	da m	<b>8,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>9,10</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	343/18
Data esecuzione prova	21.11.2018	Procedura operativa	IST 06.02

**UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**

<i>peso umido (g)</i>	<i>peso secco (g)</i>
140,71	102,73
140,74	103,32
141,53	103,43

Umidità allo stato naturale **W 36,67 %**Certificato n. **343/18.2**Data certificato **27.11.2018**Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni** Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**



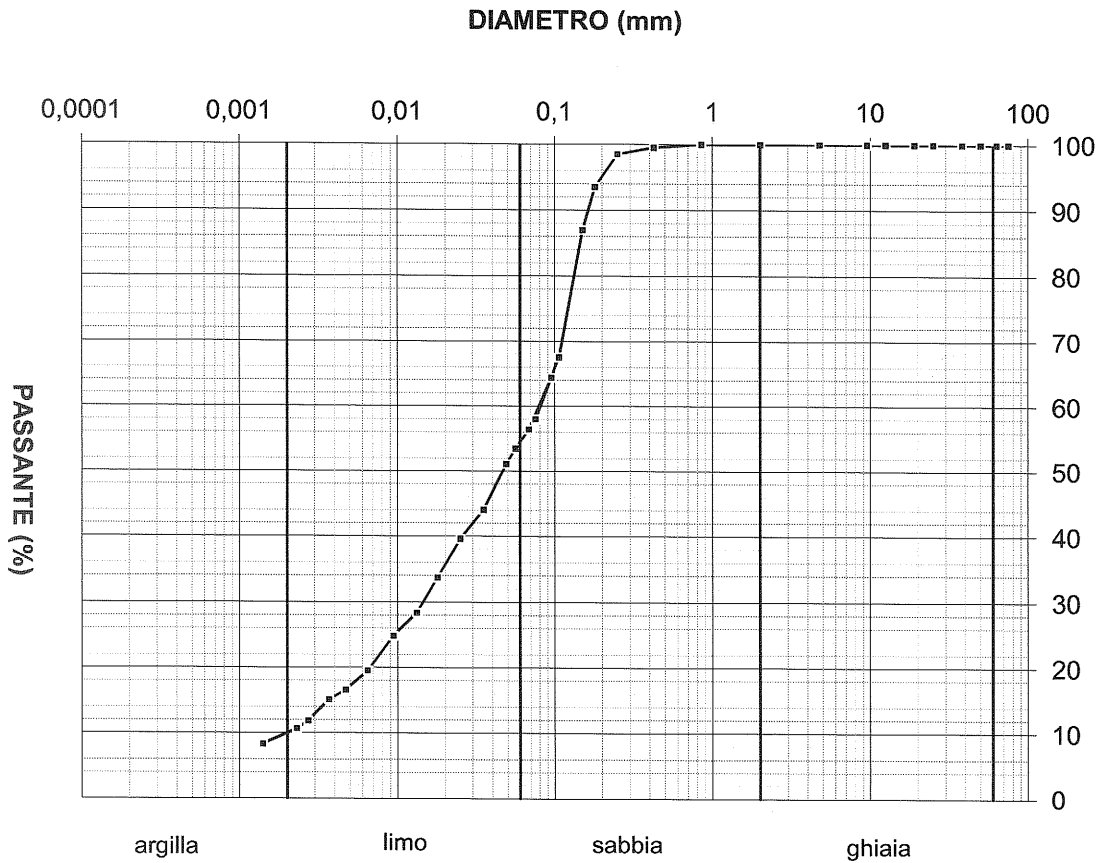
**LABORATORIO GEOTECNICO**  
 del Dr. Geol. M. Mularoni  
 Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
 Cert. SGS n. IT05/1218

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>8,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>9,10</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Verbale accettazione	343/18
Data esecuzione prova	21.11.2019	Procedura operativa	IST 06.06

**ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63) - CURVA CUMULATIVA**



Descrizione AGI	<b>SABBIA CON LIMO DEB. ARGILLOSA</b>	d10 (mm)	0,00200	d15 (mm)	0,00370
		d60 (mm)	0,0800	d85 (mm)	0,1400

Classificazione UNI-CNR 10006

Coefficiente di uniformità  
 (d60/d10) **U = 40,0**

Certificato n. **343/18.3**  
 Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore  
 Dr. Geol. Marino Mularoni

Direttore del Laboratorio  
 Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**

del Dr. Geol. M. Mularoni

Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000

Cert. SGS n. IT05/1218

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>8,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>9,10</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	343/18
Data esecuzione prova	21.11.2019	Procedura operativa	IST 06.06

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA**peso terreno setacciato (g): **200**

$\varnothing$ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
75	0,00	200,00	100,00
63	0,00	200,00	100,00
50	0,00	200,00	100,00
38,1	0,00	200,00	100,00
25	0,00	200,00	100,00
19	0,00	200,00	100,00
12,5	0,00	200,00	100,00
9,5	0,00	200,00	100,00
4,75	0,00	200,00	100,00
2	0,00	200,00	100,00
0,85	0,00	200,00	100,00
0,425	1,00	199,00	99,50
0,25	3,00	197,00	98,50
0,18	13,00	187,00	93,50
0,15	26,00	174,00	87,00
0,106	65,00	135,00	67,50
0,075	84,00	116,00	58,00

Certificato n. **343/18.3**Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore

Dr. Geol. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio

Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>8,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>9,10</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Verbale accettazione	343/18
Data esecuzione prova	21.11.2019	Procedura operativa	IST 06.06

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE**

peso campione alla sedimentazione (g):	40,00	densimetro utilizzato:	ASTM 151 H
temperatura di prova (°C):	18,0	peso specifico:	2,71

tempo (min')	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
0,25	0,095	26,30	64,41
0,5	0,068	23,60	56,44
0,75	0,056	22,60	53,49
1	0,049	21,80	51,12
2	0,035	19,40	44,04
4	0,025	17,90	39,61
8	0,018	15,90	33,71
15	0,013	14,10	28,39
30	0,009	12,90	24,85
65	0,006	11,10	19,53
125	0,005	10,10	16,58
205	0,004	9,60	15,11
380	0,003	8,50	11,86
530	0,002	8,10	10,68
1440	0,001	7,30	8,31

\*correzioni applicate:

 $C_m = 0,5$  $C_d = 5$  $C_t = 0,0$ 

composizione granulometrica	
% ghiaia	<b>0,0</b>
% sabbia	<b>46,7</b>
% limo	<b>44,1</b>
% argilla	<b>9,3</b>

Certificato n. **343/18.3**

Data certificato 27.11.2018

Lo Sperimentatore  
Dr. Geol. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni





**LABORATORIO GEOTECNICO**  
del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>2</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROF. da m	<b>8,50</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>9,10</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	343/18
Data esecuzione prova	26.11.2018	Procedura operativa	IST 06.07

### LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
11	45,52	33,10	37,52	7,90	6,35	24,41
16	61,65	45,31	36,06	8,31	6,69	24,22
20	62,23	46,23	34,61	8,42	6,87	22,6
27	60,87	44,22	33,42			

limite di ritiro			
volume umido (cm <sup>3</sup> )	peso umido (g)	volume secco (cm <sup>3</sup> )	peso secco (g)

(Umidità naturale)	W	36,67 %
--------------------	---	---------

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	33,70 %
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	N.P. %
LIMITE DI RITIRO	Wr	%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	
INDICE DI RITIRO	Ir	
GRADO DI ATTIVITA'	A	

Certificato n. **343/18.4**

Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore  
Dr. Marino Mularoni

Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni





# LABORATORIO GEOTECNICO

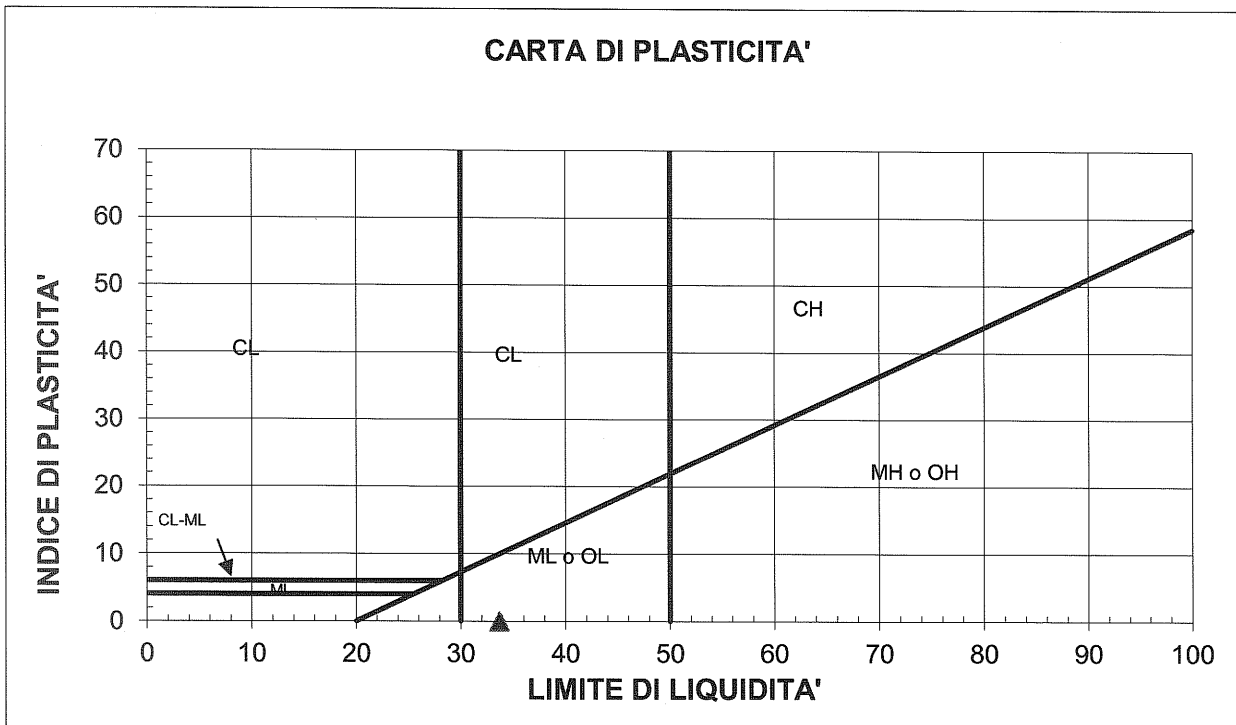
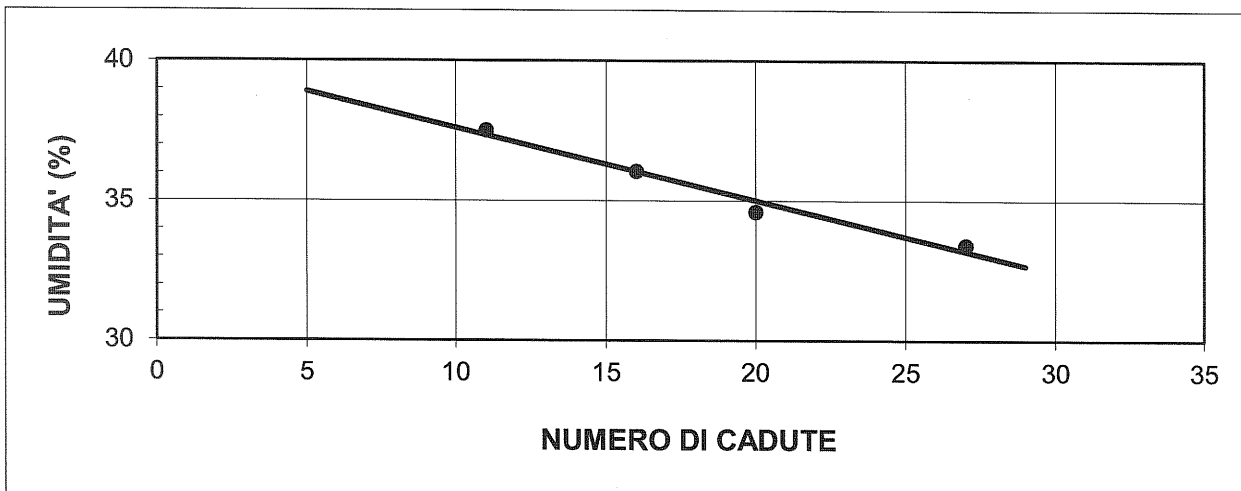
del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	1
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	2
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROF. da m	8,50
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	9,10

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	343/18
Data esecuzione prova	26.11.2018	Procedura operativa	IST 06.07



M = limi inorganici  
C = argille inorganiche  
O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità  
H = alto limite di liquidità

Certificato n. 343/18.4

Data certificato 27.11.2018

Lo Sperimentatore  
Dr. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	344/18
Data esecuzione prova	23.11.2018	Procedura operativa	IST 06/01

**APERTURA E DESCRIZIONE CAMPIONI (ASTM 2488 - AGI 1977)**

Contenitore	fustella metallica	Diametro campione	84 mm
Classe di qualità (AGI 1977)	Q5	Lunghezza campione	54 cm

PP		VT		PROGRAMMA PROVE DI LABORATORIO	DESCRIZIONE LITOLOGICA
da	a	da	a		
	1,4		0,6	Volumetriche Aerometria Limiti di Atterberg Taglio Casagrande CU	Limo argilloso grigio con sparsi noduli torbosi nerastri. Veli sabbiosi millimetrici sparsi
	1,8		0,8		
	1,6		0,7		
	1,6		0,7		

Certificato n. **344/18.1**Data certificato **27.11.2018**Lo Sperimentatore  
Dr. Geol. Marino MularoniIl Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni

**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	344/18
Data esecuzione prova	23.11.2018	Procedura operativa	

**PARAMETRI CALCOLATI***sulla base dei risultati di prova*

## DATI MISURATI

<i>Peso di volume naturale</i>	$\gamma$	<b>1,99</b>	Mg/m <sup>3</sup>
<i>Umidità allo stato naturale</i>	<b>W</b>	<b>29,36</b>	%
<i>Temperatura media delle prove</i>	<b>T</b>	19	°C
<i>Peso specifico dei granuli</i>	$\gamma_r$		Mg/m <sup>3</sup>

## ALTRI VALORI IMPIEGATI PER IL CALCOLO

<i>Peso specifico dell'acqua</i>	$\delta_w$	1,00	Mg/m <sup>3</sup>
----------------------------------	------------	------	-------------------

## PARAMETRI CALCOLATI

<i>peso di volume saturo</i>	$\gamma_w$		Mg/m <sup>3</sup>
<i>peso di volume secco</i>	$\gamma_d$	<b>1,54</b>	Mg/m <sup>3</sup>
<i>indice dei vuoti</i>	<b>e</b>		
<i>porosità</i>	<b>n</b>		%
<i>grado di saturazione</i>	<b>S<sub>r</sub></b>		%

Certificato n. **344/18.2**

Data certificato 27.11.2018

Lo Sperimentatore

Dr. Geol. Marino Mularoni

Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	344/18
Data esecuzione prova	23.11.2018	Procedura operativa	IST 06.03

**PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2)**

<i>volume (cm<sup>3</sup>)</i>	<i>peso umido (g)</i>
72,00	139,83
72,00	145,59
72,00	144,95

Peso di volume                      ρ                      **1,99** Mg/m<sup>3</sup>

Certificato n.                      **344/18.2**

Data certificato                      27.11.2018

Lo Sperimentatore                      Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni                      Dr. Geol. Marino Mularoni





**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	344/18
Data esecuzione prova	23.11.2018	Procedura operativa	IST 06.02

**UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)**

<i>peso umido (g)</i>	<i>peso secco (g)</i>
139,83	108,99
145,59	112,97
144,95	110,72

Umidità allo stato naturale **W 29,36 %**Certificato n. **344/18.2**Data certificato **27.11.2018**Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni**  
Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**



# LABORATORIO GEOTECNICO

del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

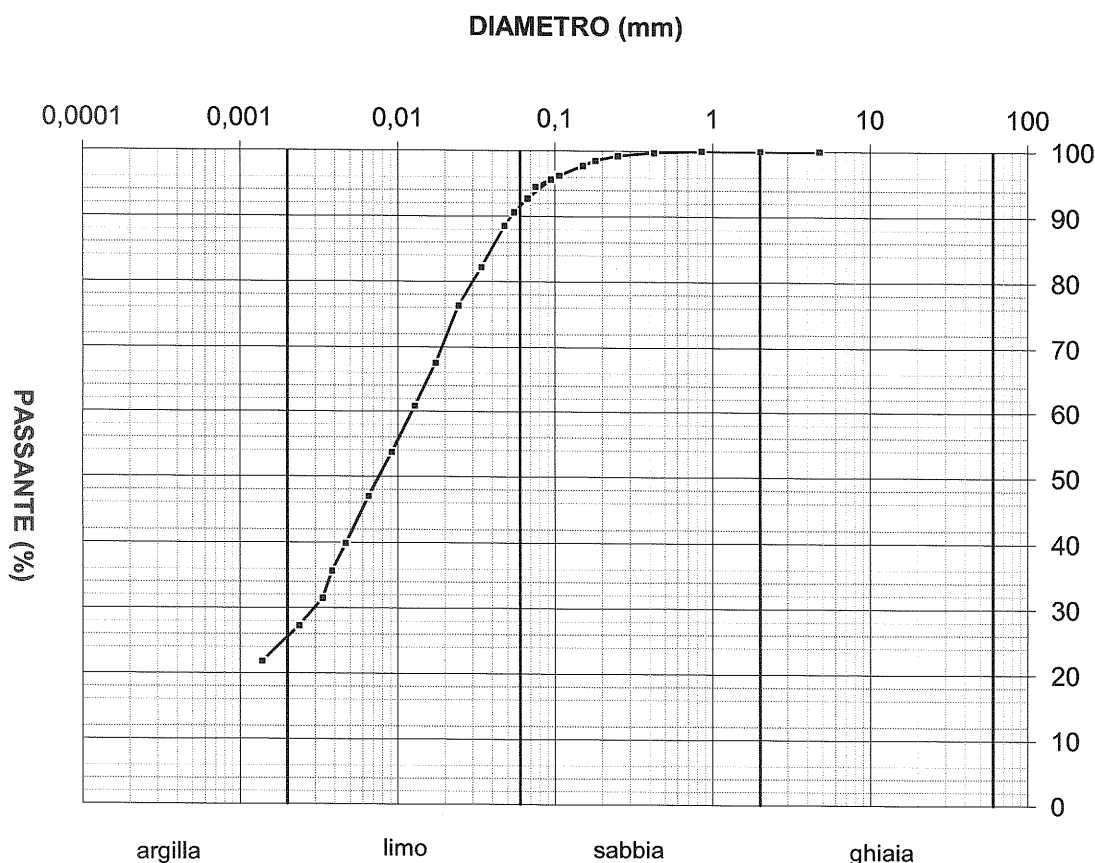
Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	344/18
Data esecuzione prova	23.11.2018	Procedura operativa	IST 06.06

## ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)



Descrizione AGI	<b>LIMO</b>	d10 (mm)	0,0000	d15 (mm)	0,0000
	<b>ARGILLOSO</b>				
	<b>DEB. SABBIOSO</b>	d60 (mm)	0,0120	d85 (mm)	0,0390

Classificazione UNI-CNR 10006

Coefficiente di uniformità  
(d60/d10) **U =**

Certificato n. **344/18.3**

Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore  
Dr. Geol. Marino Mularoni

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni



**LABORATORIO GEOTECNICO**del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 RiminiAzienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	344/18
Data esecuzione prova	23.11.2018	Procedura operativa	IST 06.06

**ANALISI GRANULOMETRICA PER SEDIMENTAZIONE (ASTM D 422-63)**

peso campione alla sedimentazione (g): 40,00 densimetro utilizzato: ASTM 151 H  
 temperatura di prova (°C): 18,0 peso specifico: 2,71

tempo (s)	∅ equivalente (mm)	lettura densimetrica*	passante (%)
0,25	0,094	27,30	95,65
0,5	0,067	26,60	92,71
0,75	0,055	26,10	90,62
1	0,048	25,60	88,52
2	0,034	24,10	82,23
4	0,024	22,70	76,36
8	0,017	20,60	67,56
15	0,013	19,00	60,85
30	0,009	17,30	53,73
60	0,007	15,70	47,02
120	0,005	14,00	39,89
180	0,004	13,00	35,70
240	0,003	12,00	31,51
480	0,002	11,00	27,32
1440	0,001	9,70	21,87
1440	0,001	9,70	21,87

