



GEOPROGET

Committente: **AXE S.r.l.**Comune: **Rimini (RN)**

**RELAZIONE GEOLOGICA A SUPPORTO DI PERMESSO DI COSTRUIRE DI 3 IMMOBILI  
A DESTINAZIONE RESIDENZIALE SITI ALL'INTERNO DEL P.P. "REGINA PACIS"  
SCHEMA PRG 9.3 B VIA BUONAMICI / VIA GRAVINA NEL COMUNE DI RIMINI (RN).**

Riccione, gennaio 2023

Rif. 2632



## I N D I C E

1	PREMESSA.....	pag. 2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	pag. 2
	2.1. Considerazioni generali.....	pag. 2
	2.2. Modello geologico.....	pag. 3
3	ANALISI GEOLOGICA.....	pag. 4
	3.1. Ubicazione e geomorfologia.....	pag. 4
	3.2. Geologia e stratigrafia.....	pag. 5
	3.3. Idrografia e idrogeologia.....	pag. 6
	3.4. Litologia e caratteristiche geotecniche.....	pag. 9
4.	INDAGINI GEOFISICHE.....	pag.10
	4.1. Considerazioni generali.....	pag.10
	4.2. Risultanze delle indagini geofisiche.....	pag.11
5.	PERICOLOSITA' SISMICA.....	pag.11
	5.1. Sismicità dell'area.....	pag.11
	5.2. Azione sismica.....	pag.13
	5.3. Categoria di suolo e condizioni topografiche.....	pag.14
	5.3.1 Definizione e individuazione della categoria di suolo.....	pag.14
	5.3.2 Individuazione della amplificazione stratigrafica, della condizione topografica e della accelerazione massima attesa al sito.....	pag.15
	5.4. Potenziale di liquefazione dei terreni.....	pag.16
	5.4.1 Risultati delle verifiche di calcolo.....	pag.19
	5.4.2 Aspetti normativi e risvolti delle verifiche di liquefazione.....	pag.20
6	PROBLEMATICHE EDIFICATIVE.....	pag.22
	6.1 Cenni sulle fondazioni.....	pag.22
	6.2 Opere di scavo.....	pag.23
7.	CONCLUSIONI.....	pag.23

## ALLEGATI NEL TESTO

- ALLEGATO N. 1 - Inquadramento geografico
- ALLEGATO N. 2 - Profilo stratigrafico
- ALLEGATO N. 3 - Planimetria con ubicazione prove in sito e prova sismica
- ALLEGATO N. 4 - Profili penetrometrici, stratigrafici – parametri geotecnici
- ALLEGATO N. 5 - Elaborati di sintesi prova geofisica HVSR
- ALLEGATO N. 6 - Parametri di pericolosità sismica
- ALLEGATO N. 7 - Verifica della liquefacibilità

## 1 PREMESSA

La relazione geologica redatta per conto della ditta AXE S.r.l. interessa il permesso di costruire di 3 immobili a destinazione residenziale siti all'interno del P.P. "Regina Pacis" – scheda PRG 9.3 B via Buonamici / via Gravina nel Comune di Rimini (RN).

L'area di studio è compresa negli Elementi 123 (Bellariva) e 164 (Rivazzurra) del Foglio 256 (RIMINI) della Carta Tecnica Regione Emilia Romagna (allegato n. 1).

Detta relazione seguita in ottemperanza al paragrafo 6.2.1. ("Caratterizzazione e modellazione geologica del sito") delle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 (GU Serie Generale n.42 del 20-02-2018 - Suppl. Ordinario n. 8) e relativa Circolare (n. 7 del 21-01-2019 a cura del Consiglio Superiore Lavori Pubblici) nonché in conformità alla D.G.R. 1814 del 07/12/2020 è stata articolata nelle seguenti fasi:

- rilevamento geolitologico, geomorfologico e delle condizioni idrogeologiche;
- ricostruzione del modello geologico generale del sito attraverso il materiale bibliografico (sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano romagnola a cura del Servizio geologico e sismico dei suoli della Regione Emilia Romagna);
- realizzazione di n. 3 prove penetrometriche statiche C.P.T.E con punta elettrica ed utilizzo, a completamento dell'indagine in sito, di n. 2 penetrometrie CPTe e CPTU realizzate in precedenza nell'area, nonché di un profilo stratigrafico di un sondaggio realizzato in lotto vicino e tratto dalla banca dati PSC-RUE del Comune di Rimini;
- realizzazione di n. 1 prova sismica con metodologia HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio) e utilizzo a titolo correlativo di prova geofisica CPTS (penetrometria statica con cono sismico) tratta anch'essa dalla banca dati PSC-RUE del Comune di Rimini e realizzata nelle adiacenze per la individuazione della Vs30 e di eventuali frequenze caratteristiche di sito;
- valutazione delle caratteristiche geolitologiche e geomeccaniche dell'area di intervento;
- valutazioni delle problematiche costruttive e della tipologia fondale;
- indicazioni sul coefficiente di sottofondo "K";
- valutazione della pericolosità sismica: sismicità dell'area, azione sismica e potenziale di liquefacibilità dei terreni.

La presente relazione geologica si avvale della campagna geognostica con prove in sito per la ricostruzione del modello geologico unitamente alle indagini geognostiche pubblicate nel sito della cartografia geologica del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, (<http://geo.regione.emilia-romagna.it>). Essa potrà costituire un utile riferimento per il progettista nell'inquadrare i problemi e di conseguenza permettere una modellazione a supporto delle scelte progettuali che dovrà essere affrontata nella sede opportuna quale la relazione geotecnica. Rimane prerogativa del progettista, "responsabile della definizione del piano delle indagini, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica", l'avvalersi di indagini geotecniche e/o prove di laboratorio certificate ai sensi del paragrafo 6.2.2. D.M. 17 gennaio 2018 per caratterizzare al meglio il progetto esecutivo.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 2.1 Considerazioni generali

Il bordo appenninico esterno e la attuale fascia costiera sono il prodotto del sistema ad embrici e accavallamenti che regola il sollevamento e lo sviluppo della catena appenninica. Le ricerche dell'AGIP (Pieri e Groppi, 1981; Subsurface Geological Structure of the Po Plane. Publ. 414 P.F. Geodinamica. CNR, 23 p.) hanno accertato la presenza di strutture tettoniche sepolte, drappeggiate ed annegate da depositi sedimentari, storicamente ipotizzata, attraverso la realizzazione di "sezioni sismiche".

Lungo il bordo appenninico esterno e la fascia di pianura antistante gli elementi strutturali accatastati vengono a formare un prisma di accrezione che per la complessa interferenza tra l'attività tettonica e quella sedimentaria assume i caratteri di una pronunciata fossa tettonica denominata "Avanfossa appenninico - adriatica" (Ori G.G., Roveri M. e Vannoni F., 1986; "Plio - Pleistocene Sedimentation in the Appenninic - Adriatic Foredeep Adriatic Sea". In: P.A. Allen, P. Homewood and G. Williams (eds.), Foreland Basins, International Association of Sedimentologists Special Publication, 8: 183 - 198, 1986).

L'intrecciarsi di complessi meccanismi sedimentari e tettonici hanno dato luogo alla formazione di bacini alla fronte e sulla parte retrostante degli accavallamenti traslando con essi all'interno della Avanfossa. Il risultato finale è quello di un consistente impilamento di sedimenti caratteristici della successione sedimentaria plio - pleistocenica della zona di studio.

## 2.2 Modello geologico

Il D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche sulle costruzioni) entrato in vigore dal 22/03/2018 nella progettazione geotecnica (capitolo n. 6) riprende il concetto di modello geologico del sito (già evidenziato nel D.M. 14-01-2008). Al paragrafo 6.2.1 si specifica che *"La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento"*.

La definizione della "pericolosità geologica del territorio" deve costituire elemento indispensabile cui tenerne conto nella progettazione geotecnica. Mentre *"il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche"* (paragrafo 6.2.1).

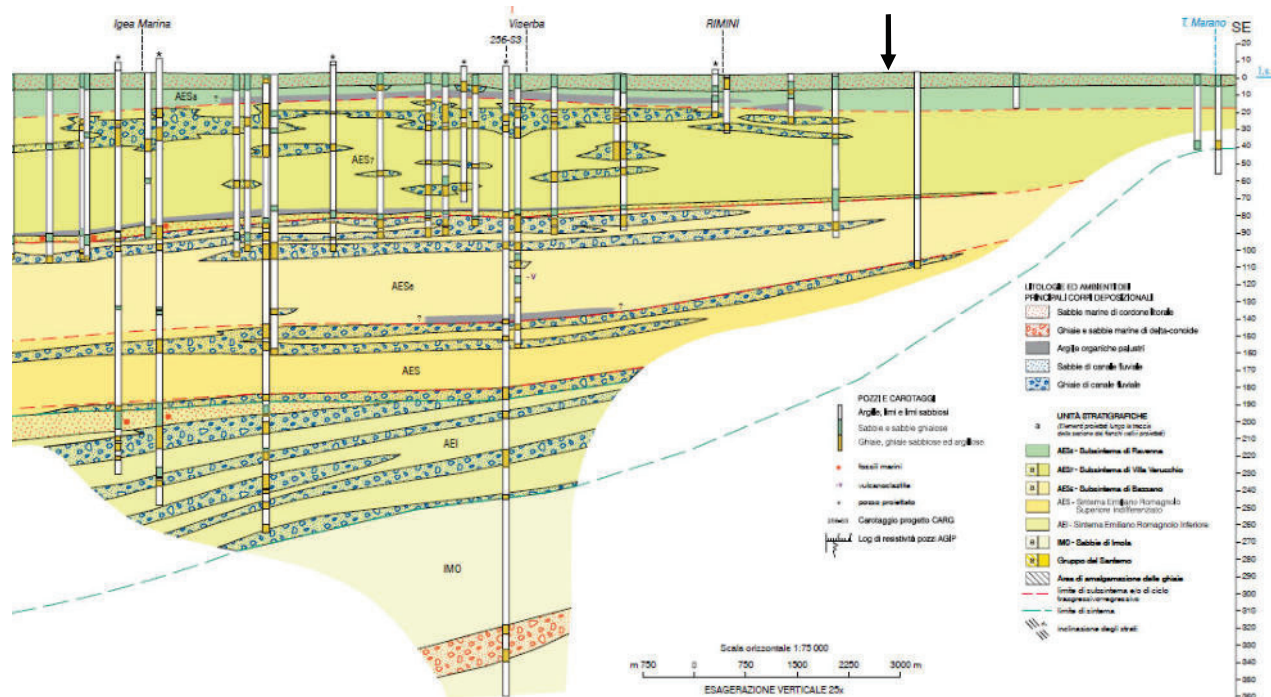
L'area ricade in vicinanza alla fascia costiera romagnola. Una ricostruzione del modello geologico è possibile attraverso la consultazione della Carta delle Sezioni Geologiche e Prove Geognostiche della Pianura Emiliano Romagnola.

Per quanto attiene la caratterizzazione geolitologica, si è fatto riferimento sia alla sezione geologica profonda n. 59 (o "Sezione Costiera") ricostruita dal Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna nell'ambito del progetto CARG, che ai dati stratigrafici di un sondaggio realizzato in via Parini ad oltre 300 mt di distanza a nord ovest del lotto (vedi allegato n. 2). L'ubicazione della sezione geologica è riportata nello stralcio planimetrico seguente.



La "Sezione Costiera" n. 59, che di seguito viene riportata, si colloca a circa 250 mt a NE. Tramite correlazioni con stratigrafie di pozzi profondi e sondaggi vicini si arriva ad indagare uno spessore di oltre 300 mt.

### SEZIONE COSTIERA N. 59



Dalla sezione lungo costa è rilevabile come il sottosuolo all'altezza dell'area oggetto di studio rechi uno spessore superiore a 150 mt di depositi continentali alluvionali sui depositi formazionali marini. I depositi continentali appartenenti alle Unità idrostratigrafiche "A" e "B" (Subsistemi AES8, AES7, AES6 e AES, pleistocene medio – superiore; Regione Emilia Romagna, ENI – AGIP, 1998 Riserve idriche della Regione Emilia Romagna a cura di G. di Dio) giacciono con assetto stratigrafico suborizzontale o drappeggiato sui terreni di origine marina del substrato plio - plestocenico (Unità idrostratigrafica "C" rappresentata in loco dalle Sabbie Gialle di Imola "IMO" e dalla Formazione delle Argille Grigio – azzurre "FAA") coinvolto negli accavallamenti che rappresentano le strutture tettoniche sepolte citate nel paragrafo precedente e pertanto in netta discontinuità stratigrafica rispetto ai terreni sovrastanti.

Pertanto questi dati ci forniscono il quadro geologico generale omogeneo almeno per una fascia di territorio esteso dalla linea di costa fino in vicinanza ai primi rilievi collinari. Il modello geologico è quello di uno spessore piuttosto consistente di sedimenti depositi in dominio continentale in giacitura suborizzontale al di sopra dei terreni di origine marina che rappresentano il substrato e costituiscono le strutture tettoniche sepolte legate all'orogenesi appenninica.

## 3 ANALISI GEOLOGICA

### 3.1 Ubicazione e geomorfologia

L'area in studio è situata nel territorio urbanizzato di Rimini, in zona Bellariva, a circa 550 mt di distanza dall'attuale linea di costa e 140 ml a sud ovest della Linea Ferroviaria Rimini - Ancona.

L'aspetto morfologico generale è quello subpianeggiante, tipico delle fasce costiere basse, originato dall'interazione tra ambiente continentale (alluvionale) e marino (litorale). Le caratteristiche unità morfologiche del paesaggio costiero quali cordoni e dune sabbiosi sono scomparse lasciando spazio ad estese aree urbanizzate e ad un diffuso appiattimento degli arenili a seguito dell'intensa attività turistico - balneare.

La estensione lineare del tratto costiero consente una azione piuttosto regolare da parte delle correnti litorali e la formazione di una fascia sabbiosa estesa anche a distanza dalle foci fluviali che costituiscono le fonti di alimentazione per lo sviluppo del sistema deposizionale litorale. La larghezza dell'arenile dipende dalla migrazione delle foci nel tempo e dalla presenza di manufatti trasversali quali porti, moli e barriere che modificano e condizionano il regolare sviluppo delle correnti.

La regressione marina dell'ultimo millennio ha creato lo scenario attuale dove l'avanzata della spiaggia sul mare ha comportato un accrescimento medio annuo dell'arenile di circa 1.5 mt tra il 1820 e il 1970 ("L' Erosione Marina tra i Litorali di Cervia e Pesaro"; Antoniazzi A., 1976) nel tratto costiero di interesse; ciò a tutto vantaggio dell'attività balneare.

In particolare l'area si colloca alla quota altimetrica media di ml +2.6 s.l.m.. Data la morfologia sub pianeggiante non si rinviene alcuna evidenza di fenomeni gravitativi.

### **3.2 Geologia e stratigrafia**

Una ricostruzione della geologia di superficie e del primo sottosuolo è possibile attraverso la consultazione della Carta Geologica della Regione Emilia Romagna che viene riportata in stralcio nella pagina successiva.

La carta Geologica della Regione Emilia Romagna rappresentata in stralcio in figura a pagina successiva, inquadra l'area nel Subsistema di Ravenna (AES8; *Pleistocene superiore - Olocene*) che è quello sommitale del Sistema Emiliano - Romagnolo Superiore composto da depositi litorali e alluvionali. Le unità sono distinte sulla base della Carta Geologica del recente rilevamento Carta Geologica della Regione Emilia Romagna alle quali si riferisce anche la simbologia adottata. A partire dalle unità più antiche si possono distinguere:

#### **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. In affioramento e nel sottosuolo prossimale alla catena il limite inferiore è erosivo e discordante sui depositi marini della Formazione delle Argille Azzurre (FAA). Sistema parzialmente suddiviso in subsistemi (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 subsistemi. Spessore massimo circa 200 mt (sottosuolo della pianura). Età: Pleistocene medio-Olocene.

#### **Subsistema di Ravenna (AES8)**

Depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale, di piana di sabbia litorale e, nel settore a mare, di prodelta e transizione alla piattaforma. Nella valle del Fiume Marecchia i depositi fluviali sono organizzati in 3 ordini di terrazzo con inclinazione media di 5-6 per mille. 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 (10YR, 2,5Y), 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. Subsistema contenente un'unità di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo di 20-25 metri.

Pleistocene superiore - Olocene.

#### **Unità di Modena (AES8a)**

Ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma.

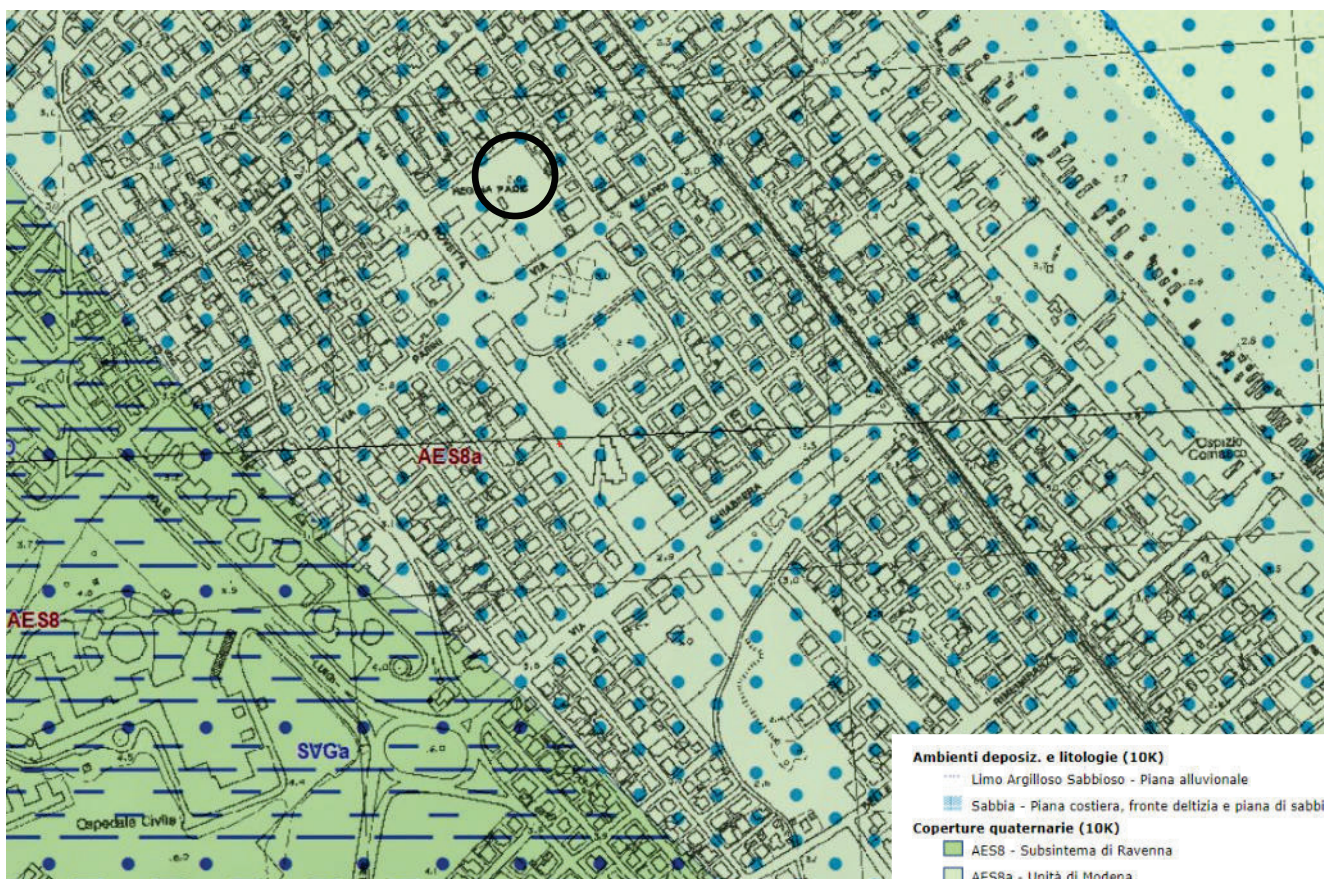
Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro (2,5Y) al tetto, privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati e caratterizzato da una buona preservazione delle forme deposizionali originarie (es. argini e bacini interfluviali). Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. Include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione b1 che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Spessore massimo 3-4 metri. Età: post-romana (IV-VI sec. d.C.-Attuale; datazione archeologica). Olocene

L'area si colloca nell'ambito territoriale della Unità di Modena (AES8a; vedi figura successiva) nei pressi del passaggio con i terreni del Subsistema di Ravenna che è quello sommitale del Sistema Emiliano Romagnolo superiore formato da depositi alluvionali, deltizi, litorali e marini organizzati in successioni cicliche di vario ordine gerarchico.

I terreni presenti sono costituiti da sabbie medie o medio - fini, generalmente ben classate, con laminazione a basso angolo cuneiforme o concavo - convessa, talora evidenziata da allineamenti di livelli di frustoli vegetali. Localmente si possono notare sottili intercalazioni limo-argillose. Le strutture sedimentarie rivelano una situazione di media - elevata energia deposizionale in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungocosta. La frequente presenza di ghiaie in livelli organizzati e con ciottoli ben arrotondati denota la vicinanza di fonti di apporto grossolano.

I terreni limo argillosi e argillo - limosi sottostanti originati dal trasporto e accumulo alluvionale nella parte distale della conoide del Torrente Ausa e del torrente Marano. Essi si presentano come massivi o possiedono deboli laminazioni, talora sono alternati a sottili livelli limo-sabbiosi, e quindi possiedono caratteri tipici di ambienti di piana inondabile. La presenza a luoghi abbondante di calcinelli e masserelle carbonatiche è indice di probabile esposizione subaerea.

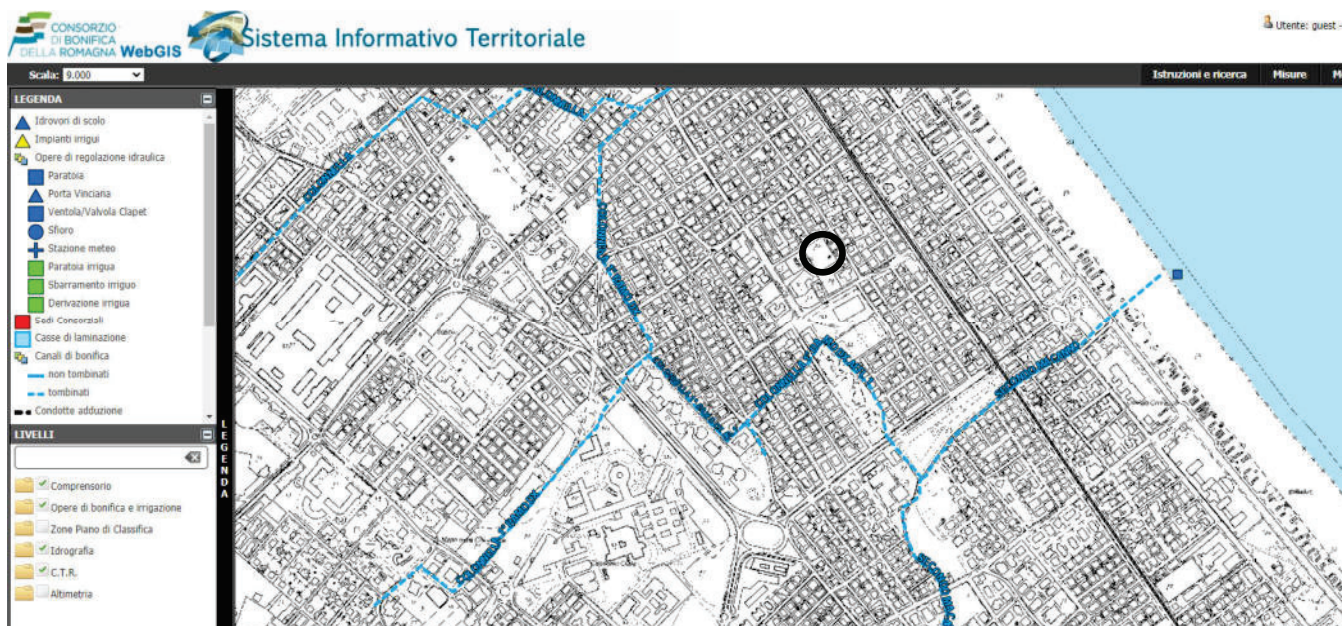
Alcuni livelli isolati di sabbie limo - argillose all'interno dei depositi alluvionali fini denotano un'aumento di energia deposizionale che li fa interpretare come possibili strutture di rotta d'argine o di paleoalveo.



### 3.3 Idrografia e idrogeologia

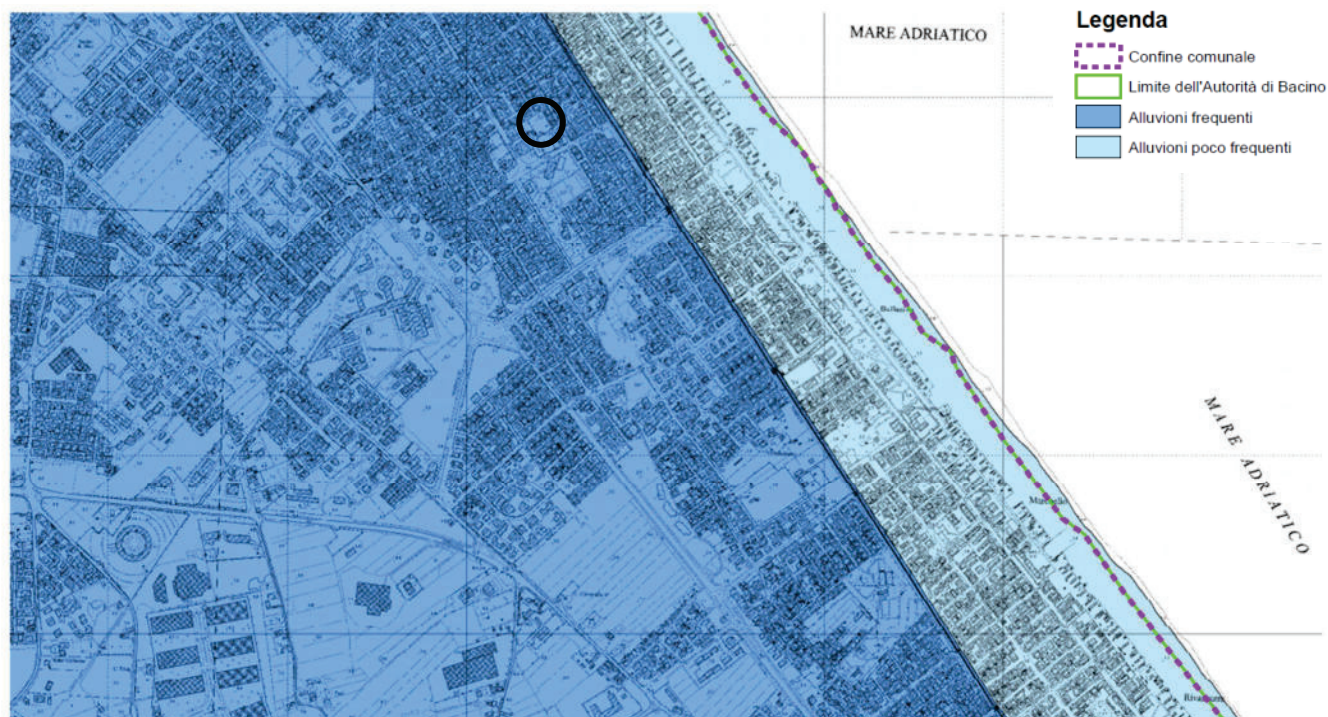
L'elemento idrografico principale è costituito dalla Fossa Macanno, ora tombinata, che dista poco più di 400 mt dall'area in oggetto. La rete idrografica di superficie è costituita da una serie di fossi, di scoli e piccoli corsi d'acqua con bacino idrografico modesto e per lo più tombinati.

Nell'area urbanizzata la idrografia superficiale risulta assente in quanto ha lasciato gradualmente il posto alla regimazione antropica delle acque con il tombinamento dei corsi d'acqua secondari quali lo Scolo Colonnella che scorre in sotterraneo nei pressi del lotto (vedi stralcio planimetrico successivo). Pertanto l'originario reticolo idrografico riveste una importanza ormai trascurabile rispetto alla rete fognaria sotterranea che convoglia le acque meteoriche fino al mare.



Per quanto attiene il rischio idraulico si fa riferimento allo studio della Autorità Interregionale di Bacino Marecchia Conca (Variante al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico approvata con DPCM del 25 febbraio 2020 e pubblicato sul BURERT n. 420 del 4 dicembre 2020). In particolare la tavola n. 5.1 ("Mappe di pericolosità del reticolo secondario di pianura"; vedi stralcio planimetrico seguente) colloca l'area oggetto di intervento all'interno di un territorio caratterizzato da "alluvioni frequenti" (elevata probabilità – P3), trattate dagli artt. 20 e 21 delle Norme di Piano.