\*correzioni applicate:  
 $C_m = 0,5$   
 $C_d = 5$   
 $C_t = 0,0$

composizione granulometrica	
% ghiaia	<b>0,0</b>
% sabbia	<b>8,2</b>
% limo	<b>67,9</b>
% argilla	<b>23,9</b>

Certificato n. **344/18.3**Data certificato **27.11.2018**Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni** Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**

**LABORATORIO GEOTECNICO**

del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROFONDITA' da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>
Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	344/18
Data esecuzione prova	23.11.2018	Procedura operativa	IST 06.06

**ANALISI GRANULOMETRICA (ASTM D 422-63)**

## SETACCIATURA

peso terreno setacciato (g): 40

$\phi$ / maglia (mm)	trattenuto (g)	passante (g)	passante (%)
4,75	0,00	40,00	100,00
2	0,00	40,00	100,00
0,85	0,00	40,00	100,00
0,425	0,10	39,90	99,75
0,25	0,30	39,70	99,25
0,18	0,60	39,40	98,50
0,15	0,90	39,10	97,75
0,106	1,50	38,50	96,25
0,075	2,20	37,80	94,50

Certificato n. **344/18.3**

Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore **Dr. Geol. Marino Mularoni** Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Marino Mularoni**





**LABORATORIO GEOTECNICO**  
del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROF. da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	344/18
Data esecuzione prova	26.11.2018	Procedura operativa	IST 06.07

### LIMITI DI ATTERBERG (CNR-UNI 10014)

n° di cadute	limite di liquidità			limite di plasticità		
	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)	peso umido (g)	peso secco (g)	umidità (%)
12	45,39	31,22	45,39	7,90	6,35	24,41
20	61,44	43,22	42,16	8,31	6,69	24,22
28	60,89	43,19	40,98	8,42	6,87	22,6
35	62,08	44,22	37,99			

limite di ritiro			
volume umido (cm <sup>3</sup> )	peso umido (g)	volume secco (cm <sup>3</sup> )	peso secco (g)

(Umidità naturale)	W	29,36	%
--------------------	---	-------	---

LIMITE DI LIQUIDITA'	WI	41,30	%
LIMITE DI PLASTICITA'	Wp	23,70	%
LIMITE DI RITIRO	Wr		%
INDICE DI PLASTICITA'	IP	17,60	
INDICE DI LIQUIDITA'	IL	0,32	
INDICE DI CONSISTENZA	Ic	0,68	
INDICE DI RITIRO	Ir		
GRADO DI ATTIVITA'	A		

Certificato n. **344/18.4**

Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore  
Dr. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni





# LABORATORIO GEOTECNICO

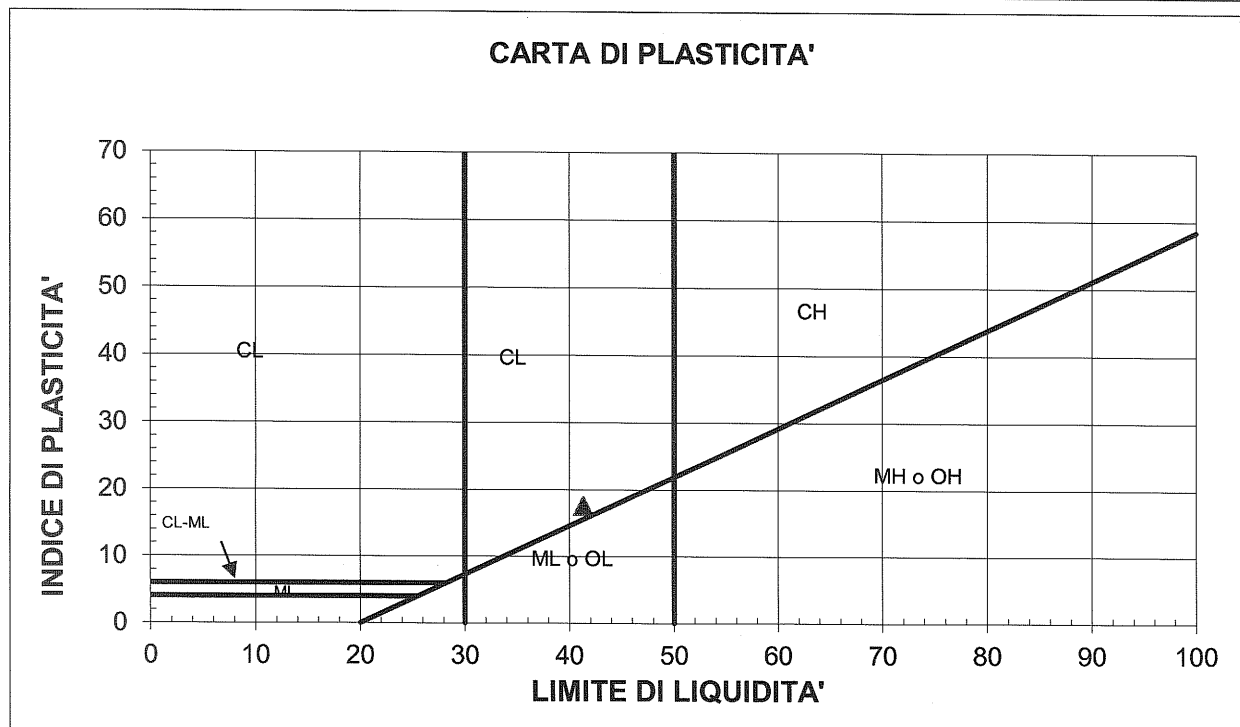
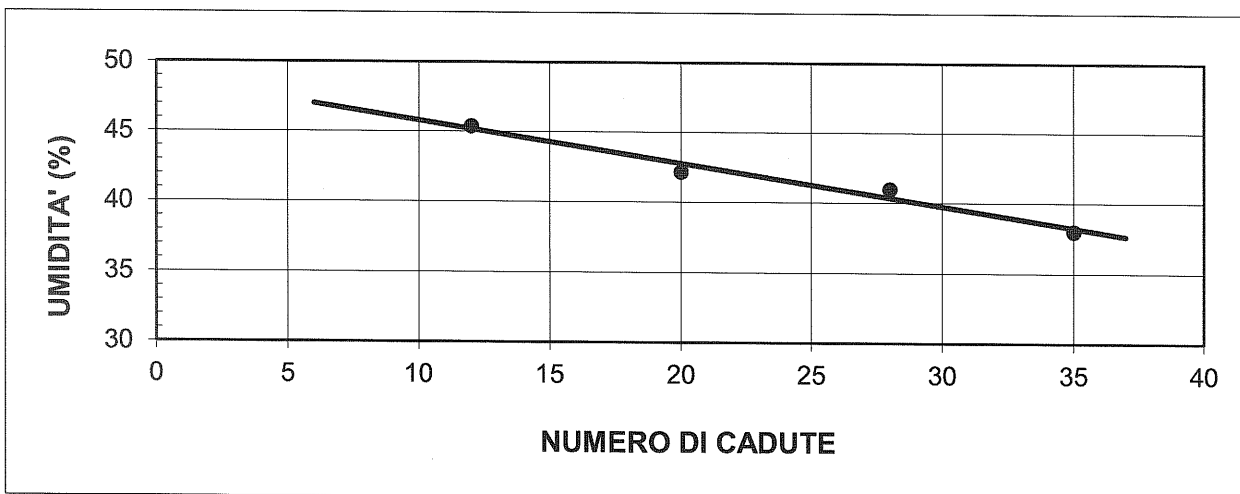
del Dr. Geol. M. Mularoni  
Via Casalecchio, 39 - 47924 Rimini