Per quanto riguarda le alluvioni marine vista la considerevole distanza dalla linea di riva non è segnalata alcuna tipologia di pericolo





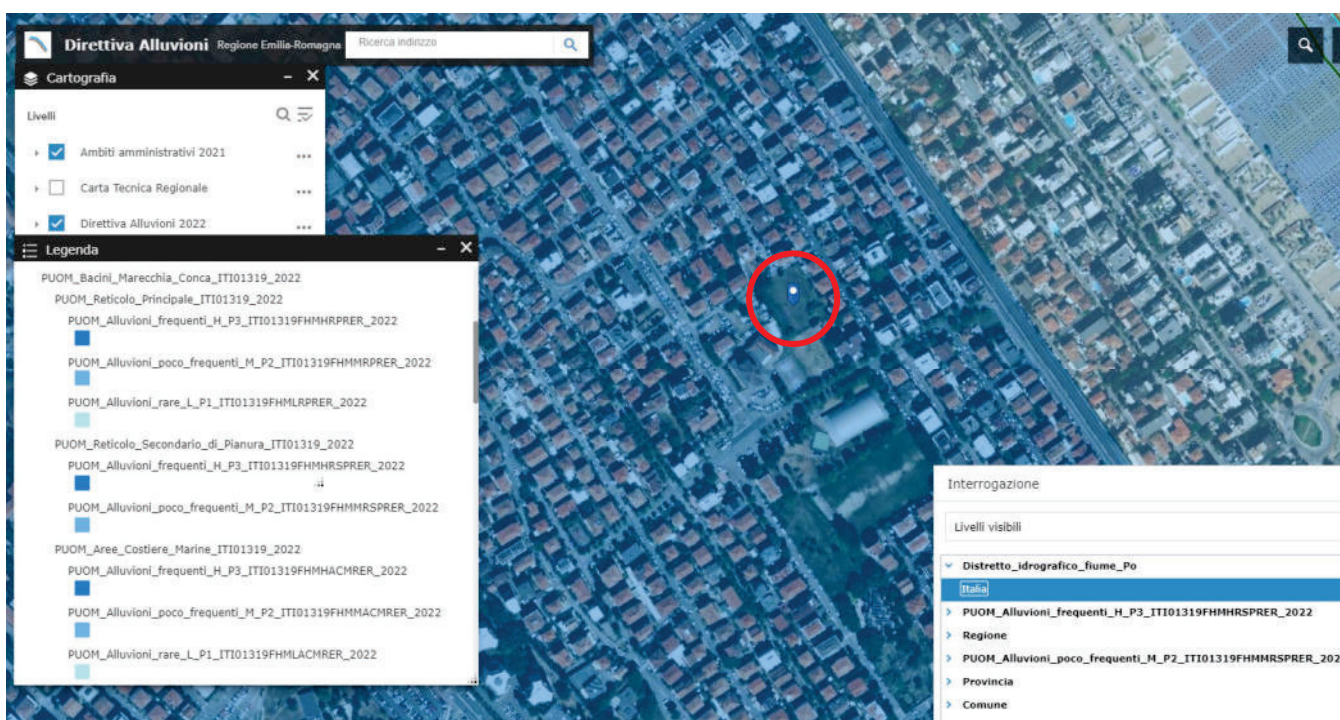
Inoltre è stata pubblicata la versione aggiornata della Direttiva Alluvioni 2022. La nuova “cartografia interattiva Moka” è l’applicazione web GIS creata dalla Regione Emilia-Romagna per la visualizzazione delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) relative, in particolare, al territorio regionale ricadente nel Distretto del Fiume Po.

In questa versione sono disponibili alla consultazione i dati di pericolosità relativi al secondo ciclo di attuazione della Direttiva 2007/60/CE, conclusosi nel dicembre 2021, definitivamente approvati dall’Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po con Decreto Segretariale (DS) n. 43/2022 del 11 aprile 2022. Rappresentano le mappe di pericolosità più aggiornate di cui al PGRA vigente perché accolgono i dati relativi all’ultima fase del percorso di aggiornamento delle mappe (2021-2022), comprensivo del percorso di osservazione e partecipazione.

Uno stralcio con indicato il grado di pericolo sia di alluvione da reticolo idrografico principale che di allagamento da reticolo idrografico secondario nonché quello da alluvioni marine (vedi in figura successiva “livelli visibili” nel menù a tendina denominato “interrogazione”) viene di seguito riportato e segnala allo stesso modo della Variante PAI 2016 la presenza di “alluvioni frequenti” (elevata probabilità – P3) per il reticolo secondario di pianura. Si fa presente che in questo caso i retini dei vari livelli sono sovrapposti e non ben distinguibili anche se l’interrogazione chiarisce qualsiasi possibilità interpretativa.

In base a quanto riportato nel Decreto 131/2021 a firma del Segretario Generale dell’Autorità di Bacino Distrettuale del Po, art. 3 comma 3, per le aree relative al PGRA contenute nella Variante al PAI 2016 e per quelle ulteriori introdotte con la Variante al PGRA in itinere si applicano le disposizioni di cui al titolo IV delle NTA della Variante al PAI 2016 riferendosi agli art. 20 e 21 sopraccitati.

In ogni caso il sito dell’Autorità di Bacino del Fiume Po attesta che gli elaborati oggetto della Variante PAI Marecchia-Conca 2016 che riguardano il PGRA, ovvero il reticolo idrografico secondario e l’ambito costiero, sono da considerarsi superati dalle mappe della direttiva alluvioni 2022 del PGRA riportata in stralcio nella successiva in figura n. 11.



Dal punto di vista idrogeologico l’area ricade in un piccolo bacino compreso tra il territorio freatico di influenza del Torrente Ausa a nord- ovest e del Torrente Marano a sud est.

Le sabbie e ghiaie litorali del primo sottosuolo possiedono buone capacità drenanti: permeabilità da media ad elevata e discreta porosità efficace. La falda freatica, caratterizzata da oscillazioni contenute, è alimentata da precipitazioni direttamente insistenti sull’area e dalla infiltrazione idrica da monte.

All'epoca in cui è stata effettuata la campagna geognostica (agosto 2021) si è rilevata la presenza di falda a profondità compresa tra 0.7 e 0.8 mt dal piano di campagna.

In sintesi da questi dati nonché in base alla raccolta di testimonianze storiche e alla conoscenza idrogeologica locale derivata da alcune indagini effettuate sul territorio limitrofo, in caso di precipitazioni intense e prolungate con apporto idrico nel sottosuolo da monte, è ipotizzabile un massimo innalzamento della falda a -0.50 mt dal piano di campagna.

Tuttavia occorre considerare come tale previsione possieda un certo margine di incertezza trattandosi di valutazioni non suffragabili direttamente visto anche il breve periodo a disposizione per l'indagine in rapporto alle oscillazioni stagionali e ai cicli meteorologici pluriennali.

### **3.4 Litologia e caratteristiche geotecniche**

La campagna geognostica è stata eseguita, in accordo con la parte progettuale a cui è stato sottoposto preliminarmente il piano di indagine, mediante l'utilizzo di penetrometro statico con allestimento tipo "Pagani" da 20 ton. Tre prove CPTE sono state eseguite ad una profondità di circa 24.90 mt con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica è strumentata per la misura in forma continua della resistenza alla penetrazione statica "qc" della punta conica e resistenza per attrito laterale "fs".

Per l'identificazione dei tipi litologici, oltre alle classiche carte di classificazione di Begemann (1965) e di Schmertmann (1978), ci si è avvalsi di metodologie fondamentalmente basate sul rapporto dei parametri Rp e Rl e dell'indice Ic (soil behaviour index) di Robertson et al. (1986) e Robertson (1990), riferito all'identificazione litologica in termini di Soil Behaviour Type (SBT) e Soil Behaviour Type normalizzato (SBTn) rispettivamente, ovvero, al comportamento meccanico in situ del terreno piuttosto che alla classificazione per mezzo di criteri basati sulla distribuzione granulometrica e la plasticità del materiale determinate su campioni indisturbati

Tale tipologia di prova prove, oltre ad una caratterizzazione litologica della successione stratigrafica, permettono in terreni sabbiosi di ricavare i valori di angolo di attrito interno "Fi" e di densità relativa "Dr"; inoltre in terreni coesivi possono fornire, attraverso le esperienze pratiche di Begemann, i dati di resistenza del terreno in termini di tensioni totali ("Cu" coesione non drenata).

Le caratteristiche dello strumento utilizzato, i grafici e le tabelle analitiche delle penetrometrie sono riportati in allegato n. 4. La ubicazione, unitamente a quella della prova geofisica HVSR, e delle penetrometrie CPTU-E realizzate in precedenza è riportata in allegato n. 3.

A completamento dell'indagine si è utilizzato, a conferma sulla omogeneità della successione stratigrafica locale, il profilo stratigrafico di un sondaggio (S3) appartenente alla banca dati geognostica del PSC-RUE del Comune di Rimini realizzato in area vicina (vedi allegato n. 2; per ubicazione vedi allegato n. 1).

Pur restando prerogativa del Progettista la definizione del piano delle indagini ai fini della modellazione geotecnica (paragrafo 6.2.2. del D.M. 17/01/18), si ritiene che le prove effettuate in sito, unitamente agli strumenti correlativi geognostici e geofisici, permettano una caratterizzazione del sottosuolo tale da soddisfare esaustivamente il concetto di "volume significativo di terreno" ovvero "la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso".

L'indagine geognostica ha consentito di definire il quadro stratigrafico dell'area in esame e di individuare n. 4 litotipi nei terreni costituenti il primo sottosuolo in base alle caratteristiche geotecniche.

Sulla base delle esperienze empiriche di G. Sanglerat e di altri Autori si sono ricavate, dalla resistenza alla penetrazione delle prove penetrometriche, le caratteristiche geomeccaniche dei terreni oggetto di analisi (vedi "formule correlative per determinazione parametri geotecnici" in allegato n. 4). I dati geotecnici così ottenuti sono stati sottoposti a verifica con i parametri ottenuti da prove di laboratorio effettuate su provini prelevati in aree vicine permettendo di caratterizzare, entro un determinato range di variabilità, il comportamento geomeccanico dei terreni in esame.

"Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti ... i valori caratteristici dei parametri geotecnici" (vedi paragrafo 6,2,2, NTC 2018) che pertanto sono di competenza del progettista; quelli forniti di seguito sono orientativi e possono rappresentare un utile riferimento per le scelte progettuali.

### N O T A

I parametri geotecnici di seguito riportati sono propedeutici alla individuazione dei valori caratteristici da utilizzare, in relazione alle problematiche geotecniche nonché al volume significativo di terreno interessato, nella verifica agli stati limite di interesse. I valori da adottare nelle verifiche di calcolo, che possono essere tratti dalla tabella sottostante, dovranno rispondere al criterio di "stima ragionata e cautelativa" (paragrafo 6.2.2 NTC) che muove le scelte all'interno di ogni modello geotecnico.

I parametri caratteristici da utilizzare nei calcoli dovranno essere scelti sulla base degli ambiti di variabilità dei valori riscontrati nelle indagini geognostiche per ciascun litotipo, ottenuti previo opportuno filtraggio dei valori ritenuti non attendibili o non rappresentativi; ciò secondo una stima ragionata e cautelativa in funzione dello stato limite di riferimento nonché della presenza/assenza di fenomeni di compensazione spaziale e/o strutturale nel volume significativo di terreno interessato e/o nel sistema opera - terreno. Per i parametri  $D_e$  nonché  $F_i$  e  $C'$  dei litotipi coerenti si sono adottati valori derivanti da analisi di laboratorio effettuate su campioni di terreno con la medesima litologia e valori di resistenza alla penetrazione comparabili.

Le quote di seguito riportate si riferiscono al piano campagna nel punto in cui la penetrometria è stata effettuata. Esso risulta suborizzontale a grandi linee coincidente con il piano stradale adiacente.

LIT.	Profondità Da mt a mt	Descrizione	$D_e$ (ton/mc) Peso di volume	$C_u$ (ton/mq) Coesione totale	$C'$ (ton/mq) Coesione Drenata	$F_i$ (gradi) Angolo di Attri. Interno	$E_d$ (Kg/cmq) Modulo di compress.	$D_r$ (ad) Densità Relativa	OCR (ad) Grado di Sovracon.	$R_p$ (Kg/cmq) Resistenza di punta alla Penetraz.
<b>V</b>	da 0.0 a 1.20/1.40	<b>Livello superficiale</b> Limi sabbiosi e sabbie limose sciolte, suolizzate talora riporto antropico di variabili caratteristiche geotecniche, generalmente scarse; si assumono parametri cautelativi	1.70/ 1.80	/	/	23°- 27°	40 - 70	0.3-0.4	/	10 - 30
<b>S</b>	da 1.20 / 1.40 a 6.90 / 7.30	<b>Sabbie da poco a med. addensate</b> litorali costituiti da sabbie medio fini e medie con discrete/buone caratt. geotecniche e contenuta compressibilità; presenza di livelli limo-argillosi alla base del litotipo	1.80/ 1.90	/	/	28°-33°	80 -150	0.4-0.6	/	20 - 80
<b>L</b>	da 6.90 / 7.30 a termine penetrom.	<b>Limi argillosi</b> di origine alluvionale, da poco a med. consistenti e a compressibilità da contenuta a media; presenza di sottili livelli limo - sabbiosi	1.90/ 2.0	4 - 11	0.5-1.0	20°-23°	45 - 75	/	1 - 2	8 - 22

## 4 INDAGINI GEOFISICHE

### 4.1 Considerazioni generali

L'art. 3.2.2. Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17-01-2018) recita: *“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 paragrafo 7.11.3 del DM. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del DM, 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, VS”*.

L'indagine geofisica proposta in questa sede è esclusivamente finalizzata all'eventuale applicazione di un “approccio semplificato”, come previsto ed in alternativa alla sopra menzionata risposta sismica locale.

Si precisa tuttavia che la definizione delle *“velocità Vs per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al paragrafo 6.2.2”*, e pertanto a tal fine è prerogativa del Progettista la decisione di svolgere una indagine geofisica integrativa a quella qui proposta.

Inoltre resta discrezione del Progettista definire se *“le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II”* e pertanto scegliere l'approccio metodologico (semplificato o risposta sismica locale) che più ritiene opportuno anche in funzione della tipologia e dell'importanza dell'opera da realizzare.

Nell'intorno del sito di intervento non è stato possibile eseguire un'indagine sismica di passiva con microtremori a stazione singola per la presenza diffusa di copertura stradale, marciapiedi e manufatti. Gli unici punti verificati hanno dimostrato la presenza di persistenti e diffuse inversioni di velocità che, di fatto, hanno invalidato le registrazioni effettuate.

Pertanto, in accordo con la parte progettuale, la definizione del profilo di suolo si è utilizzata la campagna geofisica condotta dal Dott. MERLI Alessandro per la micro zonazione sismica di III° livello per piano particolareggiato denominato “regina pacis-scheda di prg 9.3b–via Buonamici/via Gravina, Comune di Rimini (RN). Tale campagna si avvale di sia di una registrazione a stazione singola (HVSR2) che di una prova di sismica attiva (“CPTS3”) entrambe riportate in allegato n. 5.

### 4.2 Risultanze delle indagini geofisiche

Le indagini geofisiche sopra descritte, realizzate: la CPTS3 in data 15-03-2008 in via Parini e la HVSR1 nel lotto di edificazione (per ubicazione vedi allegato n. 1 e n. 3), sono state eseguite per soddisfare i requisiti relativi dell'approccio semplificato richiesto dalle NTC tutt'ora vigenti ed aggiornate (DM 17-01-2018). Tale approccio si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS”.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:  $VS_{eq} = H / \sum_{i=1, N} h_i / VS_i$  dove  $h_i$  e  $VS_i$  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 30 m di sottosuolo. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro Vs30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel caso specifico dall'analisi delle indagini HVSR e CPTS si verifica la condizione per cui la profondità del “bed rock” sismico è superiore ai 30 mt; pertanto la VS,eq è definita dal parametro Vs30 ed il sito in oggetto è caratterizzato da una velocità delle onde di taglio (Vs30) rispettivamente di 184 mt/sec calcolata da -0.0 a -30.0 mt dal p.c. e di 186 mt/sec da -1.0 a 30.0 mt.

## 5 PERICOLOSITA' SISMICA

### 5.1 Sismicità dell'area

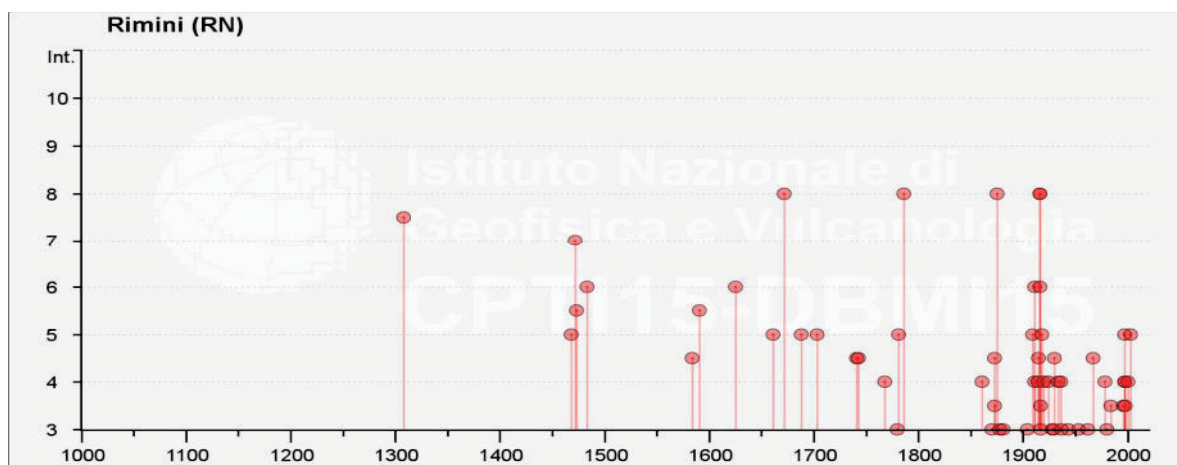
Facendo riferimento alle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno censiti nel Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani di seguito si riporta in breve la storia sismica del territorio riminese. Quest'ultima è stata effettuata mediante la consultazione del database dell'INGV CPTI - DBMI15 v 3.0 di cui di seguito si riporta uno stralcio.

Seismic history of		Rimini										
PlaceID		IT_41984										
Coordinate (lat, lon)		44.059, 12.568										
Municipality		Rimini										
Province		Rimini										
Region		Emilia-Romagna										
No. of reported earthquakes		78										
Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw	Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw	
7-8	1308 01 25 17 15	Rimini	1	7-8	5.33	7-8	1308 01 25 17 15	Rimini	1	7-8	5.33	
5	1468 06 06 10 30	Romagna	3	4	3.7	5	1468 06 06 10 30	Romagna	3	4	3.7	
7	1472	Rimini	1	7	5.1	7	1472	Rimini	1	7	5.1	
5-6	1473 02 02	Rimini	1	5-6	4.4	5-6	1473 02 02	Rimini	1	5-6	4.4	
6	1483 08 11 19 40	Romagna	14	8	5.69	6	1483 08 11 19 40	Romagna	14	8	5.69	
F	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32	F	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32	
4-5	1584 09 10 20 30	Appennino forlivese	17	9	5.97	4-5	1584 09 10 20 30	Appennino forlivese	17	9	5.97	
5-6	1591 07 10	Romagna	6	6-7	5.13	5-6	1591 07 10	Romagna	6	6-7	5.13	
6	1625 12 05	Rimini	1	6	4.63	6	1625 12 05	Rimini	1	6	4.63	
5	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6.05	5	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6.05	
8	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5.59	8	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5.59	
5	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84	5	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84	
F	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.4	F	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.4	
F	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92	F	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92	
5	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6.67	5	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6.67	
4-5	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6.17	4-5	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6.17	
4-5	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6.68	4-5	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6.68	
4	1768 10 19 23	Appennino forlivese	45	9	5.99	4	1768 10 19 23	Appennino forlivese	45	9	5.99	
3	1780 05 25	Romagna	5	5-6	4.4	3	1780 05 25	Romagna	5	5-6	4.4	
5	1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10	6.12	5	1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10	6.12	
8	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5.66	8	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5.66	
4	1861 10 16	Romagna	10	6-7	5.13	4	1861 10 16	Romagna	10	6-7	5.13	
3	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5.61	3	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5.61	
4-5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85	4-5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85	
3-4	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29	3-4	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29	
NF	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96	NF	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96	
8	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74	8	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74	
3	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84	3	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84	
3	1881 09 28	Cesena	24	6-7	4.71	3	1881 09 28	Cesena	24	6-7	4.71	
3	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1	3	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1	
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36	5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36	
NF	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34	NF	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34	
4	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5.26	4	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5.26	
6	1911 03 26 13 51	Riminese	9	5	5.04	6	1911 03 26 13 51	Riminese	9	5	5.04	
NF	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65	NF	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65	
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63	4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63	
4-5	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08	4-5	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08	
8	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82	8	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82	
6	1916 06 16 01 27	Riminese	17	6	4.82	6	1916 06 16 01 27	Riminese	17	6	4.82	

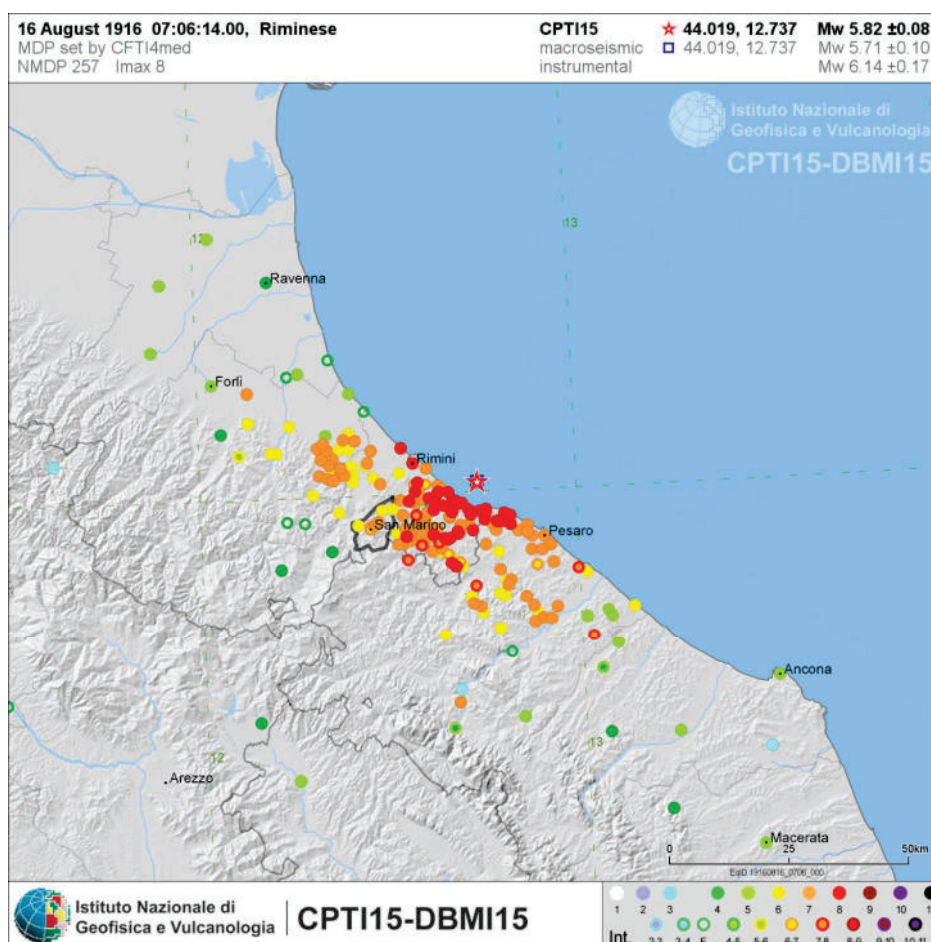
Estratto della tabella esplicativa riportante i parametri che costituiscono il formato sintetico del database

Parametro	Descrizione	Provenienza
NMDP	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto	CPTI11 (N)
Io	Intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg	CPTI11
Mw	Magnitudo momento	CPTI11 (Mw)

## Distribuzione temporale degli eventi sismici considerati



## Cartografia in cui si evidenziano le intensità dell'evento sismico di riferimento della serie storica



Sulla scorta di tali cataloghi nonché di più approfondite informazioni storico-scientifiche e di studi su modelli geodinamici e crostali l'INGV ha sviluppato un database delle sorgenti sismogenetiche attive denominato DISS3, contenente potenziali fonti per i terremoti più grandi di 5,5 M in Italia e nelle aree circostanti. L'area d'intervento, risulta ricadere nella sorgente sismogenetica ITIS036 denominata "Val Marecchia - Rimini On shore" (Basili R., G. Valensise 2001).

L'area in studio rientra anche all'interno della zona sismogenetica n. 917 (Rimini - Ancona; vedi figura successiva) nell'ambito della zonazione "ZS9" definita dal "Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa della Pericolosità Sismica" dell'INGV. Nel rapporto conclusivo al paragrafo 6.3 è stato individuato un valore ovvero  $M_{wmax2} = 6.14$ , peraltro riportato in "Indicazioni e Criteri per la Microzonazione Sismica" al paragrafo 2.8.2, e considerato a favore della sicurezza per stimare il valore della magnitudo che può essere utilizzata per le verifiche di stabilità e di liquefazione dei terreni e/o progettazione di opere. Rimane in ogni caso in ambito discrezionale del progettista l'adozione del valore più opportuno di magnitudo ai fini delle verifiche di calcolo in funzione della tipologia di opera nonché delle relative classe d'uso, vita nominale ed esposizione al rischio.

## 5.2 Azione sismica

L'azione sismica sul modello geotecnico è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria "A" nelle NTC). Le valutazioni della "pericolosità sismica di base" derivano da studi condotti a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure trasparenti e metodologie validate.

La "pericolosità sismica di base" è definita in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  in condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno  $T_R$  ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri.

Tali forme spettrali sono contraddistinte da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento della costruzione (insieme definiscono il "periodo di ritorno della azione sismica), per individuare a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili le corrispondenti azioni sismiche.

Nel caso specifico i parametri relativi ad un manufatto in classe d'uso II, vita nominale delle opere  $V_n \geq 50$  anni, periodo di riferimento dell'azione sismica di 50 anni e per un tempo di ritorno di 475 anni relativo allo "Stato Limite di Salvaguardia della Vita", sono:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno = 0.183g
- $F^\circ$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale = 2.482
- $T_c$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale = 0.295s

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del *reticolo di riferimento*, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento. In allegato n. 6 si riportano i parametri di pericolosità sismica ricavati con la procedura sopra descritta per il sito oggetto di studio.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di interesse e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

## 5.3 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

### **5.3.1 Definizione e individuazione della categoria di suolo**

Come già illustrato nel paragrafo 4.1 in alternativa ad una analisi di risposta sismica locale si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla definizione delle categorie di suolo di riferimento alla tabella 3.2.II del paragrafo 3.2.2. nelle NTC come di seguito illustrato:

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

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

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

La classificazione si effettua in funzione dei valori della velocità equivalente  $V_{Sh}$  di propagazione delle onde di taglio (definita precedentemente) entro i primi 30 m di profondità o, se inferiore, fino alla profondità in cui compare il substrato con  $V_S > 800$  mt/sec. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, per quelle profonde su pali essa è riferita alla testa dei pali.

In definitiva, pur ribadendo la discrezionalità e responsabilità in capo al progettista come precisato al paragrafo 4.1, si ritiene, sulla base delle indagini HVSR e CPTS svolte rispettivamente a profondità compresa tra 0.0 e 30.0 mt e -1.0 e -31.0 mt dal p.c. nonché della condizione stratigrafica, di poter inquadrare il suolo di fondazione all'interno della **categoria "C"**, ovvero "*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".

### 5.3.2 Individuazione dell'amplificazione stratigrafica, della condizione topografica e della accelerazione massima attesa al sito

Nella definizione della pericolosità sismica di sito si devono verificare, quindi, i possibili fenomeni di amplificazione sismica locale dovuti alla situazione stratigrafica, con particolare riferimento alla tipologia di suolo definita in seguito alla valutazione delle  $V_{Sh}$  (vedi paragrafo precedente) ed all'assetto morfologico locale.

Pertanto il coefficiente  $S$  da inserire nelle formulazioni per la definizione dell'accelerazione sismica max ( $A_{gmax}$ ) e per i relativi spettri elastici di riferimento risulta:

$$S = S_s * S_T$$

Lo schema per la definizione del  $S_s$  che si riferisce alle categorie di suolo in tabella 3.2.II riportata nel paragrafo precedente, con il D.M.17/01/2018, risulta:

Classe	$S_s$
<b>A</b>	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_{g/g} \leq 1,20$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_{g/g} \leq 1,50$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_{g/g} \leq 1,80$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_{g/g} \leq 1,60$

dove  $F_0$  è l'amplificazione spettrale massima, su bedrock orizzontale (vedi paragrafo 3.2) si ricava, come  $a_g$ , dalla tabella allegata al D.M.17 gennaio 2018.

Pertanto il valore di  $S_s$  adottabile in sito per un suolo tipo C, considerando i valori  $F_0=2.482$  e  $A_g=0.183$  (da assumere allo SLV per eventuali calcoli agli stati limite ultimi per la stabilità dei terreni), risulta:  $S_s=1.43$ .



Infine le NTC prevedono la scelta della situazione topografica di sito. Per configurazioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione che vale per condizioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, che devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella successiva tabella, in funzione delle categorie topografiche ivi definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	$S_T$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,4

La situazione topografica del nostro caso, potendo essere generalmente assimilato a “superficie pianeggiante”, rientra nella categoria T1 che non reca alcuna tipo di amplificazione. Da quanto sopra il coefficiente di amplificazione  $S$  risulta:

$$S = S_s * S_T = 1.43 * 1.0$$

e l'accelerazione max attesa nel sito al suolo libero al periodo  $T=0$ :

$$A_{g_{max}} = 0.183 * 1.43 * 1.0 = \mathbf{0.26}$$

## 5.4 Valutazione del potenziale di liquefazione

I litotipi costituenti la successione stratigrafica del primo sottosuolo sono di origine litorale e alluvionale. Tali depositi se sottoposti ad intense e prolungate sollecitazioni cicliche (come in caso di sisma) possono ipoteticamente collassare e fluidificarsi; ciò accade quando le deformazioni di taglio superano valori di soglia per cui si innesca un aumento repentino delle pressioni interstiziali. I parametri litomeccanici che condizionano il fenomeno della liquefazione sono: composizione e uniformità granulometrica, grado di addensamento, stato di consolidazione e tensionale a cui sono sottoposti in natura i terreni, presenza di falda, spessore dei depositi potenzialmente liquefacibili.

Nel D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) l'approccio metodologico delle verifiche alla liquefacibilità viene descritto all'interno del paragrafo 7.11 (Opere e Sistemi Geotecnici). In dettaglio, al paragrafo 7.11.3.4.2, la norma prevede che si possa omettere la verifica nel caso si realizzino alcune condizioni di accelerazione, intensità sismica, resistenza alla penetrazione nei terreni e distribuzione granulometrica degli stessi; in tal senso la norma prevede 5 circostanze di riferimento e, nel caso si manifesti almeno una di queste, la verifica alla liquefazione può essere omessa.