Azienda certificata ISO 9001:2000  
Cert. SGS n. IT05/1218  
Ass. Laboratori Geotecnici Italiani  
A.L.G.I. n. 56

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti Art. 59 DPR 380/2001 D. n. 0000128 del 10/01/2014

COMMITTENTE	<b>COMUNE DI RIMINI</b>	SONDAGGIO	<b>1</b>
CANTIERE	<b>PONTE SUL MAVONE</b>	CAMPIONE	<b>3</b>
LOCALITA'	<b>RIMINI</b>	PROF. da m	<b>15,00</b>
RIF.	<b>G18-205</b>	a m	<b>15,60</b>

Data ricevimento campione	12.11.2018	Numero accettazione	344/18
Data esecuzione prova	26.11.2018	Procedura operativa	IST 06.07



M = limi inorganici  
 C = argille inorganiche  
 O = limi e argille organiche

L = basso limite di liquidità  
 H = alto limite di liquidità

Certificato n. **344/18.4**

Data certificato **27.11.2018**

Lo Sperimentatore  
Dr. Marino Mularoni



Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Geol. Marino Mularoni

**Allegato 7**

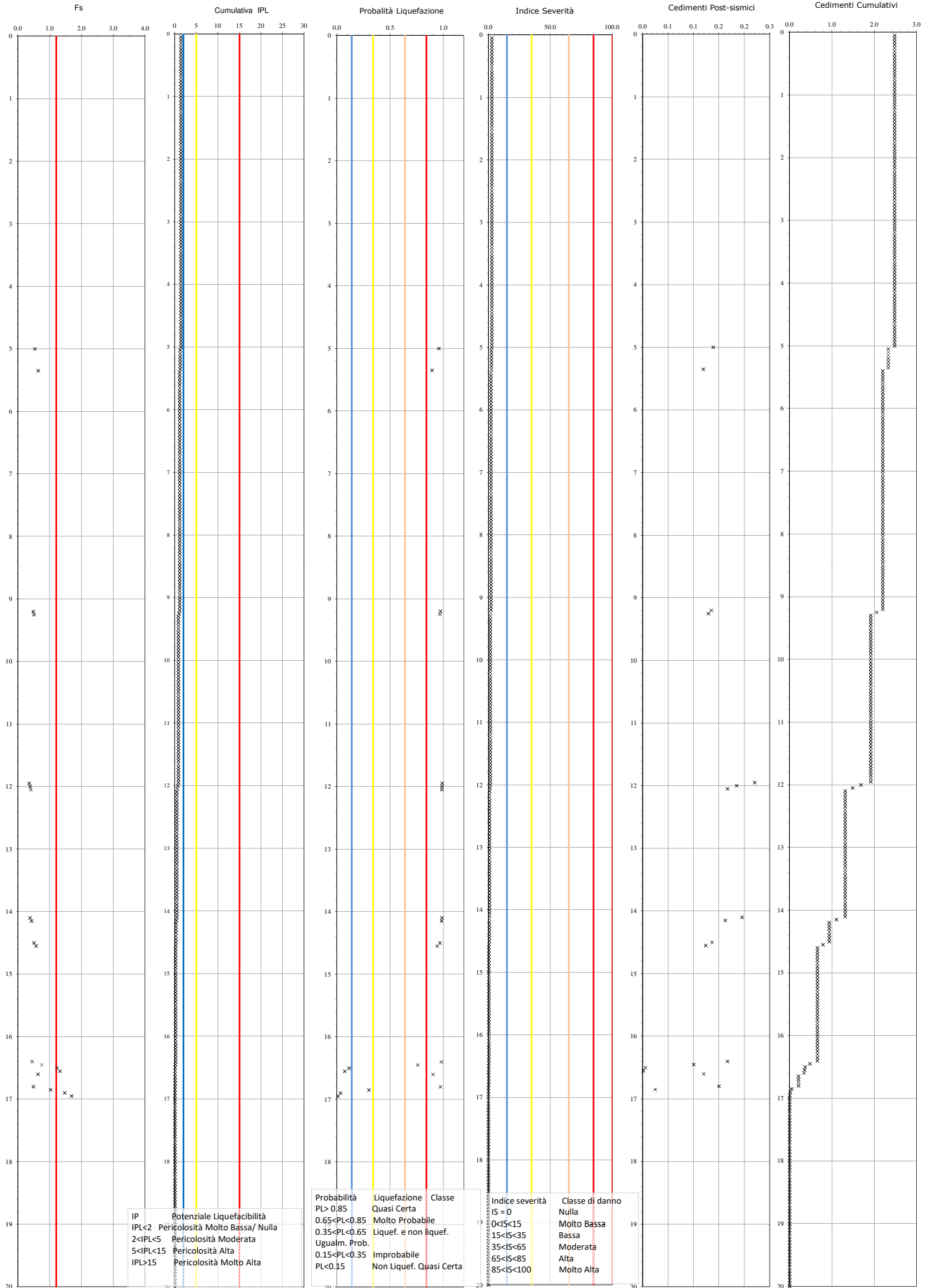
**VALUTAZIONE LIQUEFAZIONE E CEDIMENTI POST-SISMICI**