Nel caso specifico le penetrometrie eseguite (vedi allegato n. 4) ed i sondaggi vicini utilizzati a titolo correlativo permettono di valutare la stratigrafia fino ad una profondità superiore a 20.0 mt dal piano di campagna oltre la quale la pressione litostatica tende sicuramente ad inibire il fenomeno. Özocak A., Sert S. (2010 – Evaluation of liquefaction risk by a revised LPI approach. *Proc. of the 2nd Int. Symp. on Cone Penetration Testing*, Huntington Beach, CA, USA, May 2010), sulla base di evidenze sperimentali successive ai terremoti di Adapazari (Turchia) del 1999 e sulla base delle curve limite per manifestazioni di liquefazioni in superficie di Ishihara (1985), hanno proposto di assumere per terremoti di magnitudo "usuale" la profondità critica di 10 m.

In base alla ricostruzione stratigrafica si possono fare le seguenti assunzioni:

- Il litotipi sabbiosi “V” e “S”, di origine litorale, presenti fino a -7.30 mt dal piano di campagna, rientrano totalmente o parzialmente nel fuso granulometrico dei sedimenti incoerenti potenzialmente suscettibili al fenomeno della “liquefazione”.

- Il litotipo L a consistente contenuto limo – argilloso risulta ricadere al di fuori dei fusi granulometrici dei sedimenti potenzialmente suscettibili al fenomeno della “liquefazione” secondo quanto indicato al punto n. 4 del paragrafo 7.11.3.4.2 - D.M. 17 gennaio 2018 (riferimento fig. 7.11.1) e secondo quanto ipotizzato da vari autori (Seed - Idris 1967, Kishide 1970, Tsuchida, 1970).

Pertanto in accordo con le teorie degli autori sopracitate e delle considerazioni di carattere stratigrafico la verifica della suscettibilità alla liquefazione è significativa fino alla profondità in cui sono presenti i litotipi (vedi lit. “S”) potenzialmente liquefacibili non trascurando, tuttavia, gli orizzonti sabbiosi e gli effetti di degradazione delle porzioni più compressibili dei depositi coerenti (litotipo L).

La possibilità del verificarsi del fenomeno consiglia una verifica di calcolo può essere effettuata con metodologie di tipo storico – empirico in cui il coefficiente di sicurezza è scelto con adeguato margine a discrezione del progettista. Sotto l’azione di un sisma i sistemi geotecnici (vedi paragrafo 7.11.3. delle NTC: “Risposta sismica e stabilità del sito”) devono rispettare gli stati limite ultimi con i requisiti di sicurezza indicati al paragrafo 7.1. NTC (*“siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita”*). Pertanto i parametri di pericolosità sismica ricavati con la procedura descritta al paragrafo 5.2 della presente relazione, da assumere nel calcolo, sono quelli del SLV relativo all’opera in progetto.

Per una prima analisi di riferimento, allo stato limite SLV, l’accelerazione massima al suolo può essere ricavata col metodo semplificato dalla relazione  $a_{max} = a_g * S_s$  dove  $a_g$ , a seguito dell’analisi di disaggregazione dell’INGV e delle prescrizioni NTC, è il valore modale dell’accelerazione massima definibile su sito di riferimento rigido relativa allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (0.183; vedi allegato n. 6) e  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica che, in prima battuta e sulla scorta delle valutazioni inerenti le sole  $V_{sh}$ , può essere ipotizzabile riferibile ad una categoria di suolo “C” (vedi metodo indiretto nel paragrafo 4.2.) ovvero pari a 1.43 (vedi tabella 3.2.V paragrafo 3.2.3.2.1 delle NTC). Nel caso specifico il valore ricavabile dalla suddetta relazione è  $a_{max} = 0.26 g$ .

Per quanto concerne la Magnitudo adottabile nelle verifiche di calcolo, come già trattato nel paragrafo 5.1, si può adottare un valore  $M_w = 6.14$  assunto nell’ambito della zonazione “ZS9” come “a favore della sicurezza”. In ogni caso rimane in ambito discrezionale del progettista l’adozione del valore più opportuno di magnitudo ai fini delle verifiche di calcolo in funzione della tipologia di opera e delle relative classe d’uso, vita nominale ed esposizione al rischio.

L’analisi è stata eseguita utilizzando la formulazione semplificata di “Robertson e Wride”, rapportabile a metodi probabilistici, che è uno dei metodi più accreditati dal mondo accademico e scientifico (specificamente raccomandato nelle Linee Guida AGI 2005), versione aggiornata 2009, sviluppato sia sulla prova CPTU-E che CPT meccanica. Esso è basato su un proprio fattore caratteristico di scala della magnitudo (MSF) e propri coefficienti riduttivi ( $R_d$ - $K_\alpha$ - $K_\sigma$ ) atti a determinare i valori di CRR (cyclic resistance ratio) e CSR (cyclic stress ratio) per ciascuno strato, necessari a definirne il rispettivo FS (fattore di sicurezza) rispetto ad una soglia limite di riferimento prefissata.

Nel caso in esame, dato il grado di conoscenza della stratigrafia, di affidabilità delle prove e dei dati utilizzati, nonché del grado di conoscenza delle caratteristiche dei terreni in esame, si è fatto riferimento ad una soglia limite di riferimento per la sicurezza pari ad 1.2, come peraltro suggerito dalla bibliografia di settore (NCEER, 1997/2001 - Robertson 2007 - Juang 2011), soglia riferita ad una probabilità di accadimento estremamente bassa pari a circa  $PL = 15\%$  (conformemente alla trattazione probabilistica di Juang 2011) e all’occorrenza caratterizzata da fenomeni di limitata pressione dei pori senza completamento della liquefazione, comportanti effetti superficiali molto limitati (tab. 9.5 – Quaderni per la progettazione\_Giulio Riga, 2011).

Allo scopo sono stati utilizzati i parametri derivanti dalle penetrometrie CPTe discretizzando la stratigrafia secondo strati di 10 cm (mediando su letture in avanzamento pari 1 cm). Dall’elaborazione della prova CPTe sulla base di relazioni che legano la resistenza alla punta ( $q_c$ ) e quella di attrito laterale locale ( $F_s$ ) la formulazione di Robertson (2009) ricava i parametri di comportamento del terreno “Ic” così come i valori di FC (fine content).

Le condizioni al contorno adottate nel calcolo, riportate in tabella nella pagina successiva, sono le seguenti:

Accelerazione massima al suolo P.G.A. a max = 0.26g (vedi paragrafo 8.3.)
Magnitudo momento da zonazione ZS9 Mw = 6.14
Altezza falda massima stagionale dal piano di campagna Hw = -0.50 mt (vedi paragrafo 3.4)
Piano di riferimento nel calcolo = condizione di "free field" al piano campagna

Come indicatore di rischio complessivo oltre al valore di Fs per ciascun singolo strato, viene stimato anche il potenziale di liquefazione "IL" o "IPL" lungo la colonna stratigrafica secondo il metodo di Iwasaki et Al. 1982 recentemente rivisto ed aggiornato da Sonmez (2003), integrando in modo pesato il potenziale di liquefazione di ciascuno strato su tutto il profilo stratigrafico indagato e/o fino a quelle profondità in cui considerazione di carattere geologico e idrogeologico hanno permesso di escludere l'occorrenza di liquefazione. In base al valore stimato dell'indice del potenziale di liquefazione "IL" si definiscono le seguenti classi di pericolosità seguendo ambiti di severità crescente:

IPL = 0 FL ≥ 1.2	0 < IPL < 2	2 < IPL < 5	5 < IPL < 15	15 < IPL
Non liquefacibile	Potenziale Basso	Potenziale moderato	Potenziale Alto	Potenziale molto alto

Come supporto per un giudizio complessivo possono essere valutati anche altri indicatori di riferimento per una stima del rischio per liquefazione e dei conseguenti effetti sulla stabilità del terreno e delle strutture. Tali indicatori, illustrati nell'ambito delle verifiche (Allegato n. 7), stimano degli scenari di deformazione/danno attesi in superficie sulla base dell'assetto stratigrafico rilevato e del rapporto fra orizzonti liquefacibili/non liquefacibili, consentendo di valutare più approfonditamente i range di IPL cui fare riferimento nel caso specifico.

Il valore PL, quale probabilità complessiva riferita alla stima di IPL, viene calcolato con la seguente formulazione (Papathanassiou et Al. 2008-2010):  $PL=100*(1/((1+\exp(-(-3.092+0.218*IPL))))))$

da cui l'autore definisce una soglia di accadimento/suscettibilità a probabilità elevata ("very high" in tabella "Overall probability" in allegato n. 7) del fenomeno per PL>54%.

Invece il valore di PL riferito al singolo strato ed al relativo FS può essere definito attraverso la

formulazione di Juang et Al. 2011  $P_L = 1 - \Phi \left[ \frac{0.102 + \ln(F_s)}{0.276} \right]$  per cui a valori di FS=1.00 - 1.20 - 1.25 corrisponde una probabilità di accadimento rispettivamente pari a PL=35.6% - 15% - 12%.

La suscettibilità alla liquefazione di ogni singolo strato può essere stimata, quindi, tramite i seguenti intervalli generali di probabilità:

Valori di PL	Classe	Probabilità di liquefazione
0.85 ≤ PL < 1,00	5	Liquefazione quasi certa
0.65 ≤ PL < 0,85	4	Liquefazione probabile
0.35 ≤ PL < 0,65	3	Liquefazione incerta
0,15 ≤ PL < 0,35	2	Liquefazione improbabile
0,00 ≤ PL < 0,15	1	Non liquefazione quasi certa

da Juang 2000-2008 modificato, Facciorusso 2008

Viene altresì proposta una stima indicativa della resistenza residua offerta dai terreni (vedi ultime due colonne "Su/σ'vc" residual strength" e "Sr/σ'vc remoulded undrained shear stress" nella tabella in allegato n. 7) a seguito del potenziale innesco di fenomeni di mobilità ciclica/liquefazione nei terreni incoerenti (Seed, 1987 - Boulanger, 2008) e di degradazione ciclica nei livelli coesivi (Robertson, 2008) per le condizioni sismiche di progetto.

In allegato n. 7 viene riportata una stima di massima dei cedimenti permanenti post-sismici attesi ΔH nei terreni granulari saturi liquefacibili, cumulativa sia per terreni incoerenti che coesivi. Ishihara e Yoshimine (1992) in relazione ai cedimenti stimati ed al grado di danneggiamento/effetti sul suolo attesi identificano tre ambiti di riferimento secondo cui: ΔH < 10 cm "Light to no damage" - 10<ΔH < 30 cm "Medium damage" - ΔH > 30 cm "Extensive damage".

## 5.4.1 Risultati delle verifiche di calcolo

Nel caso specifico le verticali di indagine utilizzate (vedi tabelle e diagrammi di calcolo in allegato n. 7) sono in grado di fornire un'adeguata copertura di calcolo in quanto omogeneamente distribuite sull'area di edificazione. Visti i valori di resistenza alla liquefazione (terreni incoerenti) ed alla degradazione ciclica (terreni coesivi), nell'ipotesi di condizioni free-field (campo libero) si può constatare come il potenziale di liquefazione sia ovunque elevato.

Gli indicatori di riferimento considerati presentano i seguenti valori limite in relazione allo scenario di scuotimento individuato dall'approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio (VS) a cui ci si è riferiti:

VERIFICHE DI LIQUEFACIBILITA'	
PENETROMETRIA CPTE2	IPL = 15.31 - LSN = 69.1 - $\Delta H$ = 16.3 cm - PL = 56.08
PENETROMETRIA CPTE3	IPL = 12.49 - LSN = 57.2 - $\Delta H$ = 14.5 cm - PL = 40.86
PENETROMETRIA CPTE4	IPL = 14.11 - LSN = 56.3 - $\Delta H$ = 16.2 cm - PL = 49.60

Le valutazioni sopra effettuate rappresentano un utile inquadramento sull'andamento del pericolo di liquefazione e dei fattori parametrici ad esso correlabili in quanto le verticali utilizzate forniscono una rappresentazione areale adeguata dell'IPL. Ciò per valutare puntualmente la compatibilità e la ricaduta delle risultanze di ulteriori verifiche sull'esposizione al "rischio" con: i piani di posa dei manufatti, le caratteristiche realizzative delle strutture (geometriche, in elevazione e fondazionali, dimensionamento geotecnico, modalità operative), le prestazioni attese dalle opere e la relativa funzionalità.

Dall'osservazione del diagramma si rileva una situazione secondo cui l'indicatore IPL presenta valori solo leggermente differenti tra i vari casi in quanto lo spessore dei litotipi potenzialmente liquefacibili (S) è simile in tutte le verticali indagate. L'ambito di IPL (Sonmez, 2003 - Facciorusso, 2008 - Juang, 2011) con valori compresi tra 12.49 e 15.31 indicano un potenziale di liquefazione "alto".

Il ruolo fondamentale, nello scenario di rischio complessivo e di danno atteso, è pertanto determinato, oltre che dalla suscettibilità/probabilità di innesco del fenomeno, dalla possibilità o meno che si possano verificare manifestazioni superficiali rilevanti.

E' in quest'ottica infatti che le performance, anche in termini di LSN superiore a 50 e di rapporto tra spessore degli orizzonti liquefacibili/non liquefacibili, farebbero propendere ad una "espressione consistente" dei fenomeni di liquefazione. Infine l'analisi complessiva dei cedimenti postsismici ( $\Delta H$ ) attesi evidenzia valori compresi tra 14.50 e 16.30 cm che, in base alla teoria di Ishihara e Yoshimine, dovrebbero portare a danneggiamenti tendenzialmente da limitati a medi.

Tuttavia occorre menzionare che le verifiche di liquefazione e la valutazione dei suddetti indicatori è stata effettuata al piano di campagna. In realtà progettualmente è previsto uno sbancamento di circa 3.50 mt con asportazione di parte dei livelli liquefacibili quindi soprattutto i cedimenti teorici in tabella saranno inferiori a quelli che si potrebbero manifestare al di sotto dei fabbricati. In particolare si avrà:

PENETROMETRIA CPTU2	A -3.50 dal p.c. Stot = 8.30 cm
PENETROMETRIA CPTU3	A -3.50 dal p.c. Stot = 8.90 cm
PENETROMETRIA CPTU4	A -3.50 dal p.c. Stot = 10.0 cm

Quindi con cedimenti compresi entro 10 cm, in base alla suddetta teoria di Ishihara e Yoshimine dovrebbero portare a danneggiamenti tendenzialmente da nulli a limitati.

**In conclusione, in base di tutte le suddette considerazioni, si ritiene che nel caso specifico il potenziale di liquefazione dei terreni sia "alto" (in base alla classificazione di Iwasaki et Al. 1982 rivista ed aggiornata da Sonmez 2003) al pari della probabilità complessiva ("PL") di innesco dei fenomeni di liquefazione.**

Tutte le verifiche sono state effettuate nell'ipotesi di condizioni free - field (campo libero), ovvero in assenza di carichi/sovraccarichi/sforzi di taglio e delle caratteristiche costitutive naturali dei terreni in sito. Pertanto in sede progettuale sarà opportuno valutare la compatibilità di quanto stimato con le prestazioni dell'opera da realizzare e la relativa funzionalità nonché le possibili interferenze nei confronti del fenomeno di liquefazione. Ciò in base anche a quanto espresso al paragrafo 7.11.3.4.3 delle NTC ovvero: *"L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista"*.

La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse, derivante da un "approccio semplificato" di cui al capitolo 3.2.2 delle NTC/2018. Qualora il progettista ritenga opportuno, la sollecitazione indotta dall'azione sismica potrà essere individuata attraverso un'analisi di risposta sismica locale. Conseguentemente si potranno predisporre ulteriori verifiche di liquefacibilità che meglio potranno definire il valore di IPL.

## 5.4.2 Aspetti normativi e risvolti delle verifiche di calcolo del potenziale di liquefazione

Qualora la parte progettuale identifichi eventuale intervento sull'edificio scolastico come rientrante tra le "nuove costruzioni", in zona 2 ed in conformità alla D.G.R. 1814 del 07/12/2021 ad oggetto *"Atto di indirizzo recante l'individuazione degli interventi strutturali in zona sismiche, di cui all'articolo 94-bis del Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, in adeguamento alle linee guida approvate con il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 30 aprile 2020"*, è necessario verificare se esse *"...si discostano dalle usuali tipologie o sono particolarmente complesse"* secondo quanto previsto all'allegato 1, punto A.2, lettera d).

Ovvero per quanto attiene al pericolo di liquefazione *"strutture realizzate su terreni suscettibili di liquefazione, per i quali dalla relazione geologica si desume un valore dell'indice potenziale di liquefazione maggiore di 5. Nel caso i valori dell'indice potenziale di liquefazione riportati nella relazione geologica siano inferiori a quelli derivanti dagli studi di microzonazione sismica di 3° livello, ove presenti, questi ultimi saranno prevalenti rispetto ai primi"*.

Il Comune di Rimini dispone di uno studio di microzonazione sismica definibile come "Microzonazione sismica livello 3" in attuazione dell'art. 11 della Legge 24-06-2009 n. 77 nelle more di approvazione e di validazione da parte degli organi competenti.

La Tavola 7b (vedi figura a pagina successiva) ovvero la carta che individua i fattori di amplificazione della accelerazione "P.G.A.", è stata redatta nel mese di Agosto 2021 e segnala le "zone suscettibili di instabilità per liquefazione". In particolare tali zone sono suddivise, nell'area oggetto di studio, in due classi in base al valore dell' "Indice di potenziale liquefazione" IL/IPL ovvero  $2 < IL \leq 5$  e  $5 < IL \leq 15$ .

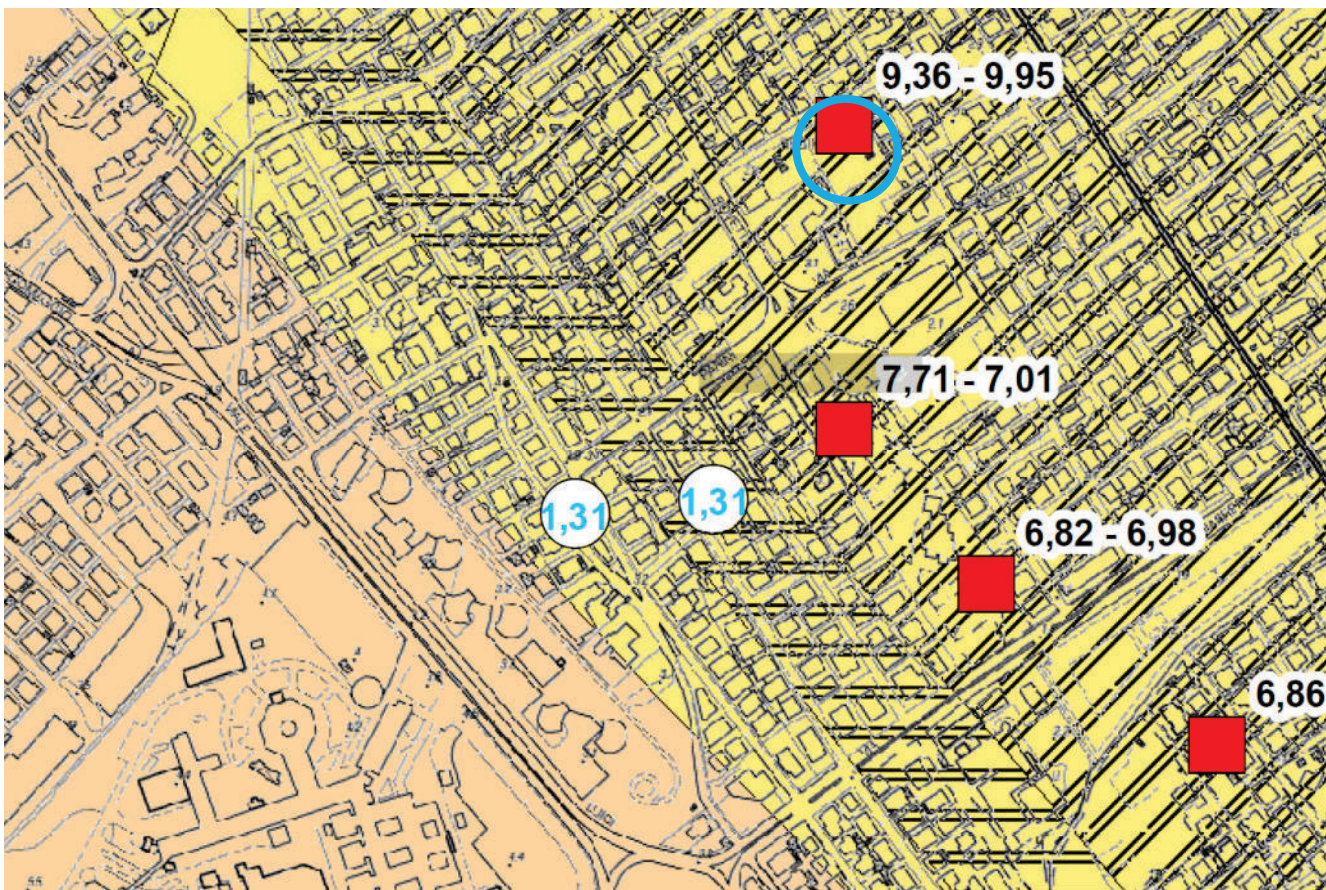


Tavola 7a F.A. PGA - CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 3

**Valore puntuale dell'Indice del Potenziale di Liquefazione IPL**  
 Il primo valore numerico associato alla prova CPTU o CPTE è riferito al corrispondente Indice del Potenziale di Liquefazione. Il secondo è riferito al corrispondente cedimento post-sismico (in cm).

- 0,37 - 0,49 Rischio di liquefazione potenzialmente basso ( $0 < IPL \leq 2$ )
- 4,52 - 4,79 Rischio di liquefazione potenzialmente moderato ( $2 < IPL \leq 5$ )
- 8,5 - 5,78 Rischio di liquefazione potenzialmente elevato ( $5 < IPL \leq 15$ )
- 18,29 - 13,2 Rischio di liquefazione potenzialmente molto elevato ( $IPL > 15$ )

**Elementi cartografici**

Limiti amministrativi

**Etichette relative ai fattori di amplificazione**

- Amplificazione per effetto stratigrafico
- Amplificazione per effetto stratigrafico e topografico

**Zone suscettibili di instabilità**

- F.A. PGA = 1,1 - 1,2
  - ZS<sub>IL</sub> Zone di suscettibilità per le liquefazioni  $2 < IL \leq 5$
  - ZS<sub>IL</sub> Zone di suscettibilità per le liquefazioni  $5 < IL \leq 15$
- F.A. PGA = 1,3 - 1,4
  - ZS<sub>IL</sub> Zone di suscettibilità per le liquefazioni  $2 < IL \leq 5$
  - ZS<sub>IL</sub> Zone di suscettibilità per le liquefazioni  $5 < IL \leq 15$
  - ZR<sub>IL</sub> Zone di rispetto per le liquefazioni  $IL > 15$
- F.A. PGA = 1,5 - 1,6
  - ZS<sub>IL</sub> Zone di suscettibilità per le liquefazioni  $2 < IL \leq 5$
  - ZS<sub>IL</sub> Zone di suscettibilità per le liquefazioni  $5 < IL \leq 15$
  - ZR<sub>IL</sub> Zone di rispetto per le liquefazioni  $IL > 15$

**Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

- F.A. PGA = 1,1 - 1,2
- F.A. PGA = 1,3 - 1,4
- F.A. PGA = 1,5 - 1,6
- F.A. PGA = 1,7 - 1,8
- F.A. PGA = 1,9 - 2,0
- F.A. PGA = 2,1 - 2,2

In particolare siccome l'area in oggetto ricade nella fascia costiera con "rischio di liquefazione potenzialmente elevato"  $5 < IPL \leq 15$  si può affermare che sussistono le condizioni previste nell'allegato 1, punto A.2, lettera d) della D.G.R. 1814/2020. Inoltre il "Fattore di amplificazione per effetto stratigrafico" è segnalato con un valore compreso tra 1.30 e 1.40.

L'indagine in sito con i valori scaturiti dal calcolo con approccio semplificato di IL/IPL compresi tra 12.49 e 15.31 conferma come sussistano le condizioni previste nell'allegato 1, punto A.2, lettera d) del D.G.R. sopra menzionato; esso cita testualmente: "..., si ritiene necessario annoverare, sempre a titolo indicativo, tra le strutture non usuali anche le seguenti tipologie:..... d) strutture realizzate su terreni suscettibili di liquefazione, per i quali dalla relazione geologica si desume un valore dell'indice potenziale di liquefazione maggiore di 5.

Occorre tuttavia sottolineare come le ricadute della "pericolosità sismica locale" (intesa nello specifico come "pericolo di liquefazione"), così come individuata nella presente relazione, sul "rischio sismico" passano da una valutazione integrata da parte del progettista di tutti gli elementi che influiscono sul "rischio sismico" stesso e che includono oltre alla pericolosità anche la vulnerabilità e l'esposizione (questi ultimi due legati alle caratteristiche della struttura ed al suo utilizzo).

Pertanto così come inteso dalla vigente normativa sulle costruzioni (NTC 2018) la possibilità di "procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/ o trasferire il carico a strati di terreno non liquefacibile" oppure o di adottare semplicemente fondazioni dirette rientra all'interno di una valutazione complessiva da parte del progettista sull' "adeguatezza dei margini di sicurezza nei confronti della liquefazione".

## **6 PROBLEMATICHE EDIFICATIVE**

### **6.1 Cenni sulle fondazioni**

Il progetto prevede la costruzione di tre fabbricati di civile abitazione con piano interrato in comune. In questo caso, come illustrato nel paragrafo precedente, la scelta di adottare semplicemente fondazioni dirette oppure "procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/ o trasferire il carico a strati di terreno non liquefacibile" rientra all'interno di una valutazione complessiva da parte del progettista sull' "adeguatezza dei margini di sicurezza nei confronti della liquefazione".

Fondazioni dirette a platea attestata a -3.5 dal piano di campagna potrebbero essere compatibili dal punto di vista statico, in funzione delle caratteristiche geotecniche dei terreni, ma dovrebbero essere dimensionate ed adeguate ai cedimenti prevedibili post-ciclici (vedi paragrafo precedente) che si potrebbero verificare a seguito dell'insorgere dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di fondazioni profonde (pali trivellati o diaframmi in c.a.) queste andranno dimensionate adeguatamente alle azioni di taglio, nonché alla mancanza di adesione laterale negli orizzonti incoerenti potenzialmente liquefacibili (litotipo S), considerando anche possibili effetti di attrito negativo a seguito dei fenomeni di riaddensamento e/o degradazione ciclica.

Nel caso, invece, di ricorso a metodologie di consolidamento (pali in ghiaia, jet grouting, concrete grouting) del terreno per migliorarne le caratteristiche di resistenza alla liquefazione occorrerà monitorare le ricadute a livello di comportamento statico e/o sismico sulle strutture adiacenti. Inoltre, a carico della ditta incaricata e specializzata in consolidamento vi dovrà essere il monitoraggio dell'intervento ed il controllo dei risultati del consolidamento con campo prova e prove in sito della stessa tipologia adottata nella presente indagine. A miglioramento certificato sarà possibile adottare fondazioni dirette a platea attestata a -3.5 mt dal piano di campagna.

Ad ogni modo la scelta della tipologia di intervento sul terreno di fondazione nonché della tipologia e dei piani di posa delle fondazioni dovrà essere a carico del progettista strutturale in funzione delle caratteristiche tecniche delle opere da realizzare. Il dimensionamento delle fondazioni dovrà avvenire con criterio semiprobabilistico sulla base di una modellazione geotecnica agli stati limite di riferimento, tenendo conto delle resistenze caratteristiche dei terreni di fondazione e dei carichi effettivamente trasmessi in condizioni statiche e sismiche; ciò secondo le prescrizioni relative alle verifiche della sicurezza e delle prestazioni contenute nel DM 17/01/2018.

## **6.2 Opere di scavo**

La realizzazione in oggetto e la messa in opera del piano interrato con relativa soletta di fondazione prevede uno sbancamento generalizzato con profondità di circa 3.50 mt comprendente i litotipi V e S privi o dotati di modesta coesione non drenata. In tale situazione l'autosostentamento di fronti di banco subverticali, in situazione a breve-medio termine, non viene garantito.

Per evitare fenomeni di dilavamento e di erosione superficiale a seguito di eventi meteorici intensi, con il conseguente deterioramento delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni, si consiglia la protezione delle pareti di scavo con teloni soprattutto in caso di soste nei lavori.

L'opportunità di dover ricorrere ad opere di sostegno provvisoriale andrà verificata prima di procedere allo sbancamento generalizzato, in funzione dei tempi prevedibili con scavo aperto e nelle situazioni più critiche. Considerate le caratteristiche geotecniche dei terreni anche se lo scavo sarà effettuato non in adiacenza a manufatti e / o strade vicini si auspica la adozione di opere di sostegno provvisoriale. Nel caso specifico occorrerà inoltre prevedere opere (ad esempio diaframmi in c.a o berlinesi di micropali accostati) che tengano conto anche della necessità di abbassare la falda al di sotto del fondo scavo.

La presenza di acqua a fondo scavo è in funzione del periodo in cui verrà effettuato l'intervento edificativo e tuttavia molto probabile. Pertanto occorrerà approntare un impianto di pompaggio (drenaggi o pompe sommerse in funzione della quantità di acqua affluita nello scavo) per provvedere all'aggottamento. Occorrerà prestare la massima cautela nell'abbassare la falda con drenaggi (esempio tipo Well Point); ciò si dovrà tradurre in una limitazione dell'aggottamento al perimetro di scavo e al tempo strettamente necessario per garantire l'operatività di cantiere sul fondo dello scavo. In ogni caso occorrerà adottare tutte le precauzioni e gli accorgimenti tali da evitare rischi di assestamenti del terreno tali da comportare danni ad eventuali edifici e/o a manufatti limitrofi all'intervento.

Le spinte del terreno sui muri di cantina incideranno in maniera marginale considerato che le fondazioni stesse e i muri perimetrali daranno luogo ad una "struttura scatolare".

## **7 CONCLUSIONI**

Il progetto prevede la costruzione di tre fabbricati di civile abitazione con piano interrato in comune. In questo caso, come illustrato nel paragrafo precedente, la scelta di adottare semplicemente fondazioni dirette oppure *"procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non liquefacibile"* rientra all'interno di una valutazione complessiva da parte del progettista sull' *"adeguatezza dei margini di sicurezza nei confronti della liquefazione"*.

Ad ogni modo la scelta della tipologia di intervento sul terreno di fondazione nonché della tipologia e dei piani di posa delle fondazioni dovrà essere a carico del progettista strutturale in funzione delle caratteristiche tecniche delle opere da realizzare.