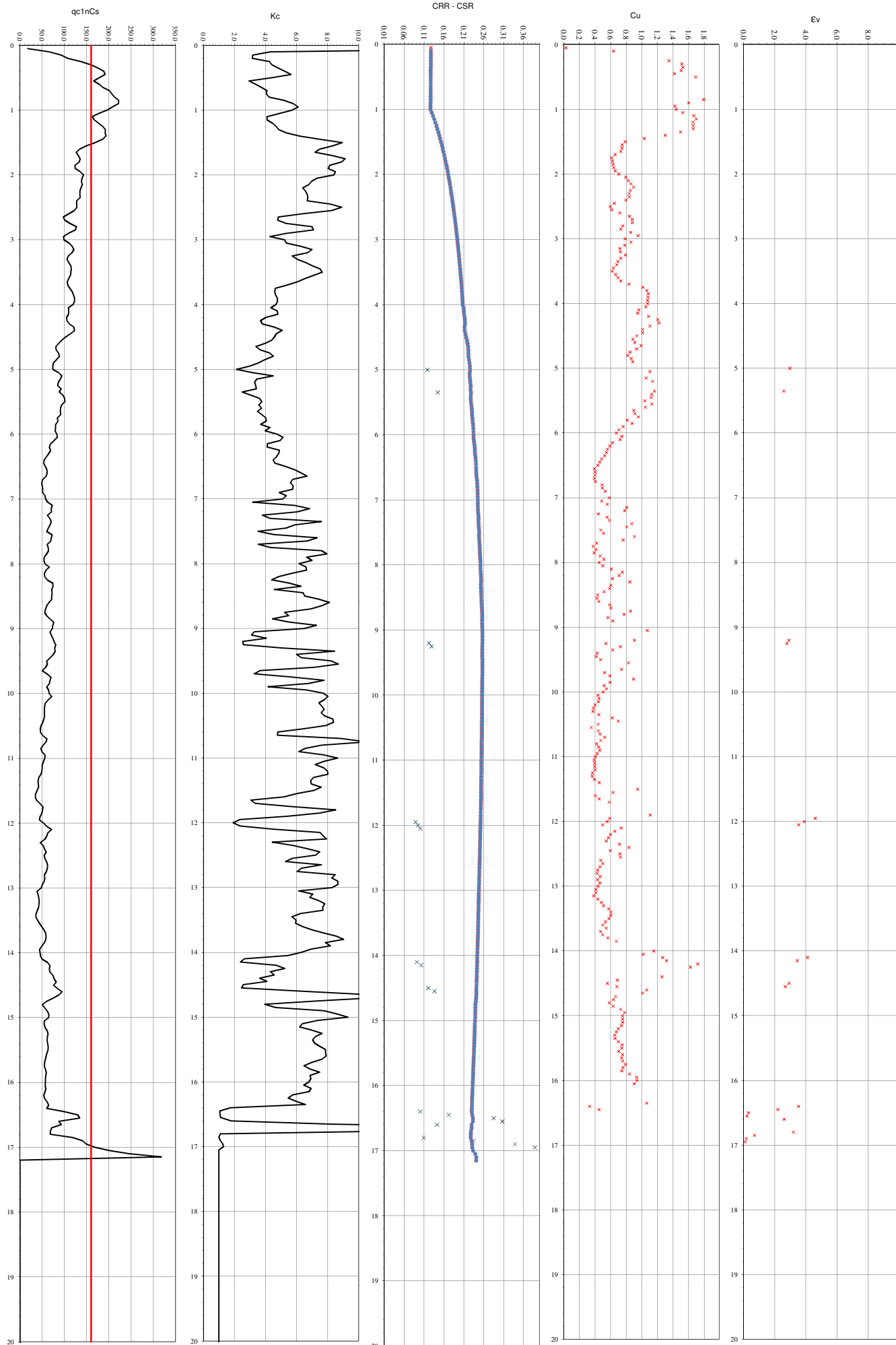
Località: VIA TOSCA, RIMINI

Condizioni di verifica: Magnitudo  $M_w=6.14$ ;  $a_{max}(g)=0.359$ ; Falda =1 mt dal pc; Soglia Fattore di sicurezza  $F_s=1.2$ ; Profondità Fondazione  $D=0.8$

Indice del Potenziale di liquefazione  $IPL=1.41$ ;  $IPL$  alla prof. fondazione  $I_L=1.41$  Pericolosità alla liquefazione Molto Bassa; Pericolosità alla liquefazione alla prof. fondazione; Molto Bassa

Probabilità di Liquefazione Complessiva  $PL=0.06$ ;  $PL$  alla prof. fond.=0.06; Indice di Severità  $IS=2.7$ ;  $IS$  alla prof. fondazione =2.7; Classe di danno Molto Bassa; Classe di danno alla prof. fondazione; Molto Bassa





VERIFICA LIQUEFAZIONE METODO DI ROBERTSON 2015

Prova CPTU 1

Località: VIA TOSCA, RIMINI

Valutazione basata su PL  
calcolato secondo Robertson  
PL > 0.85 Liquef. Quasi Certa  
0.65 < PL < 0.85 Liquef. Molto Probabile  
0.35 < PL < 0.65 Liquef. e non liquef. Ugualm. Prob.  
0.15 < PL < 0.35 Liquef. Improbabile  
PL < 0.15 Non Liquef. Quasi Certa

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Indice di Comportamento Ic	% Fini	qci INs	CRR	CSR	Fs	Indice Potenziale Liquefazione IPL Cumulativa	Prob. Liquef. PL	Indice Severità IS Cumulativa	ev (%)	dh (cm)	dh (cm)	
0.05	1	3.8	100	18	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.10	9	2.7	43	66	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.15	17	2.6	34	93	4.57	0.13	36.06	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.20	20	2.6	34	107	4.45	0.13	35.10	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.25	19	2.7	42	137	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.30	21	2.8	43	160	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.35	22	2.8	46	176	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.40	21	2.9	49	189	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.45	20	2.9	52	192	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.50	24	2.8	43	179	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.55	33	2.5	32	166	3.46	0.13	27.37	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.60	31	2.6	36	178	5.56	0.13	43.96	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.65	29	2.7	39	187	8.13	0.13	64.37	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.70	29	2.7	41	201	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.75	30	2.7	41	207	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.80	30	2.7	42	213	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.85	25	2.8	49	222	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.90	23	2.9	53	222	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
0.95	20	2.9	55	208	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.00	20	2.9	52	196	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.05	22	2.8	47	178	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.10	24	2.7	41	163	nl	0.13	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.15	24	2.7	41	167	nl	0.14	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.20	24	2.8	44	176	nl	0.14	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.25	24	2.8	45	186	nl	0.14	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.30	24	2.8	46	192	nl	0.14	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.35	21	2.9	50	192	nl	0.15	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.40	19	3.0	55	194	nl	0.15	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.45	15	3.1	63	186	nl	0.15	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.50	11	3.2	71	169	nl	0.15	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.55	11	3.1	68	150	nl	0.15	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.60	11	3.1	63	135	nl	0.16	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.65	11	3.0	61	126	nl	0.16	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.70	10	3.1	68	131	nl	0.16	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.75	9	3.2	72	135	nl	0.16	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.80	9	3.2	71	133	nl	0.16	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.85	9	3.1	67	124	nl	0.17	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.90	9	3.1	66	124	nl	0.17	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
1.95	10	3.1	69	135	nl	0.17	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.00	10	3.1	68	143	nl	0.17	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.05	12	3.1	62	140	nl	0.17	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.10	12	3.0	60	138	nl	0.17	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.15	13	3.0	59	140	nl	0.17	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.20	13	3.0	56	137	nl	0.18	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.25	12	3.0	57	135	nl	0.18	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.30	12	3.0	58	135	nl	0.18	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.35	12	3.0	58	135	nl	0.18	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.40	12	3.0	58	128	nl	0.18	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.45	10	3.1	67	127	nl	0.18	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.50	9	3.2	71	128	nl	0.18	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.55	9	3.1	67	122	nl	0.18	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.60	11	3.0	56	110	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.65	12	2.8	46	98	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.70	13	2.8	46	101	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.75	13	2.9	50	113	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.80	11	3.0	60	127	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.85	11	3.0	61	125	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.90	13	2.9	50	110	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
2.95	14	2.7	43	98	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.00	12	2.9	49	99	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.05	13	2.9	50	111	nl	0.19	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.10	12	3.0	56	118	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.15	11	3.0	60	121	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.20	11	3.0	58	117	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.25	12	2.9	52	108	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.30	11	2.9	54	106	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.35	10	3.0	57	110	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.40	10	3.0	60	115	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.45	10	3.1	63	116	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.50	9	3.1	64	114	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.55	10	3.0	61	113	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.60	11	3.0	57	109	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.65	11	2.9	54	107	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.70	12	2.9	50	108	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.75	15	2.8	45	112	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.80	16	2.8	45	117	nl	0.20	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.85	16	2.8	45	120	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.90	16	2.8	46	123	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
3.95	16	2.8	46	123	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.00	16	2.8	45	120	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.05	16	2.7	43	109	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.10	14	2.8	46	110	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.15	14	2.8	46	109	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.20	16	2.7	41	105	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.25	18	2.7	38	106	7.61	0.21	35.83	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.30	18	2.7	39	111	8.54	0.21	40.23	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.35	16	2.8	45	121	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.40	15	2.8	48	123	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.45	15	2.8	45	114	nl	0.21	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.50	14	2.8	45	103	nl	0.22	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.55	13	2.8	43	94	nl	0.22	nl	1.41	0.000	2.7	0.0	0.0	2.5	Non Liquef. Quasi certa
4.60	14	2.7	40	87	10.03	0.22	45.80	1.41	0.000	2.7	0			



Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Indice di Comportamento I <sub>c</sub>	% Fini	q <sub>e</sub> I <sub>Nes</sub>	CRR	CSR	F <sub>s</sub>	Indice del Potenziale Liquefazione I <sub>PL</sub> Cumulativa	Prob. Liquef. PL	Indice Severità IS Cumulativa	ev (%)	dh (cm)	dh (cm)	
5.05	17	2.6	34	87	4.50	0.22	20.06	1.24	0.000	2.3	0.0	0.0	2.3	Non Liquef. Quasi certa
5.10	13	2.8	44	94	nl	0.22	nl	1.24	0.000	2.3	0.0	0.0	2.3	Non Liquef. Quasi certa
5.15	17	2.6	36	91	6.03	0.23	26.76	1.24	0.000	2.3	0.0	0.0	2.3	Non Liquef. Quasi certa
5.20	16	2.6	35	86	5.24	0.23	23.18	1.24	0.000	2.3	0.0	0.0	2.3	Non Liquef. Quasi certa
5.25	16	2.6	36	85	5.63	0.23	24.80	1.24	0.000	2.3	0.0	0.0	2.3	Non Liquef. Quasi certa
5.30	17	2.6	36	93	5.89	0.23	25.98	1.24	0.000	2.3	0.0	0.0	2.3	Non Liquef. Quasi certa
5.35	23	2.4	28	88	0.14	0.23	0.63	1.24	0.902	2.3	2.6	0.1	2.3	Liquef. Quasi certa
5.40	20	2.6	33	97	4.13	0.23	18.20	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.45	17	2.6	38	101	7.35	0.23	32.36	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.50	17	2.7	39	101	8.36	0.23	36.75	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.55	17	2.6	37	94	6.91	0.23	30.18	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.60	16	2.7	39	91	8.14	0.23	35.44	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.65	17	2.6	37	91	6.31	0.23	27.42	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.70	16	2.7	39	92	8.38	0.23	36.36	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.75	14	2.7	41	84	nl	0.23	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.80	14	2.7	41	85	nl	0.23	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.85	15	2.7	38	80	7.68	0.23	32.98	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.90	13	2.7	43	80	nl	0.23	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
5.95	13	2.7	40	79	10.04	0.23	42.95	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.00	12	2.8	46	83	nl	0.23	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.05	11	2.8	48	84	nl	0.23	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.10	11	2.8	47	76	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.15	12	2.7	41	68	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.20	11	2.7	41	66	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.25	10	2.8	47	69	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.30	10	2.8	46	65	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.35	9	2.8	46	59	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.40	9	2.8	44	54	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.45	9	2.8	45	53	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.50	8	2.9	49	57	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.55	8	2.9	53	61	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.60	7	3.0	56	61	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.65	7	3.0	58	59	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.70	7	2.9	52	51	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.75	7	2.9	51	49	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.80	7	2.9	53	50	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.85	7	2.9	52	51	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.90	8	2.8	47	51	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
6.95	8	2.9	50	57	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.00	9	2.8	48	58	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.05	15	2.6	34	62	4.60	0.24	18.78	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.10	10	2.9	53	73	nl	0.24	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.15	8	3.0	59	71	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.20	9	2.9	54	71	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.25	13	2.7	39	62	8.59	0.25	34.86	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.30	12	2.7	43	68	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.35	8	3.1	64	70	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.40	9	2.9	53	68	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.45	10	2.9	50	64	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.50	14	2.6	37	60	6.62	0.25	26.67	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.55	13	2.8	44	72	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.60	8	3.1	62	71	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.65	9	3.0	58	69	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.70	14	2.6	37	61	6.63	0.25	26.60	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.75	12	2.7	43	63	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.80	7	3.1	64	64	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.85	7	3.1	66	60	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.90	7	3.0	58	55	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
7.95	7	3.0	60	54	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.00	8	2.9	55	56	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.05	9	3.0	58	66	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.10	8	3.0	58	59	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.15	9	2.9	52	55	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.20	10	2.8	46	56	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.25	12	2.8	43	62	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.30	12	2.9	51	74	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.35	10	3.0	56	74	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.40	13	2.8	45	72	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.45	10	3.0	57	73	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.50	10	3.0	57	71	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.55	9	3.1	63	72	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.60	8	3.1	67	65	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.65	8	3.1	64	60	nl	0.25	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.70	8	3.0	60	57	nl	0.26	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.75	10	2.9	49	56	nl	0.26	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.80	10	2.9	51	60	nl	0.26	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.85	14	2.8	44	68	nl	0.26	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.90	13	2.9	51	76	nl	0.26	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
8.95	10	3.0	62	74	nl	0.26	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
9.00	11	3.0	57	73	nl	0.26	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
9.05	18	2.6	35	67	5.16	0.26	20.11	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
9.10	20	2.6	33	71	4.16	0.26	16.23	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
9.15	17	2.7	41	74	nl	0.26	nl	1.10	0.000	2.0	0.0	0.0	2.2	Non Liquef. Quasi certa
9.20	27	2.5	29	77	0.12	0.26	0.48	1.10	0.982	2.0	2.9	0.1	2.2	Liquef. Quasi certa
9.25	28	2.5	29	81	0.13	0.26	0.50	0.96	0.975	1.8	2.8	0.1	2.1	Liquef. Quasi certa
9.30	14	2.8	48	78	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
9.35	9	3.1	68	79	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
9.40	12	2.9	54	75	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
9.45	11	3.0	56	68	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
9.50	8	3.1	67	60	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
9.55	8	3.2	70	62	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
9.60	8	3.0	61	57	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
9.65	13	2.7	38	50	7.49	0.26	29.23	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
9.70	18	2.6	35	61	5.08	0.26	19.83	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef.