Pur ribadendo la discrezionalità e responsabilità in capo al progettista come meglio precisato al capitolo 4.1, si ritiene, sulla base dell'indagine geofisica e geognostica svolta, nonché dalla condizione stratigrafica e dalle proprietà dei terreni, di poter inquadrare il suolo di fondazione all'interno della **categoria "C"**.

L'accelerazione orizzontale massima attesa al sito per la tipologia di opera in oggetto (ipotesi Classe II,  $V_n=50$  anni,  $T_r=475$  anni), con un periodo di riferimento della azione sismica pari a 50 anni, è pari a 0.26g considerando anche gli effetti di possibile amplificazione stratigrafica e topografica.

La situazione geologica e le caratteristiche geotecniche dei terreni sono tali da ritenere che, nel caso specifico, il potenziale di liquefazione dei terreni sia alto ( $12.49 \leq IPL \leq 15.31$ ; metodo di Iwasaki, 1982 - Sonmez, 2003 - Facciorusso, 2008 – Juang, 2011) al pari della probabilità complessiva di innesco dei fenomeni di liquefazione.

A chiarimento del carattere della prestazione professionale fornita e della trasparenza sul rapporto professionale con il committente si specifica quanto segue:

- ❖ L'incarico risulta ultimato alla data di consegna della presente relazione che non si configura in alcun modo come "relazione geotecnica" ai sensi del paragrafo 6.2.2 del D.M. 17/01/18 la quale rimane di esclusiva competenza della parte progettuale.
- ❖ Lo scrivente non ha alcun incarico di progettazione, rapporto di direzione lavori o assistenza alla direzione. Una eventuale presenza dello scrivente o di un suo collaboratore sul cantiere avrà come scopo la verifica della successione stratigrafica individuata. Tuttavia, solo se richiesta, tale presenza potrà assumere un carattere indicativo ed informale nei confronti delle scelte progettuali ed esecutive che rimarranno in ogni caso di competenza dei progettisti e/o della Direzione Lavori. La D.L. e/o la parte progettuale dovrà richiedere formalmente chiarimenti integrativi relativamente alla realizzazione di manufatti non trattati all'interno della relazione.
- ❖ Qualora i lavori relativi all'opera in oggetto abbiano inizio alcuni anni dopo la consegna della relazione, la Committenza dovrà provvedere a richiedere le eventuali integrazioni che si rendessero necessarie a seguito di sopravvenuti cambiamenti nelle condizioni geologico – tecniche e idrogeologiche dei terreni per cause naturali e/o antropiche. Ciò vale anche a seguito di varianti apprezzabili al progetto originario.

**Riccione, gennaio 2023**

Protocollo N.0244412/2023 del 11/07/2023

'Class. ' 010.009001

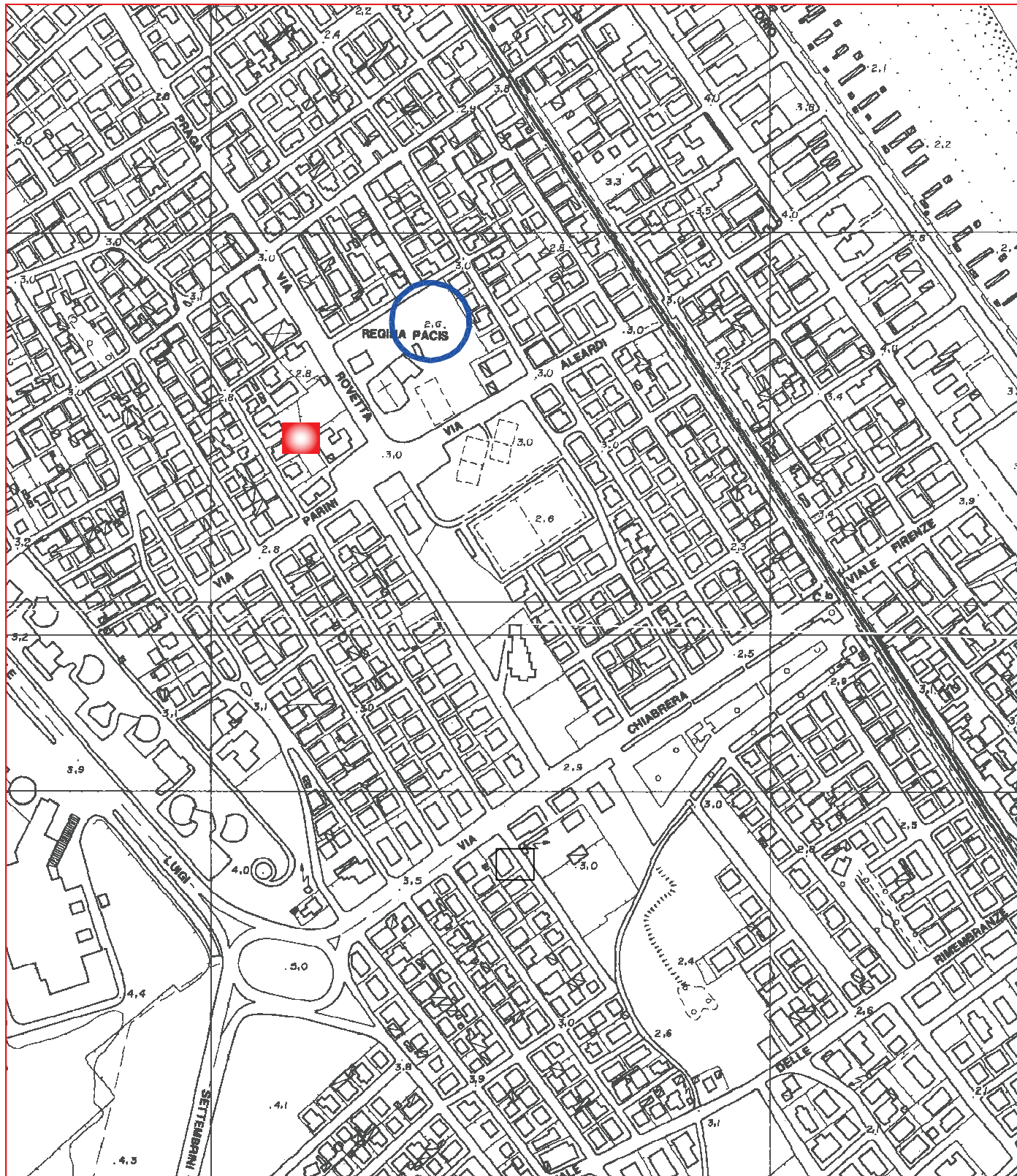
Firmatario: Alessandro Ravaglioli

Allegato N.16: ALLEGATO L - RELAZIONE GEOLOGICA.PDF

**ALLEGATI**

# Allegato n. 1

# COROGRAFIA



C.T.R. SCALA 1: 5.000

FOGLIO 256 RIMINI - ELEMENTO I23 BELLARIVA - I64 RIVAZZURRA



Area di studio



Ubicazione profilo stratigrafico S3 e cono sismico CPTS3 di riferimento







**GEOPROGET**

Studio di Geologia

via Ceccarini, 171 – Riccione 47036

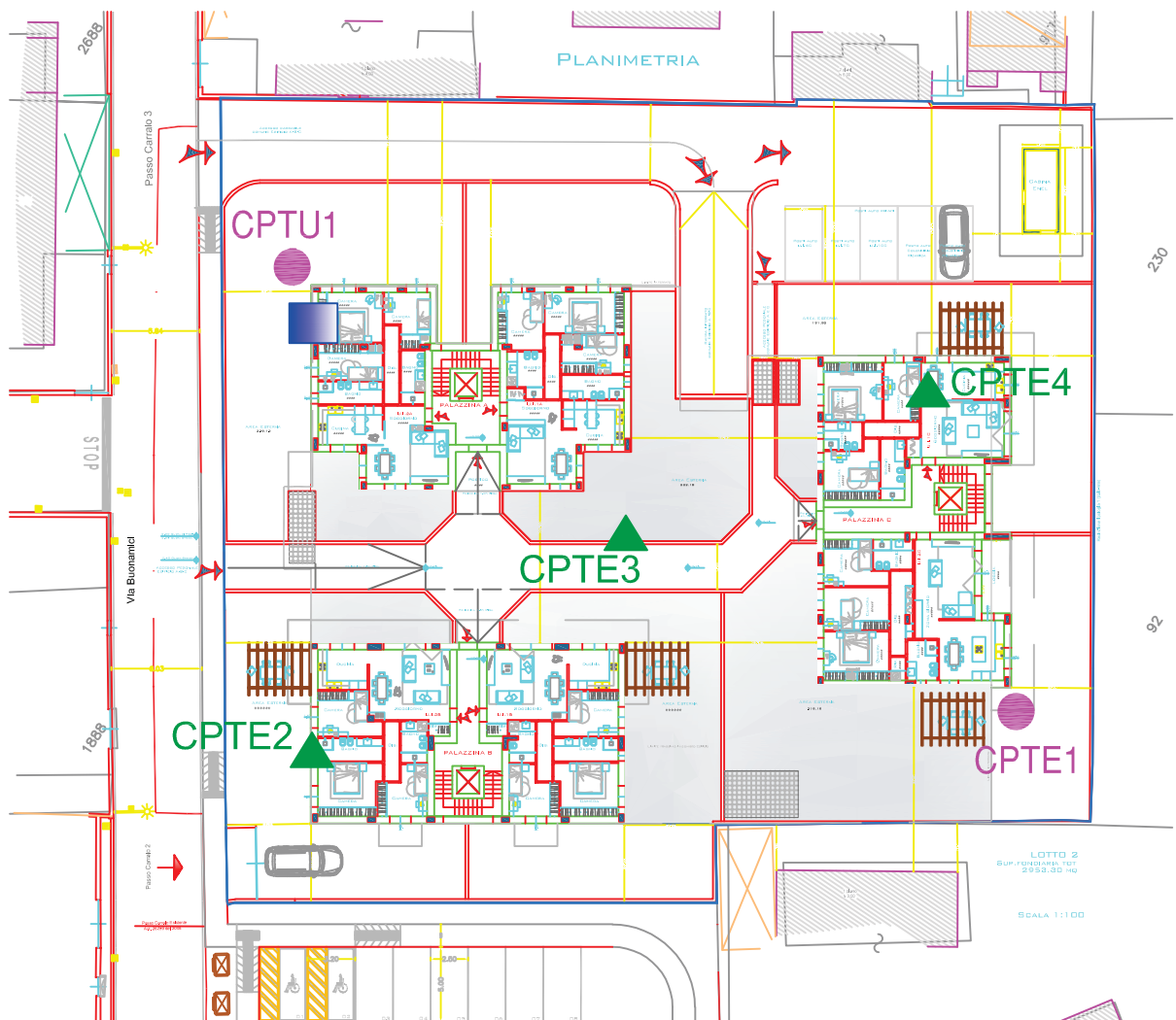
tel. 0541/606464

## UBICAZIONE PROVE IN SITO

Allegato n.3

SCALA 1 : 500

rif. 2632



### LEGENDA

**CPT E1** ▲ PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CON PUNTA ELETTRICA

**CPT-U1** ● PROVE PENETROMETRICHE CPT E CPT E PRECEDENTI

■ MISURA MICROTREMORE AMBIENTALE A STAZIONE SINGOLA – PROVA HVSR

**Penetrometria statica CPT E 2****ALLEGATO N.4**

Unità di misura: Kg, cm

LAVORO: AXE S.r.l.  
 LOCALITA': via Buonamici  
 DATA: apr-22  
 note:  
 falda: -0.8



GEOPROGET - Studio di Geologia  
 via Ceccarini, 171 - 47838 Riccione (RN)

Ap	Rp_c	Rp-s	Rp-g	Nk	Q
20	2	4	6	20	3

mt	Kg/cmq	Kg/cmq	n. colpi	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Coesivo	Lito	Falda
z	Qc	Qt	N60	U2	U0	U2-U0	Rf [%]	Fs	Incoer	gamma	Falda
0.1	1.22		0.31				8.49	0.06	o	V	/
0.2	17.44		4.36				1.10	0.18	o	V	/
0.3	17.18		4.30				1.39	0.24	o	V	/
0.4	18.84		4.71				1.57	0.29	o	V	/
0.5	20.37		5.09				1.41	0.29	o	V	/
0.6	20.15		5.04				1.28	0.26	o	V	/
0.7	17.07		4.27				1.21	0.21	o	V	/
0.8	13.85		3.46				1.21	0.17	o	V	/
0.9	14.01		3.50				1.15	0.16	o	V	W
1.0	16.43		4.11				0.77	0.13	o	V	W
1.1	23.87		5.97				0.65	0.15	o	V	W
1.2	23.60		5.90				0.91	0.21	o	V	W
1.3	28.37		7.09				0.80	0.23	o	V	W
1.4	34.71		8.68				0.71	0.25	o	V	W
1.5	41.34		10.33				0.67	0.28	o	S	W
1.6	36.47		9.12				0.92	0.33	o	S	W
1.7	48.19		12.05				0.67	0.32	o	S	W
1.8	55.87		13.97				0.64	0.36	o	S	W
1.9	68.68		17.17				0.57	0.39	o	S	W
2.0	76.61		19.15				0.50	0.37	o	S	W
2.1	78.46		19.61				0.42	0.33	o	S	W
2.2	60.57		15.14				0.66	0.39	o	S	W
2.3	48.65		12.16				0.74	0.36	o	S	W
2.4	51.98		13.00				0.81	0.42	o	S	W
2.5	46.29		11.57				0.87	0.40	o	S	W
2.6	39.90		9.98				0.68	0.27	o	S	W
2.7	35.61		8.90				0.55	0.20	o	S	W
2.8	29.21		7.30				0.56	0.16	o	S	W
2.9	30.96		7.74				0.68	0.21	o	S	W
3.0	27.35		6.84				0.69	0.19	o	S	W
3.1	15.97		3.99				0.95	0.15	o	S	W
3.2	23.84		5.96				1.10	0.26	o	S	W
3.3	26.99		6.75				0.79	0.21	o	S	W
3.4	34.07		8.52				0.68	0.23	o	S	W
3.5	40.84		10.21				0.41	0.17	o	S	W
3.6	36.96		9.24				0.53	0.20	o	S	W
3.7	26.15		6.54				0.56	0.15	o	S	W
3.8	34.32		8.58				0.65	0.23	o	S	W
3.9	47.57		11.89				0.45	0.21	o	S	W
4.0	61.70		15.43				0.34	0.21	o	S	W
4.1	36.82		9.21				1.19	0.37	o	S	W
4.2	42.06		10.52				1.24	0.50	o	S	W
4.3	46.38		11.59				0.55	0.25	o	S	W
4.4	48.05		12.01				0.44	0.21	o	S	W
4.5	50.87		12.72				0.41	0.21	o	S	W
4.6	67.42		16.86				0.36	0.24	o	S	W
4.7	85.97		21.49				0.31	0.27	o	S	W
4.8	71.53		17.88				0.49	0.34	o	S	W
4.9	39.16		9.79				1.26	0.48	o	S	W
5.0	30.81		7.70				1.21	0.37	o	S	W
5.1	29.37		7.34				0.87	0.25	o	S	W
5.2	34.69		8.67				0.86	0.30	o	S	W
5.3	29.32		7.33				0.64	0.19	o	S	W
5.4	24.02		6.01				0.74	0.18	o	S	W
5.5	34.96		8.74				1.00	0.36	o	S	W
5.6	33.88		8.47				1.35	0.46	o	S	W
5.7	20.40		5.10				2.23	0.43	o	S	W
5.8	26.91		6.73				2.17	0.55	o	S	W
5.9	58.32		14.58				0.86	0.46	o	S	W
6.0	73.35		18.34				0.35	0.26	o	S	W
6.1	62.06		15.51				0.50	0.31	o	S	W
6.2	33.33		8.33				0.90	0.28	o	S	W
6.3	23.40		5.85				2.00	0.46	o	S	W
6.4	56.06		14.02				1.22	0.62	o	S	W
6.5	100.46		25.12				0.36	0.36	o	S	W
6.6	107.28		26.82				0.26	0.27	o	S	W
6.7	94.03		23.51				0.41	0.38	o	S	W
6.8	66.33		16.58				0.59	0.38	o	S	W
6.9	37.90		9.48				1.22	0.45	o	S	W
7.0	16.85		8.42				2.07	0.33	-	L	W
7.1	14.55		7.28				2.22	0.32	-	L	W
7.2	11.22		5.61				4.54	0.45	-	L	W
7.3	6.87		3.44				5.17	0.35	-	L	W

Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023								L	W
7.4	8.85	4.43	2.67	0.24	-	-	-	L	W
7.5	9.92	4.96	3.21	0.32	-	-	-	L	W
7.6	10.46	5.23	4.02	0.42	-	-	-	L	W
7.7	10.93	5.47	4.93	0.54	-	-	-	L	W
7.8	9.44	4.72	6.31	0.59	-	-	-	L	W
7.9	8.94	4.47	5.55	0.50	-	-	-	L	W
8.0	8.27	4.13	4.46	0.36	-	-	-	L	W
8.1	9.32	4.66	4.41	0.41	-	-	-	L	W
8.2	11.40	5.70	4.32	0.49	-	-	-	L	W
8.3	12.38	6.19	4.81	0.60	-	-	-	L	W
8.4	12.60	6.30	4.92	0.62	-	-	-	L	W
8.5	11.36	5.68	5.60	0.64	-	-	-	L	W
8.6	10.64	5.32	5.20	0.55	-	-	-	L	W
8.7	10.27	5.13	4.76	0.49	-	-	-	L	W
8.8	10.35	5.17	5.68	0.59	-	-	-	L	W
8.9	11.26	5.63	6.00	0.68	-	-	-	L	W
9.0	13.61	6.81	5.02	0.68	-	-	-	L	W
9.1	13.34	6.67	4.66	0.62	-	-	-	L	W
9.2	10.36	5.18	6.08	0.63	-	-	-	L	W
9.3	11.67	5.83	4.31	0.50	-	-	-	L	W
9.4	13.79	6.89	3.05	0.42	-	-	-	L	W
9.5	13.50	6.75	4.38	0.59	-	-	-	L	W
9.6	12.59	6.30	6.25	0.79	-	-	-	L	W
9.7	12.45	6.23	5.84	0.73	-	-	-	L	W
9.8	12.14	6.07	5.42	0.66	-	-	-	L	W
9.9	11.12	5.56	5.65	0.63	-	-	-	L	W
10.0	10.17	5.08	5.77	0.59	-	-	-	L	W
10.1	10.82	5.41	5.29	0.57	-	-	-	L	W
10.2	12.51	6.26	5.33	0.67	-	-	-	L	W
10.3	13.01	6.51	6.00	0.78	-	-	-	L	W
10.4	13.21	6.60	6.20	0.82	-	-	-	L	W
10.5	14.77	7.38	5.45	0.80	-	-	-	L	W
10.6	19.42	9.71	4.99	0.97	-	-	-	L	W
10.7	15.95	7.97	7.89	1.24	-	-	-	L	W
10.8	13.14	6.57	8.27	1.09	-	-	-	L	W
10.9	11.01	5.51	7.28	0.80	-	-	-	L	W
11.0	9.53	4.77	6.69	0.64	-	-	-	L	W
11.1	10.80	5.40	3.66	0.39	-	-	-	L	W
11.2	9.37	4.69	4.96	0.46	-	-	-	L	W
11.3	9.76	4.88	4.19	0.40	-	-	-	L	W
11.4	8.27	4.13	4.70	0.39	-	-	-	L	W
11.5	9.74	4.87	3.28	0.32	-	-	-	L	W
11.6	10.40	5.20	4.58	0.47	-	-	-	L	W
11.7	9.43	4.72	5.44	0.51	-	-	-	L	W
11.8	15.11	7.56	3.01	0.45	-	-	-	L	W
11.9	16.96	8.48	4.85	0.83	-	-	-	L	W
12.0	18.75	9.38	5.23	0.98	-	-	-	L	W
12.1	18.00	9.00	6.00	1.08	-	-	-	L	W
12.2	15.94	7.97	6.64	1.05	-	-	-	L	W
12.3	13.70	6.85	7.24	0.99	-	-	-	L	W
12.4	9.11	4.55	6.92	0.63	-	-	-	L	W
12.5	8.12	4.06	4.22	0.34	-	-	-	L	W
12.6	9.11	4.55	2.31	0.21	-	-	-	L	W
12.7	8.99	4.50	3.08	0.28	-	-	-	L	W
12.8	8.92	4.46	3.06	0.27	-	-	-	L	W
12.9	9.77	4.88	2.75	0.27	-	-	-	L	W
13.0	9.80	4.90	2.96	0.29	-	-	-	L	W
13.1	10.02	5.01	2.75	0.27	-	-	-	L	W
13.2	11.74	5.87	2.31	0.27	-	-	-	L	W
13.3	11.32	5.66	2.41	0.27	-	-	-	L	W
13.4	10.23	5.11	2.59	0.26	-	-	-	L	W
13.5	13.39	6.69	1.79	0.24	-	-	-	L	W
13.6	22.62	5.65	1.72	0.39	o	-	-	L	W
13.7	17.84	8.92	3.24	0.56	-	-	-	L	W
13.8	14.52	7.26	3.45	0.49	-	-	-	L	W
13.9	14.78	7.39	4.28	0.62	-	-	-	L	W
14.0	12.67	6.34	4.28	0.54	-	-	-	L	W
14.1	13.07	6.54	3.89	0.51	-	-	-	L	W
14.2	13.62	6.81	4.11	0.55	-	-	-	L	W
14.3	11.14	5.57	6.11	0.68	-	-	-	L	W
14.4	12.21	6.10	3.84	0.47	-	-	-	L	W
14.5	13.01	6.51	3.77	0.49	-	-	-	L	W
14.6	12.26	6.13	4.90	0.60	-	-	-	L	W
14.7	11.87	5.93	4.66	0.55	-	-	-	L	W
14.8	13.09	6.55	4.40	0.58	-	-	-	L	W
14.9	15.42	7.71	4.25	0.65	-	-	-	L	W
15.0	18.06	9.03	4.45	0.81	-	-	-	L	W
15.1	17.43	8.71	5.46	0.95	-	-	-	L	W
15.2	14.44	7.22	7.20	1.04	-	-	-	L	W
15.3	13.88	6.94	6.24	0.87	-	-	-	L	W
15.4	12.35	6.17	5.50	0.68	-	-	-	L	W
15.5	12.91	6.45	4.60	0.59	-	-	-	L	W
15.6	13.80	6.90	4.38	0.60	-	-	-	L	W
15.7	14.24	7.12	5.09	0.72	-	-	-	L	W
15.8	15.48	7.74	4.46	0.69	-	-	-	L	W
15.9	15.80	7.90	4.33	0.69	-	-	-	L	W
16.0	15.64	7.82	3.73	0.58	-	-	-	L	W
16.1	14.34	7.17	4.52	0.65	-	-	-	L	W
16.2	14.47	7.23	4.53	0.66	-	-	-	L	W
16.3	15.75	7.88	3.95	0.62	-	-	-	L	W
16.4	17.39	8.69	3.54	0.61	-	-	-	L	W
16.5	14.83	7.41	4.21	0.62	-	-	-	L	W
16.6	14.35	7.17	2.93	0.42	-	-	-	L	W
16.7	14.24	7.12	2.74	0.39	-	-	-	L	W
16.8	13.02	6.51	3.00	0.39	-	-	-	L	W
16.9	12.41	6.20	2.80	0.35	-	-	-	L	W
17.0	13.77	6.88	2.34	0.32	-	-	-	L	W
17.1	12.06	6.03	3.45	0.42	-	-	-	L	W
17.2	12.46	6.23	2.94	0.37	-	-	-	L	W
17.3	12.15	6.08	2.72	0.33	-	-	-	L	W



Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023

17.4	11.95	5.98	3.24	0.39	-	L	W
17.5	11.78	5.89	3.17	0.37	-	L	W
17.6	13.51	6.76	2.52	0.33	-	L	W
17.7	14.44	7.22	2.39	0.34	-	L	W
17.8	11.46	5.73	3.23	0.37	-	L	W
17.9	11.40	5.70	2.58	0.29	-	L	W
18.0	14.12	7.06	2.24	0.31	-	L	W
18.1	13.57	6.79	2.26	0.31	-	L	W
18.2	13.34	6.67	3.03	0.40	-	L	W
18.3	13.66	6.83	4.22	0.58	-	L	W
18.4	15.23	7.62	3.77	0.57	-	L	W
18.5	16.95	8.47	4.21	0.71	-	L	W
18.6	18.41	9.20	4.16	0.77	-	L	W
18.7	20.61	10.30	4.42	0.91	-	L	W
18.8	22.74	11.37	3.84	0.87	-	L	W
18.9	19.75	9.88	4.56	0.90	-	L	W
19.0	16.65	8.33	5.61	0.93	-	L	W
19.1	14.86	7.43	4.98	0.74	-	L	W
19.2	14.83	7.41	3.50	0.52	-	L	W
19.3	15.99	7.99	3.13	0.50	-	L	W
19.4	16.91	8.45	3.39	0.57	-	L	W
19.5	17.90	8.95	3.53	0.63	-	L	W
19.6	18.64	9.32	3.64	0.68	-	L	W
19.7	18.61	9.30	3.73	0.70	-	L	W
19.8	18.85	9.43	3.42	0.64	-	L	W
19.9	20.26	10.13	3.09	0.63	-	L	W
20.0	21.12	10.56	3.66	0.77	-	L	W
20.1	21.45	10.73	3.79	0.81	-	L	W
20.2	22.20	11.10	3.62	0.80	-	L	W
20.3	22.70	11.35	4.20	0.95	-	L	W
20.4	23.94	11.97	4.81	1.15	-	L	W
20.5	24.17	12.08	4.95	1.20	-	L	W
20.6	24.00	12.00	5.02	1.21	-	L	W
20.7	22.92	11.46	4.80	1.10	-	L	W
20.8	21.01	10.50	5.17	1.09	-	L	W
20.9	21.25	10.63	4.82	1.02	-	L	W
21.0	21.26	10.63	4.78	1.02	-	L	W
21.1	21.28	10.64	4.41	0.94	-	L	W
21.2	23.36	11.68	3.97	0.93	-	L	W
21.3	22.13	11.06	5.16	1.14	-	L	W
21.4	19.22	9.61	5.78	1.11	-	L	W
21.5	19.94	9.97	4.52	0.90	-	L	W
21.6	19.36	9.68	4.28	0.83	-	L	W
21.7	19.73	9.87	4.09	0.81	-	L	W
21.8	18.41	9.20	4.27	0.78	-	L	W
21.9	17.80	8.90	3.76	0.67	-	L	W
22.0	21.10	10.55	2.51	0.52	-	L	W
22.1	25.23	12.61	2.40	0.60	-	L	W
22.2	23.45	11.73	5.08	1.19	-	L	W
22.3	20.92	10.46	5.67	1.19	-	L	W
22.4	19.12	9.56	5.50	1.05	-	L	W
22.5	23.14	11.57	3.36	0.77	-	L	W
22.6	25.26	12.63	3.42	0.86	-	L	W
22.7	22.45	11.23	5.14	1.14	-	L	W
22.8	18.29	9.15	7.91	1.44	-	L	W
22.9	20.36	10.18	5.74	1.17	-	L	W
23.0	17.37	8.68	5.54	0.96	-	L	W
23.1	14.40	7.20	5.64	0.81	-	L	W
23.2	15.24	7.62	3.05	0.46	-	L	W
23.3	17.97	8.98	2.68	0.48	-	L	W
23.4	20.10	10.05	3.25	0.65	-	L	W
23.5	23.65	11.82	3.52	0.83	-	L	W
23.6	25.41	12.71	4.29	1.09	-	L	W
23.7	21.00	10.50	6.07	1.26	-	L	W
23.8	16.23	8.12	7.09	1.15	-	L	W
23.9	15.02	7.51	4.31	0.65	-	L	W
24.0	15.36	7.68	3.07	0.47	-	L	W
24.1	15.43	7.71	2.85	0.44	-	L	W
24.2	14.40	7.20	3.01	0.43	-	L	W
24.3	14.22	7.11	2.41	0.34	-	L	W
24.4	14.91	7.45	2.34	0.35	-	L	W
24.5	15.63	7.82	2.45	0.38	-	L	W
24.6	17.01	8.50	2.40	0.41	-	L	W
24.7	14.00	7.00	2.73	0.38	-	L	W
24.8	11.95	5.98	2.87	0.34	-	L	W
24.9	11.18	5.59	2.72	0.30	-	L	W
25.0							
25.1							
25.2							
25.3							
25.4							
25.5							
25.6							
25.7							
25.8							
25.9							
26.0							
26.1							
26.2							
26.3							
26.4							
26.5							
26.6							
26.7							
26.8							
26.9							
27.0							
27.1							
27.2							
27.3							

class. ' 010.009001  
 Firmatario: Alessandro Ravaglioli  
 Allegato N.16: ALLEGATO L - RELAZIONE GEOLOGICA PDF

## Parametri geotecnici C.P.T.E. 2



GEOPORGET - Studio di Geologia

via Ceccarini, 171 - 47838 Riccione (RN)

LAVORO: AXE S.r.l.

LOCALITA': via Buonamici

DATA: apr-22

note:

falda: -0.8

S sabbie med. addens.=1.9 t/mc

D sabbie dense=2.0 t/mc

G ghiaie=2.1 t/mc

SD Substrato decomp.=2.0 t/mc

SU Substrato=2.1 t/mc

A Argille=1.9 t/mc

AL alternanze =1.8 t/mc

H Sabbie/limi poco addensati=1.8 t/mc

mt	Lito	SBT	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>c</sup>	gradi	%	gradi	m/sec		
z	γ <sub>n</sub>	lc	σ <sub>vo</sub>	σ' <sub>vo</sub>	Cu	OCR	Ed	Φ	Dr	Ko	Φ <sub>cv</sub>	K <sub>η</sub>
0.1	V	0.31	0.017	0.017			28	20.2	35	0.66		19.8
0.2	V	4.36	0.034	0.034			76	26.2	42	0.56		24.9
0.3	V	4.30	0.051	0.051			75	26.1	42	0.56		24.9
0.4	V	4.71	0.068	0.068			78	26.5	42	0.55		25.2
0.5	V	5.09	0.085	0.085			81	26.9	43	0.55		25.4
0.6	V	5.04	0.102	0.102			81	26.8	43	0.55		25.4
0.7	V	4.27	0.119	0.119			75	26.1	42	0.56		24.9
0.8	V	3.46	0.136	0.136			69	25.3	40	0.57		24.2
0.9	V	3.50	0.153	0.147			69	25.3	40	0.57		24.3
1	V	4.11	0.170	0.158			74	26.0	41	0.56		24.7
1.1	V	5.97	0.187	0.169			87	27.6	44	0.54		25.9
1.2	V	5.90	0.204	0.180			87	27.5	44	0.54		25.9
1.3	V	7.09	0.221	0.191			94	28.5	46	0.52		26.6
1.4	V	8.68	0.238	0.202			103	29.6	48	0.51		27.3
1.5	S	10.33	0.257	0.213			111	30.6	51	0.49		28.0
1.6	S	9.12	0.276	0.224			105	29.9	49	0.50		27.5
1.7	S	12.05	0.295	0.235			119	31.6	54	0.48		28.6
1.8	S	13.97	0.314	0.246			123	32.7	57	0.46		29.2
1.9	S	17.17	0.333	0.257			142	34.3	62	0.44		30.0
2	S	19.15	0.352	0.268			168	35.2	65	0.42		30.5
2.1	S	19.61	0.371	0.279			175	35.4	65	0.42		30.6
2.2	S	15.14	0.390	0.290			130	33.3	58	0.45		29.5
2.3	S	12.16	0.409	0.301			119	31.7	54	0.47		28.6
2.4	S	13.00	0.428	0.312			123	32.1	55	0.47		28.9
2.5	S	11.57	0.447	0.323			117	31.4	53	0.48		28.4
2.6	S	9.98	0.466	0.334			109	30.4	50	0.49		27.8
2.7	S	8.90	0.485	0.345			104	29.7	49	0.50		27.4
2.8	S	7.30	0.504	0.356			95	28.6	46	0.52		26.7
2.9	S	7.74	0.523	0.367			98	28.9	47	0.52		26.9
3	S	6.84	0.542	0.378			92	28.3	46	0.53		26.4
3.1	S	3.99	0.561	0.389			73	25.8	41	0.56		24.7
3.2	S	5.96	0.580	0.400			87	27.6	44	0.54		25.9
3.3	S	6.75	0.599	0.411			92	28.2	45	0.53		26.4
3.4	S	8.52	0.618	0.422			102	29.5	48	0.51		27.2
3.5	S	10.21	0.637	0.433			110	30.5	51	0.49		27.9
3.6	S	9.24	0.656	0.444			106	29.9	49	0.50		27.5
3.7	S	6.54	0.675	0.455			90	28.0	45	0.53		26.3
3.8	S	8.58	0.694	0.466			102	29.5	48	0.51		27.3
3.9	S	11.89	0.713	0.477			118	31.5	53	0.48		28.5
4	S	15.43	0.732	0.488			132	33.4	59	0.45		29.6
4.1	S	9.21	0.751	0.499			105	29.9	49	0.50		27.5
4.2	S	10.52	0.770	0.510			112	30.7	51	0.49		28.0
4.3	S	11.59	0.789	0.521			117	31.4	53	0.48		28.4
4.4	S	12.01	0.808	0.532			119	31.6	54	0.48		28.6
4.5	S	12.72	0.827	0.543			122	32.0	55	0.47		28.8
4.6	S	16.86	0.846	0.554			140	34.1	61	0.44		29.9
4.7	S	21.49	0.865	0.565			203	36.2	68	0.41		30.9
4.8	S	17.88	0.884	0.576			149	34.6	63	0.43		30.2
4.9	S	9.79	0.903	0.587			108	30.3	50	0.50		27.8
5	S	7.70	0.922	0.598			97	28.9	47	0.52		26.8
5.1	S	7.34	0.941	0.609			95	28.6	46	0.52		26.7
5.2	S	8.67	0.960	0.620			103	29.6	48	0.51		27.3
5.3	S	7.33	0.979	0.631			95	28.6	46	0.52		26.7
5.4	S	6.01	0.998	0.642			87	27.6	44	0.54		26.0
5.5	S	8.74	1.017	0.653			103	29.6	49	0.51		27.3
5.6	S	8.47	1.036	0.664			102	29.4	48	0.51		27.2
5.7	S	5.10	1.055	0.675			81	26.9	43	0.55		25.4
5.8	S	6.73	1.074	0.686			92	28.2	45	0.53		26.4
5.9	S	14.58	1.093	0.697			127	33.0	58	0.46		29.3
6	S	18.34	1.112	0.708			156	34.8	63	0.43		30.3
6.1	S	15.51	1.131	0.719			132	33.5	59	0.45		29.6
6.2	S	8.33	1.150	0.730			101	29.3	48	0.51		27.1
6.3	S	5.85	1.169	0.741			86	27.5	44	0.54		25.9
6.4	S	14.02	1.188	0.752			123	32.7	57	0.46		29.2
6.5	S	25.12	1.207	0.763			500	37.7	79	0.39		31.0
6.6	S	26.82	1.226	0.774			500	38.0	80	0.38		31.0
6.7	S	23.51	1.245	0.785			233	37.0	71	0.40		31.0
6.8	S	16.58	1.264	0.796			138	34.0	61	0.44		29.9
6.9	S	9.48	1.283	0.807			107	30.1	50	0.50		27.6
7	L	8.42	1.301	0.818	0.80	3.2	65					
7.1	L	7.28	1.319	0.829	0.69	2.7	61					
7.2	L	5.61	1.337	0.840	0.52	2.0	53					
7.3	L	3.44	1.355	0.851	0.30	1.1	42					

Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023

7.4	L	4.43	1.373	0.862	0.40	1.5	47				
7.5	L	4.96	1.391	0.873	0.45	1.7	50				
7.6	L	5.23	1.409	0.884	0.48	1.7	51				
7.7	L	5.47	1.427	0.895	0.50	1.8	52				
7.8	L	4.72	1.445	0.906	0.43	1.5	49				
7.9	L	4.47	1.463	0.917	0.40	1.4	47				
8	L	4.13	1.481	0.928	0.37	1.3	46				
8.1	L	4.66	1.499	0.939	0.42	1.4	48				
8.2	L	5.70	1.517	0.950	0.52	1.8	54				
8.3	L	6.19	1.535	0.961	0.57	1.9	56				
8.4	L	6.30	1.553	0.972	0.58	1.9	56				
8.5	L	5.68	1.571	0.983	0.52	1.7	53				
8.6	L	5.32	1.589	0.994	0.48	1.6	52				
8.7	L	5.13	1.607	1.005	0.46	1.5	51				
8.8	L	5.17	1.625	1.016	0.47	1.5	51				
8.9	L	5.63	1.643	1.027	0.51	1.6	53				
9	L	6.81	1.661	1.038	0.63	2.0	59				
9.1	L	6.67	1.679	1.049	0.61	1.9	58				
9.2	L	5.18	1.697	1.060	0.47	1.4	51				
9.3	L	5.83	1.715	1.071	0.53	1.6	54				
9.4	L	6.89	1.733	1.082	0.64	1.9	59				
9.5	L	6.75	1.751	1.093	0.62	1.8	58				
9.6	L	6.30	1.769	1.104	0.57	1.7	56				
9.7	L	6.23	1.787	1.115	0.57	1.6	56				
9.8	L	6.07	1.805	1.126	0.55	1.6	55				
9.9	L	5.56	1.823	1.137	0.50	1.4	53				
10	L	5.08	1.841	1.148	0.45	1.3	51				
10.1	L	5.41	1.859	1.159	0.48	1.3	52				
10.2	L	6.26	1.877	1.170	0.57	1.6	56				
10.3	L	6.51	1.895	1.181	0.59	1.6	57				
10.4	L	6.60	1.913	1.192	0.60	1.6	58				
10.5	L	7.38	1.931	1.203	0.68	1.8	61				
10.6	L	9.71	1.949	1.214	0.91	2.4	70				
10.7	L	7.97	1.967	1.225	0.74	1.9	63				
10.8	L	6.57	1.985	1.236	0.60	1.6	58				
10.9	L	5.51	2.003	1.247	0.49	1.3	53				
11	L	4.77	2.021	1.258	0.41	1.1	49				
11.1	L	5.40	2.039	1.269	0.48	1.2	52				
11.2	L	4.69	2.057	1.280	0.40	1.0	49				
11.3	L	4.88	2.075	1.291	0.42	1.1	50				
11.4	L	4.13	2.093	1.302	0.35	0.9	46				
11.5	L	4.87	2.111	1.313	0.42	1.0	50				
11.6	L	5.20	2.129	1.324	0.45	1.1	51				
11.7	L	4.72	2.147	1.335	0.40	1.0	49				
11.8	L	7.56	2.165	1.346	0.69	1.6	62				
11.9	L	8.48	2.183	1.357	0.78	1.9	65				
12	L	9.38	2.201	1.368	0.87	2.0	69				
12.1	L	9.00	2.219	1.379	0.83	1.9	67				
12.2	L	7.97	2.237	1.390	0.73	1.7	63				
12.3	L	6.85	2.255	1.401	0.62	1.4	59				
12.4	L	4.55	2.273	1.412	0.38	0.9	48				
12.5	L	4.06	2.291	1.423	0.33	0.8	45				
12.6	L	4.55	2.309	1.434	0.38	0.9	48				
12.7	L	4.50	2.327	1.445	0.38	0.8	48				
12.8	L	4.46	2.345	1.456	0.37	0.8	47				
12.9	L	4.88	2.363	1.467	0.42	0.9	50				
13	L	4.90	2.381	1.478	0.42	0.9	50				
13.1	L	5.01	2.399	1.489	0.43	0.9	50				
13.2	L	5.87	2.417	1.500	0.51	1.1	54				
13.3	L	5.66	2.435	1.511	0.49	1.0	53				
13.4	L	5.11	2.453	1.522	0.44	0.9	51				
13.5	L	6.69	2.471	1.533	0.59	1.2	58				
13.6	L	5.65	2.489	1.544			85	27.3	44	0.54	25.8
13.7	L	8.92	2.507	1.555	0.81	1.7	67				
13.8	L	7.26	2.525	1.566	0.65	1.3	60				
13.9	L	7.39	2.543	1.577	0.66	1.3	61				
14	L	6.34	2.561	1.588	0.55	1.1	57				
14.1	L	6.54	2.579	1.599	0.57	1.2	57				
14.2	L	6.81	2.597	1.610	0.60	1.2	59				
14.3	L	5.57	2.615	1.621	0.48	0.9	53				
14.4	L	6.10	2.633	1.632	0.53	1.0	55				
14.5	L	6.51	2.651	1.643	0.57	1.1	57				
14.6	L	6.13	2.669	1.654	0.53	1.0	56				
14.7	L	5.93	2.687	1.665	0.51	1.0	55				
14.8	L	6.55	2.705	1.676	0.57	1.1	57				
14.9	L	7.71	2.723	1.687	0.69	1.3	62				
15	L	9.03	2.741	1.698	0.82	1.6	67				
15.1	L	8.71	2.759	1.709	0.79	1.5	66				
15.2	L	7.22	2.777	1.720	0.64	1.2	60				
15.3	L	6.94	2.795	1.731	0.61	1.1	59				
15.4	L	6.17	2.813	1.742	0.53	1.0	56				
15.5	L	6.45	2.831	1.753	0.56	1.0	57				
15.6	L	6.90	2.849	1.764	0.60	1.1	59				
15.7	L	7.12	2.867	1.775	0.62	1.1	60				
15.8	L	7.74	2.885	1.786	0.68	1.2	62				
15.9	L	7.90	2.903	1.797	0.70	1.3	63				
16	L	7.82	2.921	1.808	0.69	1.2	63				
16.1	L	7.17	2.939	1.819	0.63	1.1	60				
16.2	L	7.23	2.957	1.830	0.63	1.1	60				
16.3	L	7.88	2.975	1.841	0.70	1.2	63				
16.4	L	8.69	2.993	1.852	0.78	1.4	66				
16.5	L	7.41	3.011	1.863	0.65	1.1	61				
16.6	L	7.17	3.029	1.874	0.62	1.1	60				
16.7	L	7.12	3.047	1.885	0.62	1.1	60				
16.8	L	6.51	3.065	1.896	0.56	0.9	57				
16.9	L	6.20	3.083	1.907	0.53	0.9	56				
17	L	6.88	3.101	1.918	0.59	1.0	59				
17.1	L	6.03	3.119	1.929	0.51	0.9	55				
17.2	L	6.23	3.137	1.940	0.53	1.0	56				
17.3	L	6.08	3.155	1.951	0.51	0.9	55				

Protocollo N.0244412/2023 del 11/07/2023

Cl. 992. + 010. 0301

Fittario: Alessandro Raolucci

Allegato N.1: PREGIATO L.1.0 RELAZIONE GEOLOGICA.PDF

17.4	L	5.98	3.173	1.962	0.50	0.9	55		
17.5	L	5.89	3.191	1.973	0.49	0.9	54		
17.6	L	6.76	3.209	1.984	0.58	1.0	58		
17.7	L	7.22	3.227	1.995	0.62	1.1	60		
17.8	L	5.73	3.245	2.006	0.47	0.8	54		
17.9	L	5.70	3.263	2.017	0.47	0.8	54		
18	L	7.06	3.281	2.028	0.60	1.1	60		
18.1	L	6.79	3.299	2.039	0.58	1.0	58		
18.2	L	6.67	3.317	2.050	0.56	1.0	58		
18.3	L	6.83	3.335	2.061	0.58	1.0	59		
18.4	L	7.62	3.353	2.072	0.66	1.1	62		
18.5	L	8.47	3.371	2.083	0.74	1.3	65		
18.6	L	9.20	3.389	2.094	0.82	1.4	68		
18.7	L	10.30	3.407	2.105	0.93	1.6	72		
18.8	L	11.37	3.425	2.116	1.03	1.7	76		
18.9	L	9.88	3.443	2.127	0.88	1.5	71		
19	L	8.33	3.461	2.138	0.73	1.2	65		
19.1	L	7.43	3.479	2.149	0.64	1.0	61		
19.2	L	7.41	3.497	2.160	0.63	1.0	61		
19.3	L	7.99	3.515	2.171	0.69	1.1	63		
19.4	L	8.45	3.533	2.182	0.74	1.2	65		
19.5	L	8.95	3.551	2.193	0.79	1.3	67		
19.6	L	9.32	3.569	2.204	0.82	1.3	69		
19.7	L	9.30	3.587	2.215	0.82	1.3	68		
19.8	L	9.43	3.605	2.226	0.83	1.3	69		
19.9	L	10.13	3.623	2.237	0.90	1.4	71		
20	L	10.56	3.641	2.248	0.94	1.5	73		
20.1	L	10.73	3.659	2.259	0.96	1.5	74		
20.2	L	11.10	3.677	2.270	1.00	1.6	75		
20.3	L	11.35	3.695	2.281	1.02	1.6	76		
20.4	L	11.97	3.713	2.292	1.08	1.7	78		
20.5	L	12.08	3.731	2.303	1.09	1.7	78		
20.6	L	12.00	3.749	2.314	1.08	1.7	78		
20.7	L	11.46	3.767	2.325	1.03	1.6	76		
20.8	L	10.50	3.785	2.336	0.93	1.4	73		
20.9	L	10.63	3.803	2.347	0.95	1.4	73		
21	L	10.63	3.821	2.358	0.95	1.4	73		
21.1	L	10.64	3.839	2.369	0.95	1.4	73		
21.2	L	11.68	3.857	2.380	1.05	1.6	77		
21.3	L	11.06	3.875	2.391	0.99	1.5	75		
21.4	L	9.61	3.893	2.402	0.84	1.2	70		
21.5	L	9.97	3.911	2.413	0.88	1.3	71		
21.6	L	9.68	3.929	2.424	0.85	1.2	70		
21.7	L	9.87	3.947	2.435	0.86	1.3	71		
21.8	L	9.20	3.965	2.446	0.80	1.2	68		
21.9	L	8.90	3.983	2.457	0.77	1.1	67		
22	L	10.55	4.001	2.468	0.93	1.3	73		
22.1	L	12.61	4.019	2.479	1.14	1.6	80		
22.2	L	11.73	4.037	2.490	1.05	1.5	77		
22.3	L	10.46	4.055	2.501	0.92	1.3	73		
22.4	L	9.56	4.073	2.512	0.83	1.2	69		
22.5	L	11.57	4.091	2.523	1.03	1.4	76		
22.6	L	12.63	4.109	2.534	1.14	1.6	80		
22.7	L	11.23	4.127	2.545	1.00	1.4	75		
22.8	L	9.15	4.145	2.556	0.79	1.1	68		
22.9	L	10.18	4.163	2.567	0.89	1.2	72		
23	L	8.68	4.181	2.578	0.74	1.0	66		
23.1	L	7.20	4.199	2.589	0.59	0.8	60		
23.2	L	7.62	4.217	2.600	0.63	0.9	62		
23.3	L	8.98	4.235	2.611	0.77	1.0	67		
23.4	L	10.05	4.253	2.622	0.87	1.2	71		
23.5	L	11.82	4.271	2.633	1.05	1.4	77		
23.6	L	12.71	4.289	2.644	1.14	1.5	80		
23.7	L	10.50	4.307	2.655	0.92	1.2	73		
23.8	L	8.12	4.325	2.666	0.68	0.9	64		
23.9	L	7.51	4.343	2.677	0.62	0.8	62		
24	L	7.68	4.361	2.688	0.63	0.8	62		
24.1	L	7.71	4.379	2.699	0.64	0.8	62		
24.2	L	7.20	4.397	2.710	0.58	0.8	60		
24.3	L	7.11	4.415	2.721	0.58	0.7	60		
24.4	L	7.45	4.433	2.732	0.61	0.8	61		
24.5	L	7.82	4.451	2.743	0.64	0.8	63		
24.6	L	8.50	4.469	2.754	0.71	0.9	65		
24.7	L	7.00	4.487	2.765	0.56	0.7	59		
24.8	L	5.98	4.505	2.776	0.46	0.6	55		
24.9	L	5.59	4.523	2.787	0.42	0.5	53		

Intergeo srl	COMUNE DI RIMINI		
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 11/04/2022	"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente" - art. 20 e 22 Dl 82/2005"	Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023	Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM Codice Operatore Economico - SM21197 Tel. 333 2208376 www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com
Site: Bellariva (RN)-G- Buonamici - Test: CPTE 2	Firmatario: Alessandro Ravaglioli Allegato N.16: ALLEGATO I - RELAZIONE GEOLOGICA. P...		

### Company information

Name: Intergeo srl  
Address: Strada Acquasalata, 9  
Zip code:  
City: Serravalle  
P.IVA: C.O.E: SM 21197  
E-Mail: info@intergeosm.com  
Phone number:  
Fax number:

### Test information

Name: CPTE 2  
Location:  
Date: 11/04/2022  
Prehole mode:  
Prehole depth [cm]: 0  
Hydrostatic line [cm]: 80  
Ground level [cm]: 0  
Latitude: 44.051556  
Longitude: 12.592852  
Operator:  
Comments:  
Probe code: Mks728

### Site information

Name: Bellariva (RN)-G- Buonamici  
Date: 11/04/2022  
Commissioner: Vannoni Fabio  
Locality:

Intergeo srl

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 11/04/2022

Site: Bellariva (RN)-G- Buonamici - Test: CPTU 2

COMUNE DI RIMINI

"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente" - art. 20 e 22 Dl 82/2005"  
Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023  
Firmatario: Alessandro Ravaglioli  
Allegato N.16: ALLEGATO I - RELAZIONE GEOLOGICA, P...

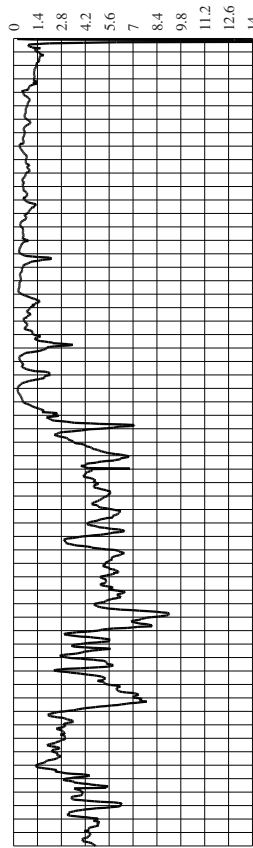
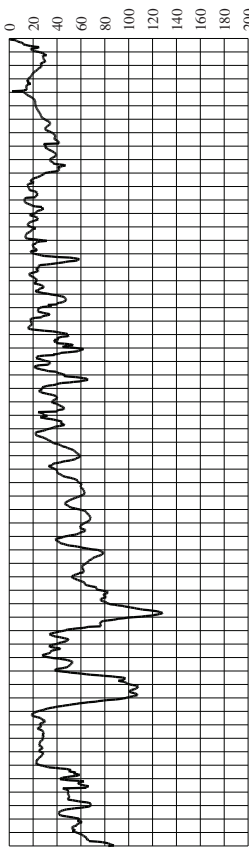
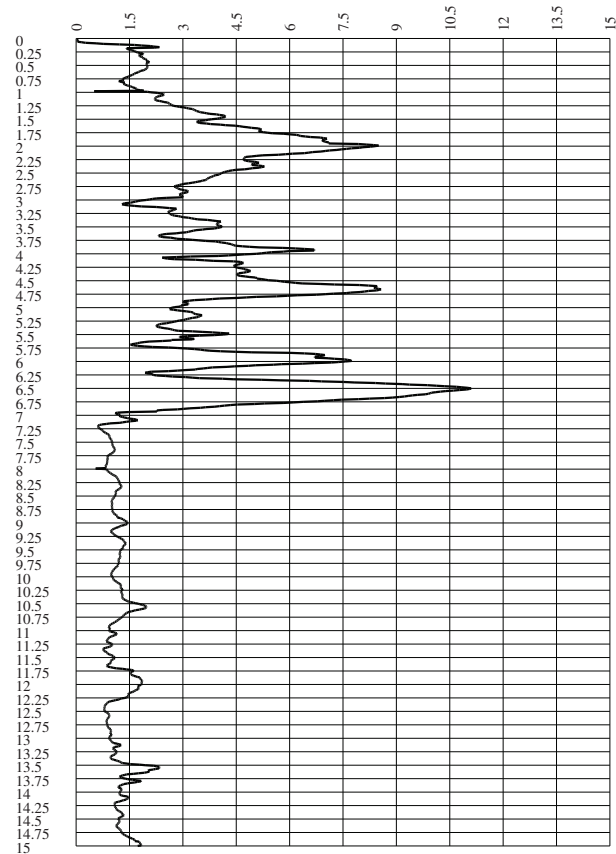


Strada Acquasalata, 9 47899 Senavalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeom.com - mail: info@intergeom.com

Qc [MPa]

Fs [KPa]

Rf [%]



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

Intergeo srl

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 11/04/2022

Site: Bellariva (RN)-G- Buonamici - Test: CPTU 2

COMUNE DI RIMINI

"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente" - art. 20 e 22 Dl 82/2005"  
Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023  
Firmatario: Alessandro Ravaglioli  
Allegato N.16: ALLEGATO I - RELAZIONE GEOLOGICA. P. 8

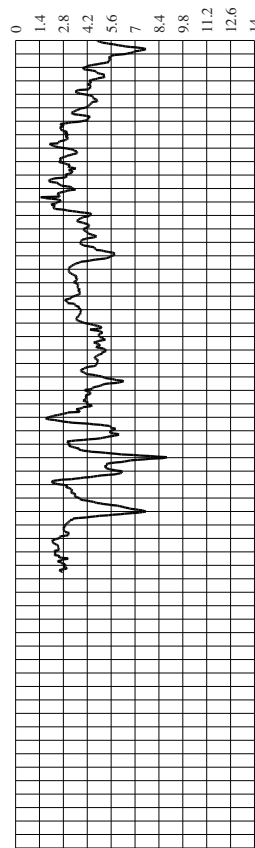
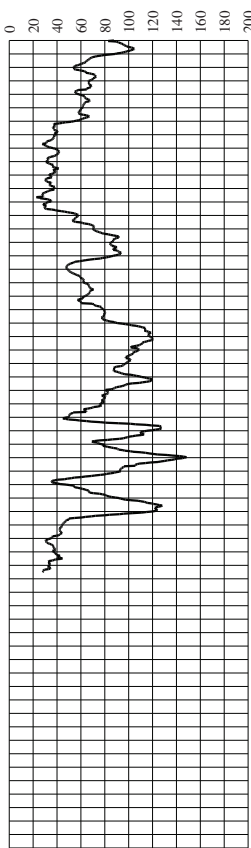
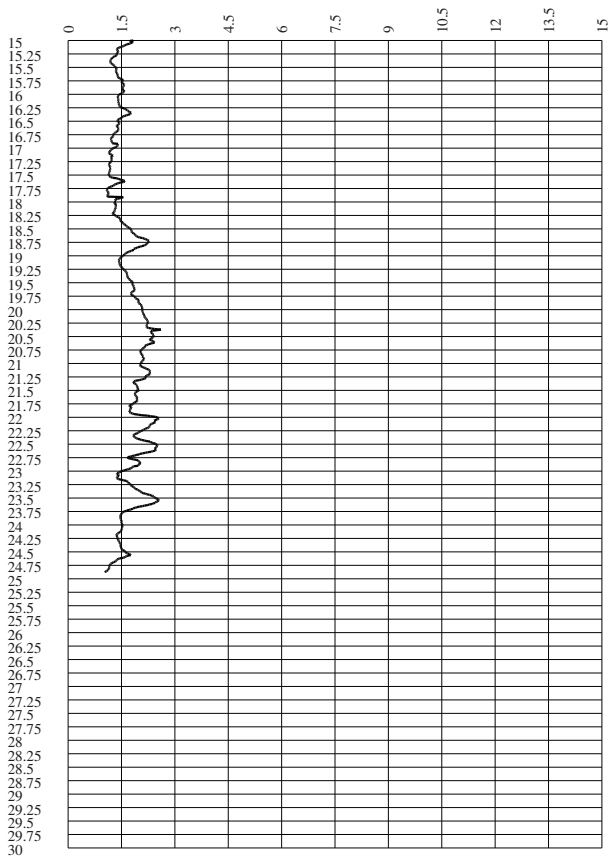


Strada Acquasalata, 9 47899 Senavalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeom.com - mail: info@intergeom.com

Qc [MPa]

Fs [KPa]

Rf [%]



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)

**Penetrometria statica CPTU 3****ALLEGATO N.4**

Unità di misura: Kg, cm

LAVORO: AXE S.r.l.  
 LOCALITA': via Buonamici  
 DATA: apr-22  
 note:  
 falda: -0.7



GEOPROGET - Studio di Geologia  
 via Ceccarini, 171 - 47838 Riccione (RN)

Ap	Rp_c	Rp-s	Rp-g	Nk	Q
20	2	4	6	20	3

mt	Kg/cmq	Kg/cmq	n. colpi	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Coesivo	Lito	Falda
z	Qc	Qt	N60	U2	U0	U2-U0	Rf [%]	Fs	Incoer	gamma	Falda
0.1	0.10		0.03				2.00	0.01	o	V	/
0.2	0.47		0.12				1.95	0.01	o	V	/
0.3	2.13		0.53				2.07	0.04	o	V	/
0.4	18.69		4.67				0.50	0.09	o	V	/
0.5	23.15		5.79				0.87	0.20	o	V	/
0.6	24.58		6.15				0.90	0.22	o	V	/
0.7	21.97		5.49				1.04	0.23	o	V	/
0.8	20.07		5.02				1.02	0.20	o	V	W
0.9	17.81		4.45				1.05	0.19	o	V	W
1.0	20.02		5.00				0.86	0.17	o	V	W
1.1	27.42		6.85				0.55	0.15	o	V	W
1.2	36.37		9.09				0.61	0.22	o	V	W
1.3	44.68		11.17				0.61	0.27	o	S	W
1.4	47.97		11.99				0.71	0.34	o	S	W
1.5	49.32		12.33				0.76	0.38	o	S	W
1.6	47.13		11.78				0.83	0.39	o	S	W
1.7	43.41		10.85				0.96	0.41	o	S	W
1.8	55.20		13.80				0.61	0.34	o	S	W
1.9	55.96		13.99				0.67	0.37	o	S	W
2.0	51.63		12.91				0.85	0.44	o	S	W
2.1	70.45		17.61				0.42	0.28	o	S	W
2.2	75.68		18.92				0.40	0.30	o	S	W
2.3	71.53		17.88				0.65	0.47	o	S	W
2.4	75.25		18.81				0.48	0.36	o	S	W
2.5	68.76		17.19				0.39	0.27	o	S	W
2.6	54.60		13.65				0.49	0.27	o	S	W
2.7	56.41		14.10				0.50	0.28	o	S	W
2.8	54.24		13.56				0.75	0.41	o	S	W
2.9	58.45		14.61				0.86	0.50	o	S	W
3.0	52.39		13.10				0.61	0.32	o	S	W
3.1	50.80		12.70				0.50	0.25	o	S	W
3.2	42.23		10.56				0.60	0.25	o	S	W
3.3	32.39		8.10				0.71	0.23	o	S	W
3.4	36.75		9.19				0.91	0.34	o	S	W
3.5	37.95		9.49				0.92	0.35	o	S	W
3.6	40.43		10.11				0.87	0.35	o	S	W
3.7	41.76		10.44				0.77	0.32	o	S	W
3.8	44.21		11.05				0.61	0.27	o	S	W
3.9	46.30		11.58				0.51	0.24	o	S	W
4.0	41.66		10.42				0.45	0.18	o	S	W
4.1	50.50		12.62				0.52	0.27	o	S	W
4.2	42.12		10.53				0.57	0.24	o	S	W
4.3	35.83		8.96				0.84	0.30	o	S	W
4.4	23.13		5.78				0.87	0.20	o	S	W
4.5	27.55		6.89				1.92	0.42	o	S	W
4.6	52.51		13.13				0.57	0.30	o	S	W
4.7	63.01		15.75				0.48	0.29	o	S	W
4.8	64.77		16.19				0.32	0.21	o	S	W
4.9	65.87		16.47				0.39	0.25	o	S	W
5.0	29.07		7.27				1.47	0.38	o	S	W
5.1	35.37		8.84				0.93	0.32	o	S	W
5.2	46.20		11.55				0.47	0.21	o	S	W
5.3	96.94		24.24				0.36	0.34	o	S	W
5.4	104.68		26.17				0.42	0.44	o	S	W
5.5	89.87		22.47				0.69	0.62	o	S	W
5.6	53.95		13.49				1.15	0.58	o	S	W
5.7	25.49		6.37				2.21	0.56	o	S	W
5.8	29.48		7.37				1.61	0.47	o	S	W
5.9	46.05		11.51				0.71	0.32	o	S	W
6.0	38.50		9.63				0.89	0.32	o	S	W
6.1	64.36		16.09				0.44	0.28	o	S	W
6.2	70.38		17.59				0.68	0.47	o	S	W
6.3	87.17		21.79				0.46	0.40	o	S	W
6.4	77.29		19.32				0.46	0.35	o	S	W
6.5	64.15		16.04				0.54	0.34	o	S	W
6.6	41.05		10.26				0.65	0.26	o	S	W
6.7	14.43		7.21				2.86	0.37	-	S	W
6.8	8.38		4.19				4.76	0.40	-	S	W
6.9	20.85		5.21				2.11	0.30	o	S	W
7.0	67.71		16.93				0.43	0.29	o	S	W
7.1	70.34		17.58				0.39	0.27	o	S	W
7.2	62.94		15.73				0.57	0.36	o	S	W
7.3	50.90		12.73				0.73	0.37	o	S	W



Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023									
7.4	18.48	9.24			2.88	0.45	-	L	W
7.5	9.86	4.93			5.20	0.51	-	L	W
7.6	9.54	4.77			2.35	0.22	-	L	W
7.7	10.18	5.09			1.79	0.18	-	L	W
7.8	10.44	5.22			2.28	0.24	-	L	W
7.9	9.35	4.68			3.36	0.31	-	L	W
8.0	10.01	5.01			2.90	0.29	-	L	W
8.1	10.55	5.28			2.88	0.30	-	L	W
8.2	11.05	5.53			3.80	0.42	-	L	W
8.3	11.38	5.69			5.19	0.59	-	L	W
8.4	12.80	6.40			4.94	0.63	-	L	W
8.5	13.57	6.79			4.45	0.60	-	L	W
8.6	13.69	6.85			4.27	0.59	-	L	W
8.7	13.14	6.57			4.40	0.58	-	L	W
8.8	11.91	5.96			4.77	0.57	-	L	W
8.9	11.41	5.71			4.52	0.52	-	L	W
9.0	11.82	5.91			4.86	0.58	-	L	W
9.1	13.28	6.64			5.12	0.68	-	L	W
9.2	14.15	7.08			4.66	0.66	-	L	W
9.3	12.44	6.22			4.61	0.57	-	L	W
9.4	10.69	5.34			4.04	0.43	-	L	W
9.5	10.33	5.16			3.29	0.34	-	L	W
9.6	12.14	6.07			2.39	0.29	-	L	W
9.7	13.89	6.94			2.26	0.31	-	L	W
9.8	14.82	7.41			3.00	0.45	-	L	W
9.9	15.38	7.69			4.22	0.65	-	L	W
10.0	15.73	7.87			4.64	0.73	-	L	W
10.1	14.64	7.32			4.93	0.72	-	L	W
10.2	13.21	6.60			5.52	0.73	-	L	W
10.3	12.02	6.01			5.81	0.70	-	L	W
10.4	12.50	6.25			5.12	0.64	-	L	W
10.5	13.19	6.60			4.94	0.65	-	L	W
10.6	12.80	6.40			5.35	0.68	-	L	W
10.7	13.50	6.75			5.35	0.72	-	L	W
10.8	17.24	8.62			4.24	0.73	-	L	W
10.9	16.90	8.45			5.21	0.88	-	L	W
11.0	12.83	6.41			7.24	0.92	-	L	W
11.1	10.84	5.42			7.38	0.80	-	L	W
11.2	11.85	5.92			4.84	0.57	-	L	W
11.3	11.98	5.99			4.68	0.56	-	L	W
11.4	11.61	5.81			4.45	0.51	-	L	W
11.5	8.76	4.38			4.28	0.37	-	L	W
11.6	11.49	5.75			1.98	0.23	-	L	W
11.7	11.74	5.87			2.77	0.32	-	L	W
11.8	14.63	7.32			1.99	0.29	-	L	W
11.9	15.02	7.51			2.90	0.43	-	L	W
12.0	12.77	6.38			3.62	0.46	-	L	W
12.1	12.72	6.36			3.72	0.47	-	L	W
12.2	12.00	6.00			4.69	0.56	-	L	W
12.3	11.30	5.65			5.15	0.58	-	L	W
12.4	11.87	5.93			4.06	0.48	-	L	W
12.5	13.43	6.71			3.36	0.45	-	L	W
12.6	11.46	5.73			4.62	0.53	-	L	W
12.7	9.56	4.78			3.94	0.38	-	L	W
12.8	10.48	5.24			1.96	0.20	-	L	W
12.9	10.34	5.17			2.21	0.23	-	L	W
13.0	11.36	5.68			2.08	0.23	-	L	W
13.1	11.40	5.70			2.38	0.27	-	L	W
13.2	10.70	5.35			2.52	0.27	-	L	W
13.3	10.66	5.33			2.41	0.26	-	L	W
13.4	10.53	5.27			2.40	0.25	-	L	W
13.5	13.21	6.60			1.78	0.22	-	L	W
13.6	33.58	8.39			1.08	0.37	o	L	W
13.7	36.32	9.08			1.88	0.68	o	L	W
13.8	19.80	9.90			3.11	0.59	-	L	W
13.9	15.17	7.59			3.26	0.47	-	L	W
14.0	14.63	7.32			2.54	0.37	-	L	W
14.1	19.36	9.68			2.07	0.38	-	L	W
14.2	19.55	9.77			2.10	0.41	-	L	W
14.3	16.69	8.35			2.78	0.46	-	L	W
14.4	18.99	9.49			2.86	0.54	-	L	W
14.5	14.02	7.01			4.16	0.58	-	L	W
14.6	13.37	6.68			3.28	0.44	-	L	W
14.7	12.10	6.05			3.86	0.47	-	L	W
14.8	11.14	5.57			4.02	0.45	-	L	W
14.9	10.24	5.12			4.37	0.45	-	L	W
15.0	12.90	6.45			2.90	0.37	-	L	W
15.1	12.37	6.18			4.01	0.49	-	L	W
15.2	11.40	5.70			4.79	0.55	-	L	W
15.3	12.92	6.46			3.85	0.50	-	L	W
15.4	14.56	7.28			4.03	0.59	-	L	W
15.5	16.56	8.28			4.02	0.66	-	L	W
15.6	17.54	8.77			4.08	0.72	-	L	W
15.7	16.18	8.09			5.30	0.85	-	L	W
15.8	13.82	6.91			5.85	0.81	-	L	W
15.9	14.62	7.31			4.84	0.71	-	L	W
16.0	16.20	8.10			3.62	0.59	-	L	W
16.1	13.79	6.89			4.45	0.61	-	L	W
16.2	12.70	6.35			4.90	0.62	-	L	W
16.3	12.44	6.22			4.95	0.62	-	L	W
16.4	13.17	6.59			4.55	0.60	-	L	W
16.5	14.24	7.12			4.22	0.60	-	L	W
16.6	14.61	7.31			4.48	0.66	-	L	W
16.7	13.92	6.96			4.26	0.59	-	L	W
16.8	13.73	6.86			4.37	0.60	-	L	W
16.9	15.08	7.54			3.27	0.49	-	L	W
17.0	16.40	8.20			2.99	0.49	-	L	W
17.1	14.59	7.30			4.37	0.62	-	L	W
17.2	9.27	4.63			7.17	0.66	-	L	W
17.3	9.19	4.59			4.96	0.45	-	L	W

Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023

17.4	12.47	6.24	2.99	0.37	-	L	W
17.5	12.94	6.47	2.76	0.36	-	L	W
17.6	13.40	6.70	2.26	0.30	-	L	W
17.7	13.74	6.87	2.25	0.31	-	L	W
17.8	13.91	6.95	2.28	0.32	-	L	W
17.9	16.55	8.27	2.13	0.35	-	L	W
18.0	15.12	7.56	3.08	0.46	-	L	W
18.1	14.43	7.21	3.20	0.46	-	L	W
18.2	13.89	6.94	2.78	0.39	-	L	W
18.3	10.95	5.48	3.40	0.37	-	L	W
18.4	9.51	4.76	3.26	0.31	-	L	W
18.5	12.64	6.32	2.00	0.25	-	L	W
18.6	14.99	7.49	1.85	0.28	-	L	W
18.7	13.04	6.52	2.65	0.34	-	L	W
18.8	12.10	6.05	2.67	0.32	-	L	W
18.9	21.11	10.55	1.59	0.31	-	L	W
19.0	18.81	9.41	2.97	0.53	-	L	W
19.1	16.07	8.04	2.95	0.47	-	L	W
19.2	17.60	8.80	2.11	0.37	-	L	W
19.3	16.19	8.10	3.37	0.54	-	L	W
19.4	16.09	8.05	4.56	0.73	-	L	W
19.5	15.97	7.98	4.28	0.68	-	L	W
19.6	16.47	8.23	4.09	0.67	-	L	W
19.7	18.02	9.01	3.82	0.69	-	L	W
19.8	18.45	9.22	4.13	0.76	-	L	W
19.9	19.60	9.80	4.24	0.83	-	L	W
20.0	22.99	11.50	3.77	0.86	-	L	W
20.1	25.81	12.90	3.67	0.95	-	L	W
20.2	20.80	10.40	5.03	1.03	-	L	W
20.3	13.94	6.97	6.51	0.91	-	L	W
20.4	12.84	6.42	4.24	0.54	-	L	W
20.5	13.04	6.52	3.24	0.42	-	L	W
20.6	13.96	6.98	3.02	0.42	-	L	W
20.7	15.32	7.66	3.06	0.47	-	L	W
20.8	18.10	9.05	3.18	0.58	-	L	W
20.9	17.17	8.59	3.81	0.65	-	L	W
21.0	17.36	8.68	3.40	0.59	-	L	W
21.1	16.69	8.35	3.28	0.55	-	L	W
21.2	17.36	8.68	3.19	0.55	-	L	W
21.3	19.22	9.61	2.70	0.52	-	L	W
21.4	17.88	8.94	2.96	0.53	-	L	W
21.5	20.54	10.27	2.64	0.54	-	L	W
21.6	23.66	11.83	2.84	0.67	-	L	W
21.7	24.14	12.07	3.76	0.91	-	L	W
21.8	22.85	11.43	4.64	1.06	-	L	W
21.9	22.07	11.03	4.82	1.06	-	L	W
22.0	21.18	10.59	4.94	1.05	-	L	W
22.1	22.02	11.01	4.69	1.03	-	L	W
22.2	21.98	10.99	4.55	1.00	-	L	W
22.3	20.09	10.04	4.39	0.88	-	L	W
22.4	19.74	9.87	4.24	0.84	-	L	W
22.5	20.15	10.07	3.93	0.79	-	L	W
22.6	19.75	9.88	4.22	0.83	-	L	W
22.7	20.12	10.06	4.23	0.85	-	L	W
22.8	21.00	10.50	4.12	0.86	-	L	W
22.9	22.87	11.44	3.81	0.87	-	L	W
23.0	21.88	10.94	4.23	0.93	-	L	W
23.1	21.63	10.81	4.22	0.91	-	L	W
23.2	18.81	9.41	4.80	0.90	-	L	W
23.3	18.72	9.36	4.52	0.85	-	L	W
23.4	19.20	9.60	4.31	0.83	-	L	W
23.5	18.94	9.47	3.92	0.74	-	L	W
23.6	16.13	8.07	4.39	0.71	-	L	W
23.7	16.64	8.32	3.83	0.64	-	L	W
23.8	16.23	8.12	3.57	0.58	-	L	W
23.9	16.01	8.00	3.23	0.52	-	L	W
24.0	18.68	9.34	2.10	0.39	-	L	W
24.1	17.04	8.52	3.07	0.52	-	L	W
24.2	15.63	7.82	3.30	0.51	-	L	W
24.3	20.46	10.23	2.46	0.50	-	L	W
24.4	24.38	12.19	3.05	0.74	-	L	W
24.5	22.73	11.36	4.82	1.09	-	L	W
24.6	23.23	11.61	5.62	1.31	-	L	W
24.7	20.66	10.33	5.54	1.15	-	L	W
24.8	19.46	9.73	4.81	0.93	-	L	W
24.9	21.86	10.93	3.63	0.79	-	L	W
25.0							
25.1							
25.2							
25.3							
25.4							
25.5							
25.6							
25.7							
25.8							
25.9							
26.0							
26.1							
26.2							
26.3							
26.4							
26.5							
26.6							
26.7							
26.8							
26.9							
27.0							
27.1							
27.2							
27.3							

Firmatario: Alessandro Ravaglioli  
 Allegato N.16: ALLEGATO L - RELAZIONE GEOLOGICA PDF

## Parametri geotecnici C.P.T.U. 3



GEOPORGET - Studio di Geologia

via Ceccarini, 171 - 47838 Riccione (RN)

LAVORO: AXE S.r.l.

LOCALITA': via Buonamici

DATA: apr-22

note:

falda: -0.7

A Argille=1.9 t/mc

AL alternanze =1.8 t/mc

H Sabbie/limi poco addensati=1.8 t/mc

S sabbie med. addens.=1.9 t/mc

D sabbie dense=2.0 t/mc

G ghiaie=2.1 t/mc


SD Substrato decomp.=2.0 t/mc

SU Substrato=2.1 t/mc

mt	Lito	SBT	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>c</sup>	gradi	%	gradi	m/sec		
z	γ <sub>n</sub>	lc	σ <sub>vo</sub>	σ' <sub>vo</sub>	Cu	OCR	Ed	Φ	Dr	Ko	Φ <sub>cv</sub>	K <sub>η</sub>
0.1	V	0.03	0.017	0.017			15	18.6	35	0.68		18.4
0.2	V	0.12	0.034	0.034			21	19.3	35	0.67		19.1
0.3	V	0.53	0.051	0.051			33	20.9	36	0.64		20.5
0.4	V	4.67	0.068	0.068			78	26.5	42	0.55		25.1
0.5	V	5.79	0.085	0.085			86	27.4	44	0.54		25.8
0.6	V	6.15	0.102	0.102			88	27.7	45	0.53		26.0
0.7	V	5.49	0.119	0.119			84	27.2	44	0.54		25.7
0.8	V	5.02	0.136	0.130			81	26.8	43	0.55		25.4
0.9	V	4.45	0.153	0.141			77	26.3	42	0.56		25.0
1	V	5.00	0.170	0.152			81	26.8	43	0.55		25.4
1.1	V	6.85	0.187	0.163			92	28.3	46	0.53		26.4
1.2	V	9.09	0.204	0.174			105	29.8	49	0.50		27.5
1.3	S	11.17	0.223	0.185			115	31.1	52	0.48		28.3
1.4	S	11.99	0.242	0.196			119	31.6	54	0.48		28.6
1.5	S	12.33	0.261	0.207			120	31.8	54	0.47		28.7
1.6	S	11.78	0.280	0.218			118	31.5	53	0.48		28.5
1.7	S	10.85	0.299	0.229			113	30.9	52	0.49		28.2
1.8	S	13.80	0.318	0.240			122	32.6	56	0.46		29.1
1.9	S	13.99	0.337	0.251			123	32.7	57	0.46		29.2
2	S	12.91	0.356	0.262			123	32.1	55	0.47		28.8
2.1	S	17.61	0.375	0.273			145	34.5	62	0.43		30.1
2.2	S	18.92	0.394	0.284			164	35.1	64	0.43		30.4
2.3	S	17.88	0.413	0.295			149	34.6	63	0.43		30.2
2.4	S	18.81	0.432	0.306			163	35.0	64	0.43		30.4
2.5	S	17.19	0.451	0.317			142	34.3	62	0.44		30.0
2.6	S	13.65	0.470	0.328			126	32.5	56	0.46		29.1
2.7	S	14.10	0.489	0.339			124	32.7	57	0.46		29.2
2.8	S	13.56	0.508	0.350			126	32.5	56	0.46		29.0
2.9	S	14.61	0.527	0.361			127	33.0	58	0.46		29.4
3	S	13.10	0.546	0.372			124	32.2	55	0.47		28.9
3.1	S	12.70	0.565	0.383			122	32.0	55	0.47		28.8
3.2	S	10.56	0.584	0.394			112	30.8	51	0.49		28.0
3.3	S	8.10	0.603	0.405			99	29.2	48	0.51		27.0
3.4	S	9.19	0.622	0.416			105	29.9	49	0.50		27.5
3.5	S	9.49	0.641	0.427			107	30.1	50	0.50		27.6
3.6	S	10.11	0.660	0.438			110	30.5	51	0.49		27.9
3.7	S	10.44	0.679	0.449			111	30.7	51	0.49		28.0
3.8	S	11.05	0.698	0.460			114	31.0	52	0.48		28.2
3.9	S	11.58	0.717	0.471			117	31.4	53	0.48		28.4
4	S	10.42	0.736	0.482			111	30.7	51	0.49		28.0
4.1	S	12.62	0.755	0.493			121	31.9	55	0.47		28.8
4.2	S	10.53	0.774	0.504			112	30.7	51	0.49		28.0
4.3	S	8.96	0.793	0.515			104	29.7	49	0.50		27.4
4.4	S	5.78	0.812	0.526			86	27.4	44	0.54		25.8
4.5	S	6.89	0.831	0.537			93	28.3	46	0.53		26.4
4.6	S	13.13	0.850	0.548			124	32.2	55	0.47		28.9
4.7	S	15.75	0.869	0.559			134	33.6	59	0.45		29.7
4.8	S	16.19	0.888	0.570			136	33.8	60	0.44		29.8
4.9	S	16.47	0.907	0.581			138	33.9	61	0.44		29.8
5	S	7.27	0.926	0.592			95	28.6	46	0.52		26.6
5.1	S	8.84	0.945	0.603			103	29.7	49	0.50		27.4
5.2	S	11.55	0.964	0.614			117	31.3	53	0.48		28.4
5.3	S	24.24	0.983	0.625			340	37.3	73	0.39		31.0
5.4	S	26.17	1.002	0.636			500	38.0	80	0.38		31.0
5.5	S	22.47	1.021	0.647			218	36.6	70	0.40		31.1
5.6	S	13.49	1.040	0.658			125	32.4	56	0.46		29.0
5.7	S	6.37	1.059	0.669			89	27.9	45	0.53		26.2
5.8	S	7.37	1.078	0.680			95	28.7	46	0.52		26.7
5.9	S	11.51	1.097	0.691			117	31.3	53	0.48		28.4
6	S	9.63	1.116	0.702			107	30.2	50	0.50		27.7
6.1	S	16.09	1.135	0.713			136	33.7	60	0.44		29.8
6.2	S	17.59	1.154	0.724			144	34.5	62	0.43		30.1
6.3	S	21.79	1.173	0.735			208	36.3	69	0.41		31.0
6.4	S	19.32	1.192	0.746			170	35.3	65	0.42		30.5
6.5	S	16.04	1.211	0.757			135	33.7	60	0.44		29.7
6.6	S	10.26	1.230	0.768			111	30.6	51	0.49		27.9
6.7	S	7.21	1.249	0.779	0.68	2.8	60					
6.8	S	4.19	1.268	0.790	0.38	1.5	46					
6.9	S	5.21	1.287	0.801			82	27.0	43	0.55		25.5
7	S	16.93	1.306	0.812			141	34.1	61	0.44		30.0
7.1	S	17.58	1.325	0.823			144	34.5	62	0.43		30.1
7.2	S	15.73	1.344	0.834			133	33.6	59	0.45		29.7
7.3	S	12.73	1.363	0.845			122	32.0	55	0.47		28.8

7.4	L	9.24	1.381	0.859	0.88	3.3	68				
7.5	L	4.93	1.399	0.867	0.45	1.7	50				
7.6	L	4.77	1.417	0.878	0.43	1.6	50				
7.7	L	5.09	1.435	0.889	0.46	1.7	51				
7.8	L	5.22	1.453	0.900	0.48	1.7	51				
7.9	L	4.68	1.471	0.911	0.42	1.5	49				
8	L	5.01	1.489	0.922	0.45	1.6	50				
8.1	L	5.28	1.507	0.933	0.48	1.7	52				
8.2	L	5.53	1.525	0.944	0.51	1.7	53				
8.3	L	5.69	1.543	0.955	0.52	1.8	54				
8.4	L	6.40	1.561	0.966	0.59	2.0	57				
8.5	L	6.79	1.579	0.977	0.63	2.1	58				
8.6	L	6.85	1.597	0.988	0.64	2.1	59				
8.7	L	6.57	1.615	0.999	0.61	2.0	58				
8.8	L	5.96	1.633	1.010	0.55	1.7	55				
8.9	L	5.71	1.651	1.021	0.52	1.6	54				
9	L	5.91	1.669	1.032	0.54	1.7	55				
9.1	L	6.64	1.687	1.043	0.61	1.9	58				
9.2	L	7.08	1.705	1.054	0.65	2.0	60				
9.3	L	6.22	1.723	1.065	0.57	1.7	56				
9.4	L	5.34	1.741	1.076	0.48	1.4	52				
9.5	L	5.16	1.759	1.087	0.46	1.4	51				
9.6	L	6.07	1.777	1.098	0.55	1.6	55				
9.7	L	6.94	1.795	1.109	0.64	1.9	59				
9.8	L	7.41	1.813	1.120	0.68	2.0	61				
9.9	L	7.69	1.831	1.131	0.71	2.0	62				
10	L	7.87	1.849	1.142	0.73	2.1	63				
10.1	L	7.32	1.867	1.153	0.67	1.9	61				
10.2	L	6.60	1.885	1.164	0.60	1.7	58				
10.3	L	6.01	1.903	1.175	0.54	1.5	55				
10.4	L	6.25	1.921	1.186	0.57	1.5	56				
10.5	L	6.60	1.939	1.197	0.60	1.6	58				
10.6	L	6.40	1.957	1.208	0.58	1.5	57				
10.7	L	6.75	1.975	1.219	0.61	1.6	58				
10.8	L	8.62	1.993	1.230	0.80	2.1	66				
10.9	L	8.45	2.011	1.241	0.78	2.0	65				
11	L	6.41	2.029	1.252	0.58	1.5	57				
11.1	L	5.42	2.047	1.263	0.48	1.2	52				
11.2	L	5.92	2.065	1.274	0.53	1.3	55				
11.3	L	5.99	2.083	1.285	0.53	1.3	55				
11.4	L	5.81	2.101	1.296	0.52	1.3	54				
11.5	L	4.38	2.119	1.307	0.37	0.9	47				
11.6	L	5.75	2.137	1.318	0.51	1.2	54				
11.7	L	5.87	2.155	1.329	0.52	1.3	54				
11.8	L	7.32	2.173	1.340	0.66	1.6	61				
11.9	L	7.51	2.191	1.351	0.68	1.6	62				
12	L	6.38	2.209	1.362	0.57	1.3	57				
12.1	L	6.36	2.227	1.373	0.57	1.3	57				
12.2	L	6.00	2.245	1.384	0.53	1.2	55				
12.3	L	5.65	2.263	1.395	0.50	1.1	53				
12.4	L	5.93	2.281	1.406	0.52	1.2	55				
12.5	L	6.71	2.299	1.417	0.60	1.4	58				
12.6	L	5.73	2.317	1.428	0.50	1.1	54				
12.7	L	4.78	2.335	1.439	0.41	0.9	49				
12.8	L	5.24	2.353	1.450	0.45	1.0	51				
12.9	L	5.17	2.371	1.461	0.44	1.0	51				
13	L	5.68	2.389	1.472	0.49	1.1	53				
13.1	L	5.70	2.407	1.483	0.50	1.1	54				
13.2	L	5.35	2.425	1.494	0.46	1.0	52				
13.3	L	5.33	2.443	1.505	0.46	1.0	52				
13.4	L	5.27	2.461	1.516	0.45	1.0	52				
13.5	L	6.60	2.479	1.527	0.58	1.2	58				
13.6	L	8.39	2.497	1.538			101	29.4	48	0.51	27.2
13.7	L	9.08	2.515	1.549			105	29.8	49	0.50	27.5
13.8	L	9.90	2.533	1.560	0.91	1.9	71				
13.9	L	7.59	2.551	1.571	0.68	1.4	62				
14	L	7.32	2.569	1.582	0.65	1.3	61				
14.1	L	9.68	2.587	1.593	0.89	1.8	70				
14.2	L	9.77	2.605	1.604	0.90	1.8	70				
14.3	L	8.35	2.623	1.615	0.75	1.5	65				
14.4	L	9.49	2.641	1.626	0.87	1.7	69				
14.5	L	7.01	2.659	1.637	0.62	1.2	59				
14.6	L	6.68	2.677	1.648	0.59	1.1	58				
14.7	L	6.05	2.695	1.659	0.52	1.0	55				
14.8	L	5.57	2.713	1.670	0.47	0.9	53				
14.9	L	5.12	2.731	1.681	0.43	0.8	51				
15	L	6.45	2.749	1.692	0.56	1.1	57				
15.1	L	6.18	2.767	1.703	0.53	1.0	56				
15.2	L	5.70	2.785	1.714	0.48	0.9	54				
15.3	L	6.46	2.803	1.725	0.56	1.0	57				
15.4	L	7.28	2.821	1.736	0.64	1.2	61				
15.5	L	8.28	2.839	1.747	0.74	1.4	65				
15.6	L	8.77	2.857	1.758	0.79	1.4	66				
15.7	L	8.09	2.875	1.769	0.72	1.3	64				
15.8	L	6.91	2.893	1.780	0.60	1.1	59				
15.9	L	7.31	2.911	1.791	0.64	1.2	61				
16	L	8.10	2.929	1.802	0.72	1.3	64				
16.1	L	6.89	2.947	1.813	0.60	1.1	59				
16.2	L	6.35	2.965	1.824	0.54	1.0	57				
16.3	L	6.22	2.983	1.835	0.53	0.9	56				
16.4	L	6.59	3.001	1.846	0.57	1.0	58				
16.5	L	7.12	3.019	1.857	0.62	1.1	60				
16.6	L	7.31	3.037	1.868	0.64	1.1	61				
16.7	L	6.96	3.055	1.879	0.60	1.0	59				
16.8	L	6.86	3.073	1.890	0.59	1.0	59				
16.9	L	7.54	3.091	1.901	0.66	1.1	62				
17	L	8.20	3.109	1.912	0.72	1.2	64				
17.1	L	7.30	3.127	1.923	0.63	1.2	61				
17.2	L	4.63	3.145	1.934	0.37		48				
17.3	L	4.59	3.163	1.945	0.36	0.7	48				



Intergeo srl	COMUNE DI RIMINI
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 11/04/2022	"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente" e 22 D1 82/2005" Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023 Class. : 01:09900 Firmatario: Alessandro Ravaglioli Allegato N.16: ALLEGATO L - RELAZIONE GEOLOGICA. P...  Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM Codice Operatore Economico - SM21197 Tel. 333 2208376 www.integeosm.com - mail info@integeosm.com
Site: Bellariva (RN)-G- Buonamici - Test: CPTE 3	

### Company information

Name: Intergeo srl  
 Address: Strada Acquasalata, 9  
 Zip code:  
 City: Serravalle  
 P.IVA: C.O.E: SM 21197  
 E-Mail: info@integeosm.com  
 Phone number:  
 Fax number:

### Test information

Name: CPTE 3  
 Location:  
 Date: 11/04/2022  
 Prehole mode:  
 Prehole depth [cm]: 0  
 Hydrostatic line [cm]: 70  
 Ground level [cm]: 0  
 Latitude: 44.051462  
 Longitude: 12.593128  
 Operator:  
 Comments:  
 Probe code: Mks728

### Site information

Name: Bellariva (RN)-G- Buonamici  
 Date: 11/04/2022  
 Commissioner: Vannoni Fabio  
 Locality:

COMUNE DI RIMINI

"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente in Conformità con il D.Lgs. n. 46 del 22/01/2005 e 22 D1 82/2005"  
Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023  
Firma: 011109902  
Firmatario: Alessandro Savignoli  
Allegato N.16: ALLEGATO L - RELAZIONE GEOLOGICA, PAISAGGICHA E AMBIENTALE

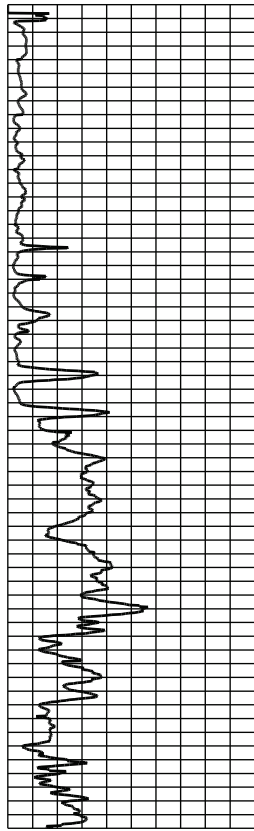
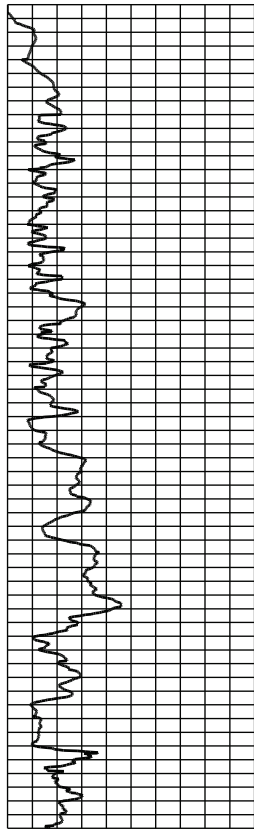
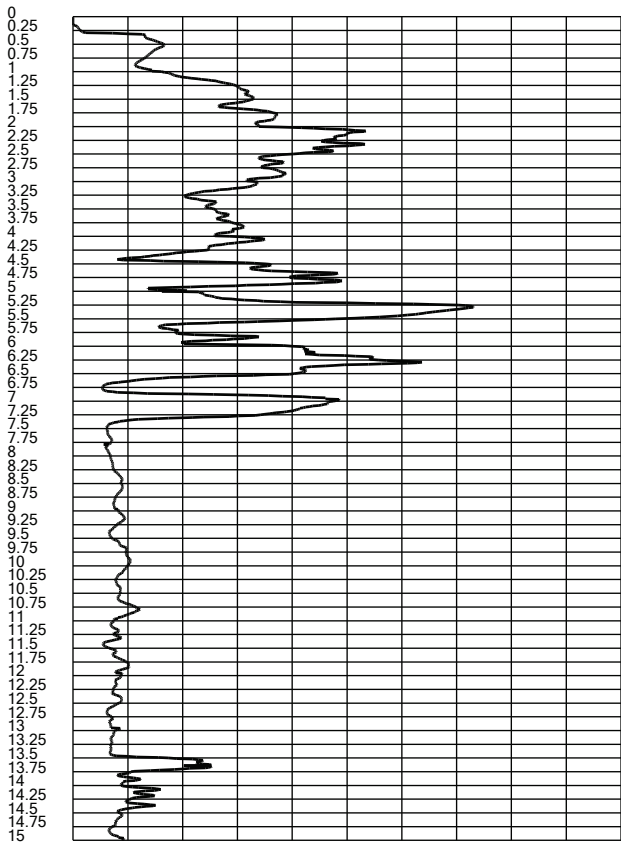
INTERGEO s.p.a.  
Strada Acquasalta, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - S.M21197  
Tel. 533 2208378  
www.intergeo.com - mail: info@intergeo.com