Prof. (m)	Rp (kg/cmq)	Indice di Comportamento Ic	% Fini	qel Nes	CRR	CSR	Fs	Indice del Potenziale Liquefazione PL Cumulativa	Prob. Liquef. PL	Indice Severità IS Cumulativa	ev (%)	dh (cm)	dh (cm)	
10.05	10	3.1	66	72	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.10	9	3.1	65	64	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.15	8	3.1	63	57	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.20	8	3.1	64	55	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.25	8	3.1	65	55	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.30	8	3.1	64	55	nl	0.26	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.35	8	3.1	65	55	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.40	8	3.1	68	53	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.45	7	3.1	68	51	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.50	7	3.1	65	47	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.55	8	3.0	57	46	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.60	11	2.8	46	46	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.65	12	2.8	46	52	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.70	8	3.2	71	61	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.75	7	3.3	80	58	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.80	8	3.1	64	52	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.85	9	3.0	57	47	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.90	9	2.9	55	50	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
10.95	9	3.1	64	56	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.00	8	3.2	70	56	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.05	8	3.1	65	53	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.10	9	3.0	61	50	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.15	8	3.1	64	50	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.20	8	3.1	66	49	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.25	8	3.1	66	47	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.30	8	3.0	61	42	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.35	8	3.0	59	41	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.40	8	3.0	60	41	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.45	7	3.1	63	42	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.50	7	3.0	61	39	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.55	8	2.9	54	35	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.60	9	2.8	49	35	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.65	14	2.6	33	38	4.04	0.25	16.00	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.70	15	2.6	35	46	5.41	0.25	21.43	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.75	11	2.9	52	52	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.80	8	3.1	69	51	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.85	9	3.1	63	49	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.90	10	2.9	50	45	nl	0.25	nl	0.83	0.000	1.5	0.0	0.0	1.9	Non Liquef. Quasi certa
11.95	20	2.4	27	44	0.09	0.25	0.35	0.83	0.997	1.5	4.6	0.2	1.9	Liquef. Quasi certa
12.00	30	2.3	22	54	0.09	0.25	0.38	0.70	0.996	1.3	3.9	0.2	1.7	Liquef. Quasi certa
12.05	28	2.4	27	60	0.10	0.25	0.40	0.57	0.994	1.1	3.5	0.2	1.5	Liquef. Quasi certa
12.10	18	2.8	44	71	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.15	11	3.1	63	63	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.20	10	3.1	64	60	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.25	9	3.1	66	56	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.30	13	2.8	44	46	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.35	11	2.9	52	53	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.40	11	3.0	58	56	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.45	10	3.1	63	60	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.50	10	3.0	61	55	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.55	12	2.9	52	56	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.60	14	2.9	49	61	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.65	11	3.1	64	62	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.70	12	3.0	56	62	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.75	13	2.9	54	59	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.80	9	3.1	69	55	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.85	9	3.1	67	56	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.90	9	3.2	70	54	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
12.95	8	3.2	70	51	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.00	8	3.1	68	48	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.05	9	2.9	55	38	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.10	8	3.0	60	41	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.15	9	3.0	59	42	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.20	9	3.1	63	43	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.25	8	3.1	65	43	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.30	8	3.1	64	42	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.35	8	3.1	64	39	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.40	9	3.0	56	36	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.45	9	2.9	52	36	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.50	10	2.9	54	40	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.55	11	2.9	53	45	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.60	11	3.0	56	50	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.65	11	3.0	60	54	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.70	11	3.1	64	58	nl	0.25	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.75	10	3.1	69	59	nl	0.24	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.80	10	3.2	72	58	nl	0.24	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.85	10	3.1	65	55	nl	0.24	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.90	9	3.1	67	49	nl	0.24	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
13.95	10	3.0	60	44	nl	0.24	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
14.00	10	3.0	56	45	nl	0.24	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
14.05	12	2.9	50	46	nl	0.24	nl	0.45	0.000	0.9	0.0	0.0	1.3	Non Liquef. Quasi certa
14.10	24	2.5	29	50	0.09	0.24	0.38	0.45	0.996	0.9	4.1	0.2	1.3	Liquef. Quasi certa
14.15	31	2.4	27	62	0.10	0.24	0.42	0.36	0.992	0.8	3.4	0.2	1.1	Liquef. Quasi certa
14.20	19	2.8	45	68	nl	0.24	nl	0.28	0.000	0.6	0.0	0.0	0.9	Non Liquef. Quasi certa
14.25	17	2.9	49	66	nl	0.24	nl	0.28	0.000	0.6	0.0	0.0	0.9	Non Liquef. Quasi certa
14.30	20	2.7	43	68	nl	0.24	nl	0.28	0.000	0.6	0.0	0.0	0.9	Non Liquef. Quasi certa
14.35	21	2.8	44	74	nl	0.24	nl	0.28	0.000	0.6	0.0	0.0	0.9	Non Liquef. Quasi certa
14.40	27	2.6	38	77	7.25	0.24	29.98	0.28	0.000	0.6	0.0	0.0	0.9	Non Liquef. Quasi certa
14.45	25	2.7	41	82	nl	0.24	nl	0.28	0.000	0.6	0.0	0.0	0.9	Non Liquef. Quasi certa
14.50	36	2.5	29	76	0.12	0.24	0.50	0.28	0.976	0.6	2.9	0.1	0.9	Liquef. Quasi certa
14.55	42	2.4	28	84	0.14	0.24	0.56	0.21	0.950	0.5	2.7	0.1	0.8	Liquef. Quasi certa
14.60	20	3.0	55	95	nl	0.24	nl	0.15	0.000	0.4	0.0	0.0	0.7	Non Liquef. Quasi certa
14.65	12	3.3	80	87	nl	0.24	nl	0.15	0.000	0.4	0.0	0.0	0.7	Non Liquef. Quasi certa
14.70	11	3.3	82	74	nl	0.24	nl	0.15	0.000	0.4	0.0	0.0	0.7	Non Liquef. Quasi certa
14.75	12	3.0	61	59	nl	0.24								