Intergeo srl

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 11/04/2022

Site: Bellariva (RN)-G- Buonamici - Test: CPTE 3

Qc [MPa] 0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15  
Fs [KPa] 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200  
Rf [%] 0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14



COMUNE DI RIMINI

A

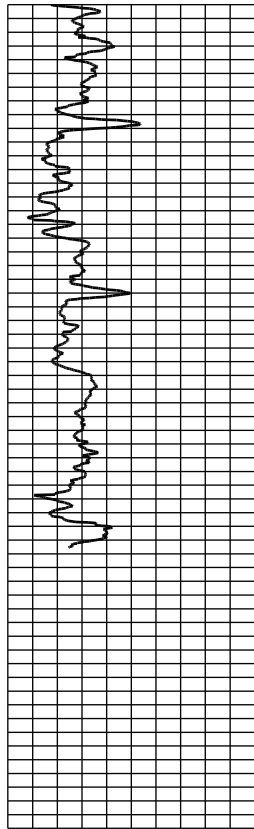
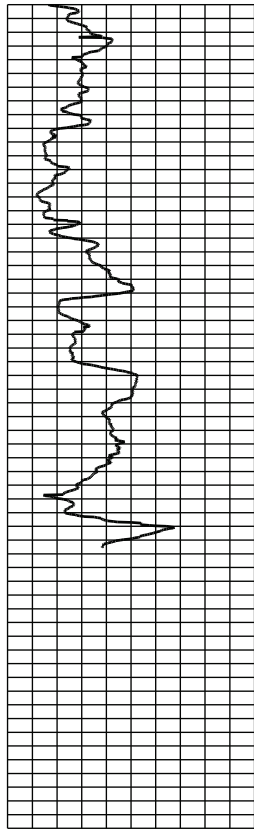
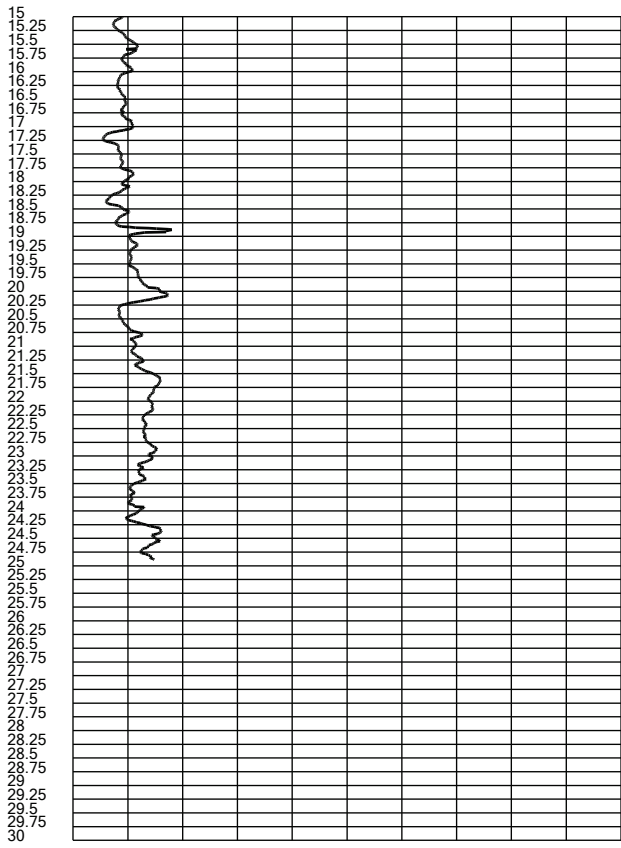
Intergeo srl

"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente con il Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023" (Decreto Legislativo n. 40 e 22 D.L. 82/2005)  
Strada Acquasalta, 9 47899 Serravalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 533 2208378  
www.intergeom.com - mail: info@intergeom.com

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 11/04/2022

Site: Bellariva (RN)-G- Buonamici - Test: CPTE 3

Qc [MPa] 0 1.5 3 4.5 6 7.5 9 10.5 12 13.5 15  
Fs [KPa] 0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200  
Rf [%] 0 1.4 2.8 4.2 5.6 7 8.4 9.8 11.2 12.6 14



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)



**Penetrometria statica CPTU 4****ALLEGATO N.4**

Unità di misura: Kg, cm

LAVORO: AXE S.r.l.  
 LOCALITA': via Buonamici  
 DATA: apr-22  
 note:  
 falda: -0.7



GEOPROGET - Studio di Geologia  
 via Ceccarini, 171 - 47838 Riccione (RN)

Ap	Rp_c	Rp-s	Rp-g	Nk	Q
20	2	4	6	20	3

mt	Kg/cmq	Kg/cmq	n. colpi	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Kg/cmq	Coesivo	Lito	Falda
z	Qc	Qt	N60	U2	U0	U2-U0	Rf [%]	Fs	Incoer	gamma	Falda
0.1	3.13		0.78				0.19	0.01	o	V	/
0.2	11.26		2.81				0.56	0.06	o	V	/
0.3	13.14		3.29				0.62	0.08	o	V	/
0.4	14.71		3.68				0.73	0.11	o	V	/
0.5	18.04		4.51				0.68	0.12	o	V	/
0.6	23.34		5.84				0.57	0.13	o	V	/
0.7	25.21		6.30				0.68	0.17	o	V	/
0.8	29.73		7.43				0.65	0.19	o	V	W
0.9	30.84		7.71				0.71	0.22	o	V	W
1.0	30.00		7.50				0.71	0.21	o	V	W
1.1	30.97		7.74				0.73	0.23	o	V	W
1.2	33.03		8.26				0.72	0.24	o	V	W
1.3	35.89		8.97				0.70	0.25	o	V	W
1.4	46.67		11.67				0.54	0.25	o	S	W
1.5	49.01		12.25				0.69	0.34	o	S	W
1.6	54.18		13.54				0.66	0.36	o	S	W
1.7	61.01		15.25				0.57	0.35	o	S	W
1.8	57.60		14.40				0.76	0.44	o	S	W
1.9	60.90		15.22				0.81	0.49	o	S	W
2.0	71.96		17.99				0.49	0.36	o	S	W
2.1	76.93		19.23				0.53	0.41	o	S	W
2.2	67.33		16.83				0.60	0.41	o	S	W
2.3	75.84		18.96				0.52	0.39	o	S	W
2.4	84.51		21.13				0.34	0.29	o	S	W
2.5	52.64		13.16				0.80	0.41	o	S	W
2.6	66.29		16.57				0.83	0.55	o	S	W
2.7	73.51		18.38				0.51	0.38	o	S	W
2.8	51.73		12.93				0.48	0.25	o	S	W
2.9	47.79		11.95				0.35	0.17	o	S	W
3.0	50.24		12.56				0.51	0.26	o	S	W
3.1	51.69		12.92				0.70	0.36	o	S	W
3.2	49.15		12.29				0.58	0.29	o	S	W
3.3	35.23		8.81				0.51	0.18	o	S	W
3.4	28.50		7.13				1.04	0.29	o	S	W
3.5	23.76		5.94				1.69	0.40	o	S	W
3.6	27.81		6.95				2.15	0.57	o	S	W
3.7	44.33		11.08				1.01	0.44	o	S	W
3.8	30.85		7.71				0.68	0.21	o	S	W
3.9	37.47		9.37				0.73	0.28	o	S	W
4.0	45.57		11.39				0.49	0.23	o	S	W
4.1	37.22		9.30				0.70	0.26	o	S	W
4.2	30.76		7.69				0.56	0.17	o	S	W
4.3	23.77		5.94				0.88	0.21	o	S	W
4.4	35.20		8.80				1.45	0.49	o	S	W
4.5	56.08		14.02				0.66	0.37	o	S	W
4.6	51.70		12.92				0.52	0.27	o	S	W
4.7	51.04		12.76				0.70	0.35	o	S	W
4.8	55.57		13.89				0.51	0.29	o	S	W
4.9	35.27		8.82				0.66	0.23	o	S	W
5.0	37.14		9.28				0.52	0.19	o	S	W
5.1	36.51		9.13				0.57	0.21	o	S	W
5.2	47.93		11.98				0.49	0.23	o	S	W
5.3	29.60		7.40				0.62	0.18	o	S	W
5.4	50.03		12.51				0.92	0.43	o	S	W
5.5	65.22		16.31				0.84	0.52	o	S	W
5.6	44.50		11.12				1.17	0.52	o	S	W
5.7	59.12		14.78				0.74	0.42	o	S	W
5.8	62.65		15.66				0.51	0.32	o	S	W
5.9	26.27		6.57				2.29	0.47	o	S	W
6.0	29.12		7.28				2.38	0.50	o	S	W
6.1	49.11		12.28				0.45	0.22	o	S	W
6.2	42.80		10.70				0.52	0.23	o	S	W
6.3	31.82		7.96				1.42	0.39	o	S	W
6.4	40.25		10.06				0.91	0.36	o	S	W
6.5	42.89		10.72				0.58	0.25	o	S	W
6.6	56.97		14.24				0.56	0.32	o	S	W
6.7	55.10		13.78				0.34	0.19	o	S	W
6.8	53.71		13.43				0.32	0.17	o	S	W
6.9	30.83		7.71				0.43	0.12	o	S	W
7.0	11.48		5.74				2.58	0.28	-	AL	W
7.1	13.35		6.67				1.79	0.24	-	AL	W
7.2	28.26		9.42				1.46	0.40	o	AL	W
7.3	27.67		9.22				1.39	0.36	o	AL	W

Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023								
7.4	11.37	5.68			3.05	0.35	-	L W
7.5	11.53	5.77			2.13	0.25	-	L W
7.6	11.43	5.72			2.34	0.27	-	L W
7.7	9.86	4.93			2.65	0.26	-	L W
7.8	9.88	4.94			2.71	0.27	-	L W
7.9	12.06	6.03			2.09	0.25	-	L W
8.0	12.17	6.08			2.96	0.36	-	L W
8.1	10.96	5.48			3.52	0.39	-	L W
8.2	11.28	5.64			3.28	0.37	-	L W
8.3	13.47	6.74			3.03	0.41	-	L W
8.4	16.09	8.05			3.42	0.55	-	L W
8.5	16.99	8.49			4.38	0.74	-	L W
8.6	15.09	7.55			4.98	0.75	-	L W
8.7	14.42	7.21			4.21	0.61	-	L W
8.8	13.49	6.75			3.61	0.48	-	L W
8.9	11.17	5.58			4.58	0.51	-	L W
9.0	12.41	6.20			4.05	0.50	-	L W
9.1	13.46	6.73			4.16	0.56	-	L W
9.2	15.11	7.56			4.03	0.61	-	L W
9.3	14.46	7.23			3.81	0.55	-	L W
9.4	11.56	5.78			3.66	0.43	-	L W
9.5	11.75	5.87			2.18	0.25	-	L W
9.6	15.22	7.61			1.71	0.26	-	L W
9.7	15.13	7.57			3.37	0.51	-	L W
9.8	16.02	8.01			4.78	0.77	-	L W
9.9	16.63	8.32			4.64	0.77	-	L W
10.0	18.00	9.00			3.94	0.71	-	L W
10.1	15.69	7.85			5.67	0.88	-	L W
10.2	13.67	6.84			6.13	0.84	-	L W
10.3	13.17	6.59			5.53	0.73	-	L W
10.4	12.71	6.35			5.36	0.68	-	L W
10.5	13.86	6.93			4.40	0.61	-	L W
10.6	15.06	7.53			4.49	0.68	-	L W
10.7	17.46	8.73			4.16	0.73	-	L W
10.8	17.03	8.51			4.90	0.83	-	L W
10.9	14.67	7.34			5.67	0.83	-	L W
11.0	14.01	7.01			4.59	0.64	-	L W
11.1	12.26	6.13			4.22	0.52	-	L W
11.2	11.11	5.56			3.81	0.42	-	L W
11.3	12.17	6.08			2.29	0.28	-	L W
11.4	11.33	5.66			2.37	0.27	-	L W
11.5	12.07	6.04			1.96	0.24	-	L W
11.6	11.64	5.82			1.84	0.21	-	L W
11.7	16.05	8.03			1.47	0.24	-	L W
11.8	17.48	8.74			2.11	0.37	-	L W
11.9	19.29	9.65			1.96	0.38	-	L W
12.0	17.68	8.84			3.82	0.67	-	L W
12.1	18.93	9.46			3.82	0.72	-	L W
12.2	22.35	11.18			3.44	0.77	-	L W
12.3	19.43	9.71			4.02	0.77	-	L W
12.4	13.81	6.90			4.75	0.66	-	L W
12.5	11.20	5.60			2.66	0.30	-	L W
12.6	11.82	5.91			1.13	0.13	-	L W
12.7	11.12	5.56			1.64	0.18	-	L W
12.8	10.70	5.35			1.53	0.16	-	L W
12.9	10.39	5.20			1.37	0.14	-	L W
13.0	11.82	5.91			1.58	0.19	-	L W
13.1	12.63	6.32			1.82	0.23	-	L W
13.2	11.80	5.90			2.07	0.24	-	L W
13.3	10.50	5.25			1.58	0.17	-	L W
13.4	11.53	5.77			1.18	0.14	-	L W
13.5	11.00	5.50			1.89	0.21	-	L W
13.6	11.14	5.57			1.64	0.18	-	L W
13.7	11.71	5.85			1.26	0.15	-	L W
13.8	18.14	4.54			0.92	0.15	o	L W
13.9	21.28	5.32			1.63	0.34	o	L W
14.0	19.48	9.74			2.91	0.53	-	L W
14.1	12.91	6.45			2.54	0.32	-	L W
14.2	12.34	6.17			3.37	0.41	-	L W
14.3	12.77	6.38			2.87	0.37	-	L W
14.4	13.49	6.75			2.92	0.39	-	L W
14.5	11.88	5.94			3.75	0.45	-	L W
14.6	11.46	5.73			3.34	0.38	-	L W
14.7	13.53	6.77			2.59	0.35	-	L W
14.8	12.97	6.49			3.48	0.45	-	L W
14.9	12.32	6.16			3.79	0.47	-	L W
15.0	13.01	6.51			3.70	0.48	-	L W
15.1	13.76	6.88			3.74	0.51	-	L W
15.2	15.51	7.75			3.68	0.57	-	L W
15.3	15.59	7.80			4.46	0.69	-	L W
15.4	15.50	7.75			4.58	0.71	-	L W
15.5	14.99	7.49			3.87	0.58	-	L W
15.6	14.90	7.45			3.71	0.55	-	L W
15.7	16.08	8.04			3.80	0.61	-	L W
15.8	15.76	7.88			4.33	0.68	-	L W
15.9	16.25	8.13			4.16	0.68	-	L W
16.0	17.46	8.73			4.44	0.78	-	L W
16.1	18.66	9.33			4.31	0.80	-	L W
16.2	16.73	8.37			4.88	0.81	-	L W
16.3	15.92	7.96			4.12	0.65	-	L W
16.4	17.62	8.81			2.57	0.45	-	L W
16.5	19.66	9.83			2.70	0.53	-	L W
16.6	20.47	10.23			2.99	0.61	-	L W
16.7	17.70	8.85			3.71	0.66	-	L W
16.8	15.90	7.95			3.42	0.54	-	L W
16.9	14.84	7.42			2.47	0.37	-	L W
17.0	14.92	7.46			1.66	0.25	-	L W
17.1	13.89	6.94			1.70	0.24	-	L W
17.2	14.04	7.02			1.55	0.22	-	L W
17.3	14.06	7.03			1.80	0.25	-	L W

Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023

17.4	13.62	6.81	1.99	0.27	-	L	W
17.5	13.13	6.57	2.21	0.29	-	L	W
17.6	14.73	7.37	1.82	0.27	-	L	W
17.7	14.97	7.48	2.57	0.38	-	L	W
17.8	16.04	8.02	2.73	0.44	-	L	W
17.9	17.36	8.68	1.88	0.33	-	L	W
18.0	15.36	7.68	2.54	0.39	-	L	W
18.1	14.27	7.13	1.93	0.27	-	L	W
18.2	15.38	7.69	1.69	0.25	-	L	W
18.3	17.02	8.51	1.64	0.28	-	L	W
18.4	17.80	8.90	2.40	0.42	-	L	W
18.5	17.08	8.54	3.64	0.62	-	L	W
18.6	17.47	8.73	3.71	0.65	-	L	W
18.7	18.20	9.10	3.49	0.64	-	L	W
18.8	19.61	9.80	3.28	0.64	-	L	W
18.9	21.89	10.95	3.29	0.72	-	L	W
19.0	23.52	11.76	3.69	0.87	-	L	W
19.1	23.63	11.81	4.02	0.95	-	L	W
19.2	19.51	9.75	4.88	0.95	-	L	W
19.3	16.40	8.20	4.38	0.72	-	L	W
19.4	14.95	7.47	3.26	0.49	-	L	W
19.5	15.11	7.56	2.80	0.42	-	L	W
19.6	17.60	8.80	2.47	0.44	-	L	W
19.7	19.37	9.69	2.96	0.57	-	L	W
19.8	19.35	9.68	3.31	0.64	-	L	W
19.9	17.50	8.75	3.69	0.65	-	L	W
20.0	17.55	8.77	3.03	0.53	-	L	W
20.1	18.53	9.26	2.71	0.50	-	L	W
20.2	21.08	10.54	2.61	0.55	-	L	W
20.3	21.92	10.96	3.17	0.69	-	L	W
20.4	21.49	10.74	3.86	0.83	-	L	W
20.5	20.11	10.05	4.40	0.89	-	L	W
20.6	19.35	9.68	4.36	0.84	-	L	W
20.7	17.11	8.56	4.92	0.84	-	L	W
20.8	16.55	8.27	4.16	0.69	-	L	W
20.9	16.08	8.04	3.59	0.58	-	L	W
21.0	18.19	9.10	2.91	0.53	-	L	W
21.1	18.96	9.48	3.32	0.63	-	L	W
21.2	18.62	9.31	3.46	0.64	-	L	W
21.3	19.35	9.68	3.42	0.66	-	L	W
21.4	19.09	9.54	3.54	0.67	-	L	W
21.5	19.69	9.85	3.22	0.63	-	L	W
21.6	19.42	9.71	3.30	0.64	-	L	W
21.7	19.52	9.76	3.25	0.64	-	L	W
21.8	19.31	9.66	3.37	0.65	-	L	W
21.9	19.84	9.92	3.01	0.59	-	L	W
22.0	21.10	10.55	2.75	0.58	-	L	W
22.1	19.13	9.56	3.51	0.67	-	L	W
22.2	17.58	8.79	3.45	0.61	-	L	W
22.3	19.74	9.87	2.43	0.48	-	L	W
22.4	20.31	10.16	3.03	0.62	-	L	W
22.5	22.91	11.46	2.82	0.64	-	L	W
22.6	25.84	12.92	2.78	0.72	-	L	W
22.7	24.30	12.15	4.48	1.09	-	L	W
22.8	21.73	10.86	5.09	1.11	-	L	W
22.9	25.02	12.51	3.88	0.96	-	L	W
23.0	27.87	13.93	3.74	1.03	-	L	W
23.1	20.94	10.47	7.30	1.51	-	L	W
23.2	18.84	9.42	6.40	1.18	-	L	W
23.3	21.13	10.56	3.67	0.77	-	L	W
23.4	18.36	9.18	4.47	0.82	-	L	W
23.5	16.08	8.04	4.31	0.69	-	L	W
23.6	17.68	8.84	2.31	0.40	-	L	W
23.7	18.96	9.48	2.53	0.48	-	L	W
23.8	20.16	10.08	2.84	0.57	-	L	W
23.9	21.81	10.91	3.20	0.70	-	L	W
24.0	26.28	13.14	3.01	0.79	-	L	W
24.1	23.53	11.77	4.25	0.99	-	L	W
24.2	18.16	9.08	5.28	0.96	-	L	W
24.3	16.65	8.33	3.66	0.61	-	L	W
24.4	16.19	8.10	2.60	0.42	-	L	W
24.5	15.77	7.89	2.43	0.38	-	L	W
24.6	16.78	8.39	1.99	0.33	-	L	W
24.7	18.02	9.01	2.01	0.36	-	L	W
24.8	16.33	8.16	3.03	0.49	-	L	W
24.9	15.82	7.91	2.64	0.42	-	L	W
25.0							
25.1							
25.2							
25.3							
25.4							
25.5							
25.6							
25.7							
25.8							
25.9							
26.0							
26.1							
26.2							
26.3							
26.4							
26.5							
26.6							
26.7							
26.8							
26.9							
27.0							
27.1							
27.2							
27.3							

Firmatario: Alessandro Ravaglioli  
 Allegato N.16: ALLEGATO L - RELAZIONE GEOLOGICA PDF

## Parametri geotecnici C.P.T.U. 4



GEOPORGET - Studio di Geologia

via Ceccarini, 171 - 47838 Riccione (RN)

LAVORO: AXE S.r.l.

LOCALITA': via Buonamici

DATA: apr-22

note:

falda: -0.7

A Argille=1.9 t/mc

AL alternanze =1.8 t/mc

H Sabbie/limi poco addensati=1.8 t/mc

S sabbie med. addens.=1.9 t/mc

D sabbie dense=2.0 t/mc

G ghiaie=2.1 t/mc

SD Substrato decomp.=2.0 t/mc

SU Substrato=2.1 t/mc

mt	Lito	SBT	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>q</sup>	Kg/cm <sup>c</sup>	gradi	%	gradi	m/sec		
z	$\gamma_n$	lc	$\sigma_{vo}$	$\sigma'_{vo}$	Cu	OCR	Ed	$\Phi$	Dr	Ko	$\Phi_{cv}$	$K_{\eta}$
0.1	V	0.78	0.017	0.017			38	21.5	36	0.63		21.0
0.2	V	2.81	0.034	0.034			63	24.6	39	0.58		23.7
0.3	V	3.29	0.051	0.051			67	25.1	40	0.58		24.1
0.4	V	3.68	0.068	0.068			71	25.5	41	0.57		24.4
0.5	V	4.51	0.085	0.085			77	26.3	42	0.56		25.0
0.6	V	5.84	0.102	0.102			86	27.5	44	0.54		25.9
0.7	V	6.30	0.119	0.119			89	27.9	45	0.53		26.1
0.8	V	7.43	0.136	0.130			96	28.7	47	0.52		26.7
0.9	V	7.71	0.153	0.141			97	28.9	47	0.52		26.9
1	V	7.50	0.170	0.152			96	28.7	47	0.52		26.8
1.1	V	7.74	0.187	0.163			98	28.9	47	0.52		26.9
1.2	V	8.26	0.204	0.174			100	29.3	48	0.51		27.1
1.3	V	8.97	0.221	0.185			104	29.8	49	0.50		27.4
1.4	S	11.67	0.240	0.196			117	31.4	53	0.48		28.4
1.5	S	12.25	0.259	0.207			120	31.7	54	0.47		28.6
1.6	S	13.54	0.278	0.218			125	32.4	56	0.46		29.0
1.7	S	15.25	0.297	0.229			131	33.3	59	0.45		29.5
1.8	S	14.40	0.316	0.240			126	32.9	57	0.46		29.3
1.9	S	15.22	0.335	0.251			130	33.3	59	0.45		29.5
2	S	17.99	0.354	0.262			150	34.6	63	0.43		30.2
2.1	S	19.23	0.373	0.273			169	35.2	65	0.42		30.5
2.2	S	16.83	0.392	0.284			140	34.1	61	0.44		29.9
2.3	S	18.96	0.411	0.295			165	35.1	64	0.43		30.4
2.4	S	21.13	0.430	0.306			198	36.0	68	0.41		30.9
2.5	S	13.16	0.449	0.317			124	32.2	55	0.47		28.9
2.6	S	16.57	0.468	0.328			138	34.0	61	0.44		29.9
2.7	S	18.38	0.487	0.339			156	34.8	63	0.43		30.3
2.8	S	12.93	0.506	0.350			123	32.1	55	0.47		28.9
2.9	S	11.95	0.525	0.361			118	31.6	54	0.48		28.5
3	S	12.56	0.544	0.372			121	31.9	54	0.47		28.7
3.1	S	12.92	0.563	0.383			123	32.1	55	0.47		28.9
3.2	S	12.29	0.582	0.394			120	31.8	54	0.47		28.6
3.3	S	8.81	0.601	0.405			103	29.6	49	0.51		27.3
3.4	S	7.13	0.620	0.416			94	28.5	46	0.52		26.6
3.5	S	5.94	0.639	0.427			87	27.6	44	0.54		25.9
3.6	S	6.95	0.658	0.438			93	28.3	46	0.53		26.5
3.7	S	11.08	0.677	0.449			115	31.1	52	0.48		28.2
3.8	S	7.71	0.696	0.460			97	28.9	47	0.52		26.9
3.9	S	9.37	0.715	0.471			106	30.0	50	0.50		27.6
4	S	11.39	0.734	0.482			116	31.2	53	0.48		28.3
4.1	S	9.30	0.753	0.493			106	30.0	49	0.50		27.6
4.2	S	7.69	0.772	0.504			97	28.9	47	0.52		26.8
4.3	S	5.94	0.791	0.515			87	27.6	44	0.54		25.9
4.4	S	8.80	0.810	0.526			103	29.6	49	0.51		27.3
4.5	S	14.02	0.829	0.537			123	32.7	57	0.46		29.2
4.6	S	12.92	0.848	0.548			123	32.1	55	0.47		28.9
4.7	S	12.76	0.867	0.559			122	32.0	55	0.47		28.8
4.8	S	13.89	0.886	0.570			123	32.6	57	0.46		29.1
4.9	S	8.82	0.905	0.581			103	29.7	49	0.51		27.4
5	S	9.28	0.924	0.592			106	30.0	49	0.50		27.5
5.1	S	9.13	0.943	0.603			105	29.9	49	0.50		27.5
5.2	S	11.98	0.962	0.614			119	31.6	54	0.48		28.5
5.3	S	7.40	0.981	0.625			96	28.7	46	0.52		26.7
5.4	S	12.51	1.000	0.636			121	31.9	54	0.47		28.7
5.5	S	16.31	1.019	0.647			137	33.8	60	0.44		29.8
5.6	S	11.12	1.038	0.658			115	31.1	52	0.48		28.3
5.7	S	14.78	1.057	0.669			128	33.1	58	0.45		29.4
5.8	S	15.66	1.076	0.680			133	33.5	59	0.45		29.6
5.9	S	6.57	1.095	0.691			91	28.1	45	0.53		26.3
6	S	7.28	1.114	0.702			95	28.6	46	0.52		26.6
6.1	S	12.28	1.133	0.713			120	31.8	54	0.47		28.6
6.2	S	10.70	1.152	0.724			113	30.8	52	0.49		28.1
6.3	S	7.96	1.171	0.735			99	29.1	47	0.51		27.0
6.4	S	10.06	1.190	0.746			110	30.4	51	0.49		27.9
6.5	S	10.72	1.209	0.757			113	30.8	52	0.49		28.1
6.6	S	14.24	1.228	0.768			125	32.8	57	0.46		29.2
6.7	S	13.78	1.247	0.779			122	32.6	56	0.46		29.1
6.8	S	13.43	1.266	0.790			125	32.4	56	0.46		29.0
6.9	S	7.71	1.285	0.801			97	28.9	47	0.52		26.9
7	AL	5.74	1.303	0.812	0.53	2.1	54					
7.1	AL	6.67	1.321	0.823	0.63	2.5	58					
7.2	AL	9.42	1.339	0.834			94	30.0	50	0.50		27.6
7.3	AL	9.22	1.357	0.845			93	29.9	49	0.50		27.5

Protocollo N.0244412/2023 del 11/07/2023

7.4	L	5.68	1.375	0.859	0.53	2.0	54				
7.5	L	5.77	1.393	0.867	0.53	2.0	54				
7.6	L	5.72	1.411	0.878	0.53	1.9	54				
7.7	L	4.93	1.429	0.889	0.45	1.6	50				
7.8	L	4.94	1.447	0.900	0.45	1.6	50				
7.9	L	6.03	1.465	0.911	0.56	2.0	55				
8	L	6.08	1.483	0.922	0.56	2.0	55				
8.1	L	5.48	1.501	0.933	0.50	1.7	53				
8.2	L	5.64	1.519	0.944	0.52	1.8	53				
8.3	L	6.74	1.537	0.955	0.63	2.1	58				
8.4	L	8.05	1.555	0.966	0.76	2.5	64				
8.5	L	8.49	1.573	0.977	0.80	2.6	65				
8.6	L	7.55	1.591	0.988	0.71	2.3	62				
8.7	L	7.21	1.609	0.999	0.67	2.2	60				
8.8	L	6.75	1.627	1.010	0.62	2.0	58				
8.9	L	5.58	1.645	1.021	0.51	1.6	53				
9	L	6.20	1.663	1.032	0.57	1.8	56				
9.1	L	6.73	1.681	1.043	0.62	1.9	58				
9.2	L	7.56	1.699	1.054	0.70	2.1	62				
9.3	L	7.23	1.717	1.065	0.67	2.0	60				
9.4	L	5.78	1.735	1.076	0.52	1.6	54				
9.5	L	5.87	1.753	1.087	0.53	1.6	54				
9.6	L	7.61	1.771	1.098	0.71	2.1	62				
9.7	L	7.57	1.789	1.109	0.70	2.0	62				
9.8	L	8.01	1.807	1.120	0.74	2.1	64				
9.9	L	8.32	1.825	1.131	0.78	2.2	65				
10	L	9.00	1.843	1.142	0.84	2.4	67				
10.1	L	7.85	1.861	1.153	0.73	2.0	63				
10.2	L	6.84	1.879	1.164	0.63	1.7	59				
10.3	L	6.59	1.897	1.175	0.60	1.6	58				
10.4	L	6.35	1.915	1.186	0.58	1.6	57				
10.5	L	6.93	1.933	1.197	0.63	1.7	59				
10.6	L	7.53	1.951	1.208	0.69	1.8	62				
10.7	L	8.73	1.969	1.219	0.81	2.1	66				
10.8	L	8.51	1.987	1.230	0.79	2.1	66				
10.9	L	7.34	2.005	1.241	0.67	1.7	61				
11	L	7.01	2.023	1.252	0.64	1.6	59				
11.1	L	6.13	2.041	1.263	0.55	1.4	56				
11.2	L	5.56	2.059	1.274	0.49	1.2	53				
11.3	L	6.08	2.077	1.285	0.54	1.4	55				
11.4	L	5.66	2.095	1.296	0.50	1.2	53				
11.5	L	6.04	2.113	1.307	0.54	1.3	55				
11.6	L	5.82	2.131	1.318	0.52	1.3	54				
11.7	L	8.03	2.149	1.329	0.74	1.8	64				
11.8	L	8.74	2.167	1.340	0.81	1.9	66				
11.9	L	9.65	2.185	1.351	0.90	2.1	70				
12	L	8.84	2.203	1.362	0.82	1.9	67				
12.1	L	9.46	2.221	1.373	0.88	2.1	69				
12.2	L	11.18	2.239	1.384	1.05	2.4	75				
12.3	L	9.71	2.257	1.395	0.90	2.1	70				
12.4	L	6.90	2.275	1.406	0.62	1.4	59				
12.5	L	5.60	2.293	1.417	0.49	1.1	53				
12.6	L	5.91	2.311	1.428	0.52	1.2	55				
12.7	L	5.56	2.329	1.439	0.48	1.1	53				
12.8	L	5.35	2.347	1.450	0.46	1.0	52				
12.9	L	5.20	2.365	1.461	0.45	1.0	51				
13	L	5.91	2.383	1.472	0.52	1.1	55				
13.1	L	6.32	2.401	1.483	0.56	1.2	56				
13.2	L	5.90	2.419	1.494	0.52	1.1	55				
13.3	L	5.25	2.437	1.505	0.45	1.0	51				
13.4	L	5.77	2.455	1.516	0.50	1.1	54				
13.5	L	5.50	2.473	1.527	0.47	1.0	53				
13.6	L	5.57	2.491	1.538	0.48	1.0	53				
13.7	L	5.85	2.509	1.549	0.51	1.1	54				
13.8	L	4.54	2.527	1.560			77	26.4	42	0.56	25.1
13.9	L	5.32	2.545	1.571			83	27.1	43	0.55	25.6
14	L	9.74	2.563	1.582	0.89	1.8	70				
14.1	L	6.45	2.581	1.593	0.57	1.1	57				
14.2	L	6.17	2.599	1.604	0.54	1.1	56				
14.3	L	6.38	2.617	1.615	0.56	1.1	57				
14.4	L	6.75	2.635	1.626	0.59	1.2	58				
14.5	L	5.94	2.653	1.637	0.51	1.0	55				
14.6	L	5.73	2.671	1.648	0.49	1.0	54				
14.7	L	6.77	2.689	1.659	0.59	1.2	58				
14.8	L	6.49	2.707	1.670	0.57	1.1	57				
14.9	L	6.16	2.725	1.681	0.53	1.0	56				
15	L	6.51	2.743	1.692	0.57	1.1	57				
15.1	L	6.88	2.761	1.703	0.60	1.1	59				
15.2	L	7.75	2.779	1.714	0.69	1.3	63				
15.3	L	7.80	2.797	1.725	0.69	1.3	63				
15.4	L	7.75	2.815	1.736	0.69	1.3	62				
15.5	L	7.49	2.833	1.747	0.66	1.2	61				
15.6	L	7.45	2.851	1.758	0.66	1.2	61				
15.7	L	8.04	2.869	1.769	0.72	1.3	64				
15.8	L	7.88	2.887	1.780	0.70	1.3	63				
15.9	L	8.13	2.905	1.791	0.72	1.3	64				
16	L	8.73	2.923	1.802	0.78	1.4	66				
16.1	L	9.33	2.941	1.813	0.84	1.5	69				
16.2	L	8.37	2.959	1.824	0.75	1.3	65				
16.3	L	7.96	2.977	1.835	0.70	1.2	63				
16.4	L	8.81	2.995	1.846	0.79	1.4	67				
16.5	L	9.83	3.013	1.857	0.89	1.5	70				
16.6	L	10.23	3.031	1.868	0.93	1.6	72				
16.7	L	8.85	3.049	1.879	0.79	1.4	67				
16.8	L	7.95	3.067	1.890	0.70	1.2	63				
16.9	L	7.42	3.085	1.901	0.65	1.1	61				
17	L	7.46	3.103	1.912	0.65	1.1	61				
17.1	L	6.94	3.121	1.923	0.60	1.1	59				
17.2	L	7.02	3.139	1.934	0.61	1.1	59				
17.3	L	7.03	3.157	1.945	0.61	1.1	60				

Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023

Protocollo N. 010.0301

Firmatario: Alessandro Raitoli

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

Protocollo N. 010.0301

17.4	L	6.81	3.175	1.959	0.56	1.1	59		
17.5	L	6.57	3.193	1.967	0.56	1.0	58		
17.6	L	7.37	3.211	1.978	0.64	1.1	61		
17.7	L	7.48	3.229	1.989	0.65	1.2	64		
17.8	L	8.02	3.247	2.000	0.70	1.2	66		
17.9	L	8.68	3.265	2.011	0.77	1.4	62		
18	L	7.68	3.283	2.022	0.67	1.2	60		
18.1	L	7.13	3.301	2.033	0.61	1.1	62		
18.2	L	7.69	3.319	2.044	0.67	1.2	65		
18.3	L	8.51	3.337	2.055	0.75	1.3	67		
18.4	L	8.90	3.355	2.066	0.79	1.3	66		
18.5	L	8.54	3.373	2.077	0.75	1.3	66		
18.6	L	8.73	3.391	2.088	0.77	1.3	68		
18.7	L	9.10	3.409	2.099	0.81	1.4	70		
18.8	L	9.80	3.427	2.110	0.87	1.5	74		
18.9	L	10.95	3.445	2.121	0.99	1.6	77		
19	L	11.76	3.463	2.132	1.07	1.8	77		
19.1	L	11.81	3.481	2.143	1.07	1.8	70		
19.2	L	9.75	3.499	2.154	0.87	1.4	64		
19.3	L	8.20	3.517	2.165	0.71	1.2	61		
19.4	L	7.47	3.535	2.176	0.64	1.0	62		
19.5	L	7.56	3.553	2.187	0.65	1.0	67		
19.6	L	8.80	3.571	2.198	0.77	1.2	70		
19.7	L	9.69	3.589	2.209	0.86	1.4	66		
19.8	L	9.68	3.607	2.220	0.86	1.4	66		
19.9	L	8.75	3.625	2.231	0.76	1.2	66		
20	L	8.77	3.643	2.242	0.77	1.2	68		
20.1	L	9.26	3.661	2.253	0.81	1.3	73		
20.2	L	10.54	3.679	2.264	0.94	1.5	74		
20.3	L	10.96	3.697	2.275	0.98	1.5	71		
20.4	L	10.74	3.715	2.286	0.96	1.5	70		
20.5	L	10.05	3.733	2.297	0.89	1.4	66		
20.6	L	9.68	3.751	2.308	0.85	1.3	65		
20.7	L	8.56	3.769	2.319	0.74	1.1	64		
20.8	L	8.27	3.787	2.330	0.71	1.1	68		
20.9	L	8.04	3.805	2.341	0.69	1.0	69		
21	L	9.10	3.823	2.352	0.79	1.2	68		
21.1	L	9.48	3.841	2.363	0.83	1.2	68		
21.2	L	9.31	3.859	2.374	0.81	1.2	70		
21.3	L	9.68	3.877	2.385	0.85	1.3	69		
21.4	L	9.54	3.895	2.396	0.83	1.2	70		
21.5	L	9.85	3.913	2.407	0.86	1.3	70		
21.6	L	9.71	3.931	2.418	0.85	1.2	70		
21.7	L	9.76	3.949	2.429	0.85	1.2	71		
21.8	L	9.66	3.967	2.440	0.84	1.2	71		
21.9	L	9.92	3.985	2.451	0.87	1.3	73		
22	L	10.55	4.003	2.462	0.93	1.3	69		
22.1	L	9.56	4.021	2.473	0.83	1.2	67		
22.2	L	8.79	4.039	2.484	0.75	1.1	71		
22.3	L	9.87	4.057	2.495	0.86	1.2	72		
22.4	L	10.16	4.075	2.506	0.89	1.3	76		
22.5	L	11.46	4.093	2.517	1.02	1.4	81		
22.6	L	12.92	4.111	2.528	1.17	1.6	78		
22.7	L	12.15	4.129	2.539	1.09	1.5	74		
22.8	L	10.86	4.147	2.550	0.96	1.3	79		
22.9	L	12.51	4.165	2.561	1.12	1.6	84		
23	L	13.93	4.183	2.572	1.26	1.7	73		
23.1	L	10.47	4.201	2.583	0.92	1.3	69		
23.2	L	9.42	4.219	2.594	0.81	1.1	73		
23.3	L	10.56	4.237	2.605	0.93	1.3	68		
23.4	L	9.18	4.255	2.616	0.79	1.1	64		
23.5	L	8.04	4.273	2.627	0.67	0.9	67		
23.6	L	8.84	4.291	2.638	0.75	1.0	69		
23.7	L	9.48	4.309	2.649	0.82	1.1	71		
23.8	L	10.08	4.327	2.660	0.87	1.2	74		
23.9	L	10.91	4.345	2.671	0.96	1.3	81		
24	L	13.14	4.363	2.682	1.18	1.6	77		
24.1	L	11.77	4.381	2.693	1.04	1.4	68		
24.2	L	9.08	4.399	2.704	0.77	1.0	65		
24.3	L	8.33	4.417	2.715	0.70	0.9	64		
24.4	L	8.10	4.435	2.726	0.67	0.9	63		
24.5	L	7.89	4.453	2.737	0.65	0.8	65		
24.6	L	8.39	4.471	2.748	0.70	0.9	67		
24.7	L	9.01	4.489	2.759	0.76	1.0	64		
24.8	L	8.16	4.507	2.770	0.68	0.9	63		
24.9	L	7.91	4.525	2.781	0.65	0.8			

Intergeo srl	COMUNE DI RIMINI		
Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 11/04/2022 10:19:00	"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente" - art. 20 e 22 Dl 82/2005"	Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023	Strada Acquasalata, 9 47899 Serravalle - RSM Codice Operatore Economico - SM21197 Tel. 333 2208376 www.intergeosm.com - mail: info@intergeosm.com
Site: Bellariva (RN)-G- Buonamici - Test: CPTE 4	Firmatario: Alessandro Ravaglioli Allegato N.16: ALLEGATO I - RELAZIONE GEOLOGICA. P...		

### Company information

Name: Intergeo srl  
Address: Strada Acquasalata, 9  
Zip code:  
City: Serravalle  
P.IVA: C.O.E: SM 21197  
E-Mail: info@intergeosm.com  
Phone number:  
Fax number:

### Test information

Name: CPTE 4  
Location:  
Date: 11/04/2022 10:19:00  
Prehole mode:  
Prehole depth [cm]: 0  
Hydrostatic line [cm]: 70  
Ground level [cm]: 0  
Latitude: 44.051374  
Longitude: 12.593353  
Operator:  
Comments:  
Probe code: Mks728

### Site information

Name: Bellariva (RN)-G- Buonamici  
Date: 11/04/2022  
Commissioner: Vannoni Fabio  
Locality:

Intergeo srl

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 11/04/2022 10:19:00

Site: Bellariva (RN)-G- Buonamici - Test: CPTU 4

COMUNE DI RIMINI

"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente" - art. 20 e 22 Dl 82/2005"  
Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023  
Firmatario: Alessandro Ravaglioli  
Allegato N.16: ALLEGATO I - RELAZIONE GEOLOGICA, P...

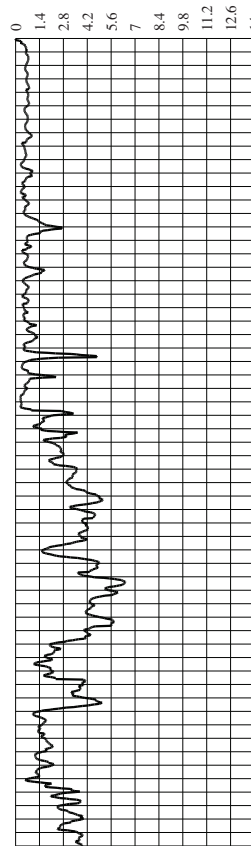
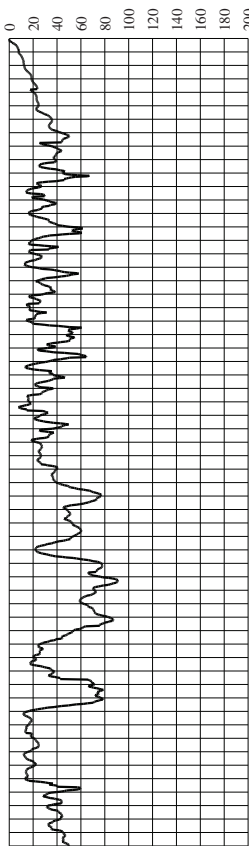
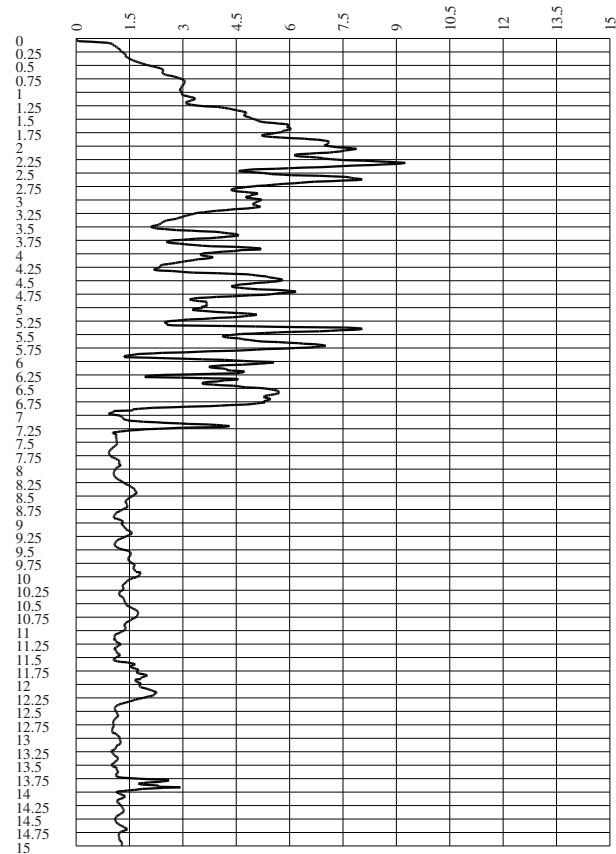


Strada Acquasalata, 9 47899 Senavalle - RSM  
Codice Operatore Economico - SM21197  
Tel. 333 2208376  
www.intergeom.com - mail: info@intergeom.com

Qc [MPa]

Fs [KPa]

Rf [%]



CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)



Intergeo srl

Cone Penetration Test (CPTU) - Date: 11/04/2022 10:19:00

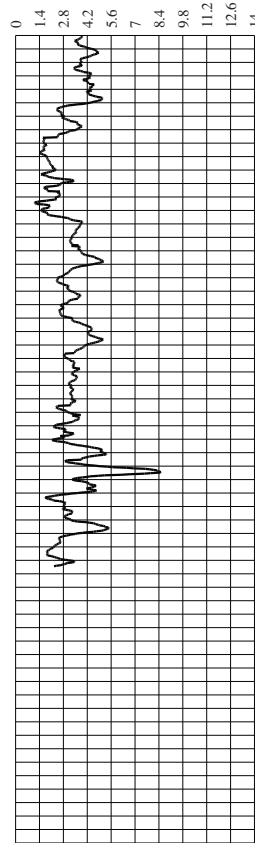
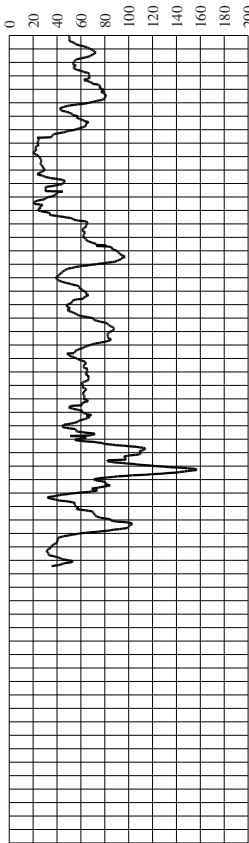
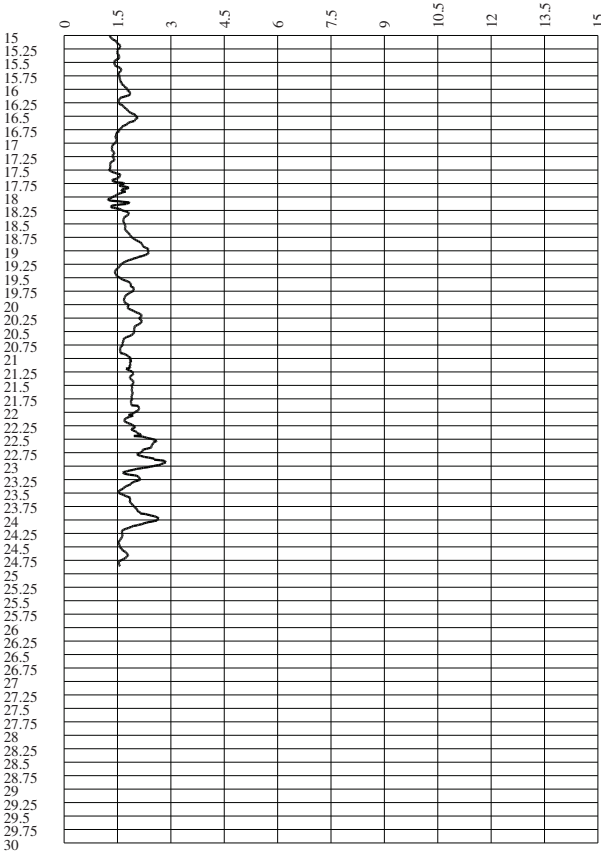
Site: Bellariva (RN)-G- Buonamici - Test: CPTE 4

COMUNE DI RIMINI		A	
"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente"		"Riproduzione Cartacea di Documento Firmato Digitalmente"	
Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023		Protocollo N. 0244412/2023 del 11/07/2023	
Firmatario: Alessandro Ravaglioli		Firmatario: Alessandro Ravaglioli	
Allegato N.16: ALLEGATO I - RELAZIONE GEOLOGICA, P...		Allegato N.16: ALLEGATO I - RELAZIONE GEOLOGICA, P...	
Strada Acquasalata, 9 47899 Senavalle - RSM		Strada Acquasalata, 9 47899 Senavalle - RSM	
Codice Operatore Economico - SM21197		Codice Operatore Economico - SM21197	
Tel. 333 2208376		Tel. 333 2208376	
www.intergeom.com - mail: info@intergeom.com		www.intergeom.com - mail: info@intergeom.com	

Qc [MPa]

Fs [KPa]

Rf [%]

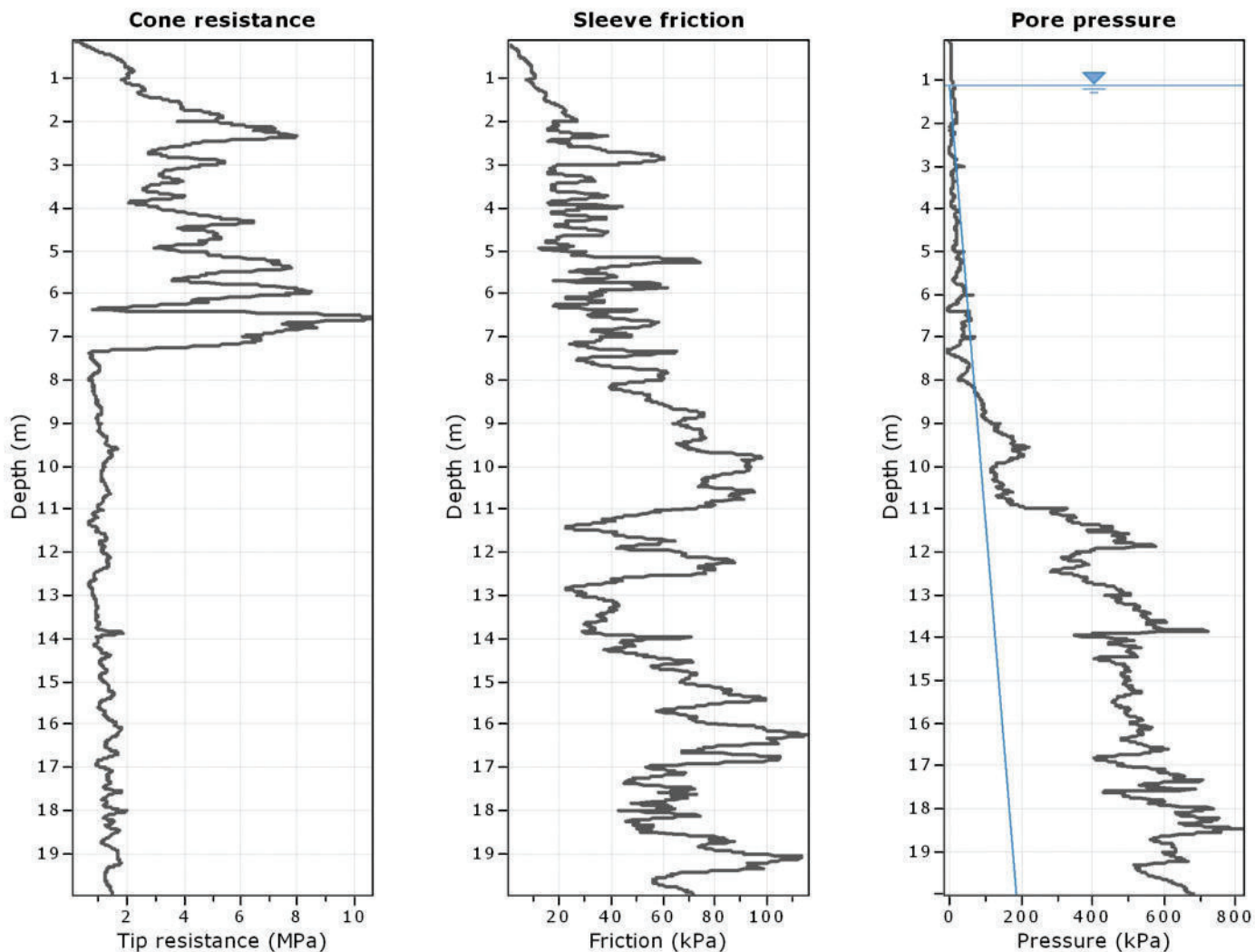


CPTU-ACQ for TGAS (Pagani G.E. acquisition system)



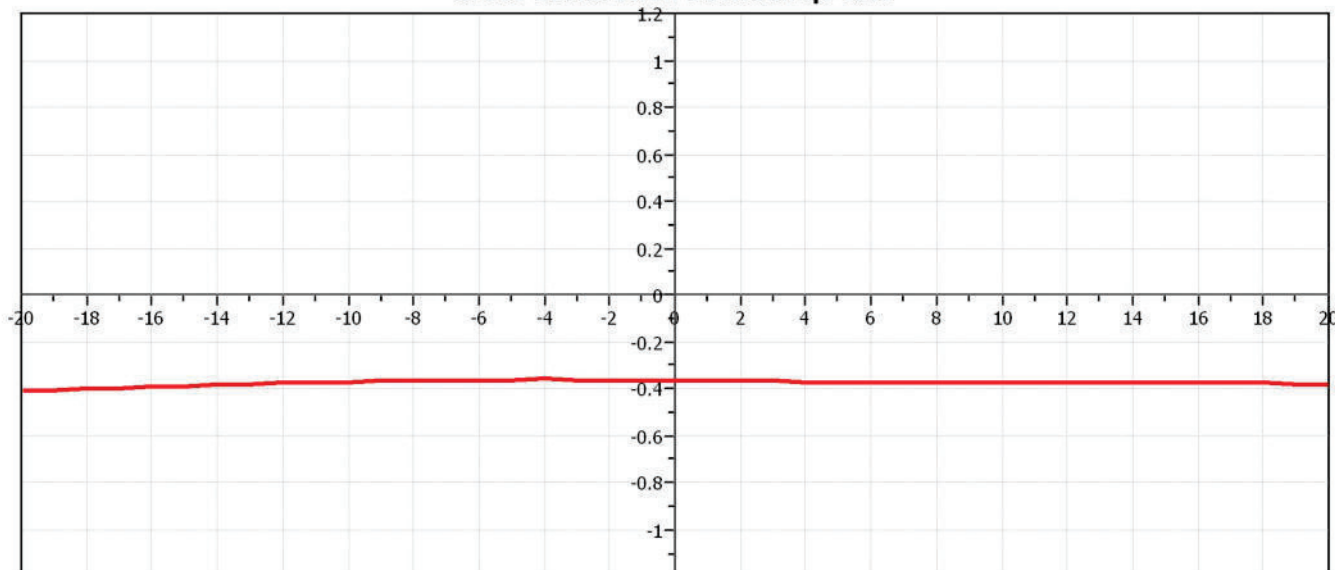
Project: REGINA PACIS - Rif. 2044

Location: RIMINI



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

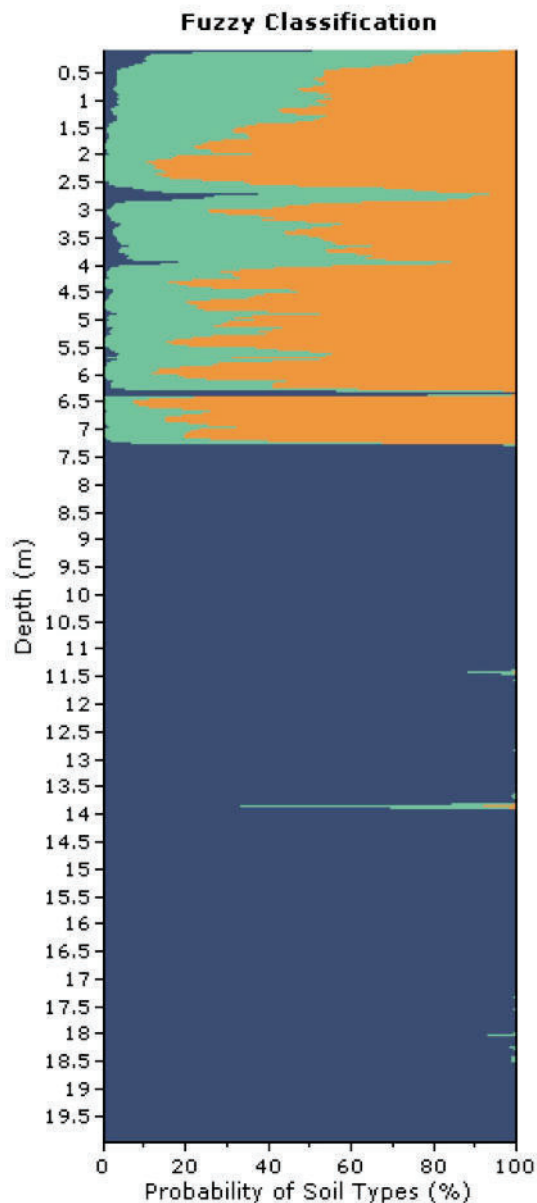
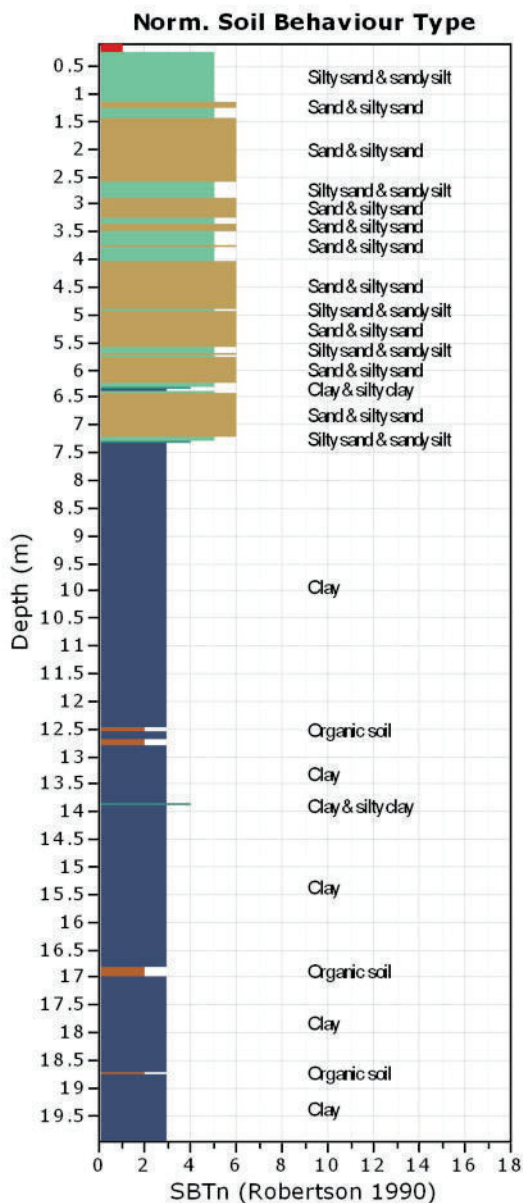
Cross correlation between qc & fs





Project: REGINA PACIS - Rif. 2044

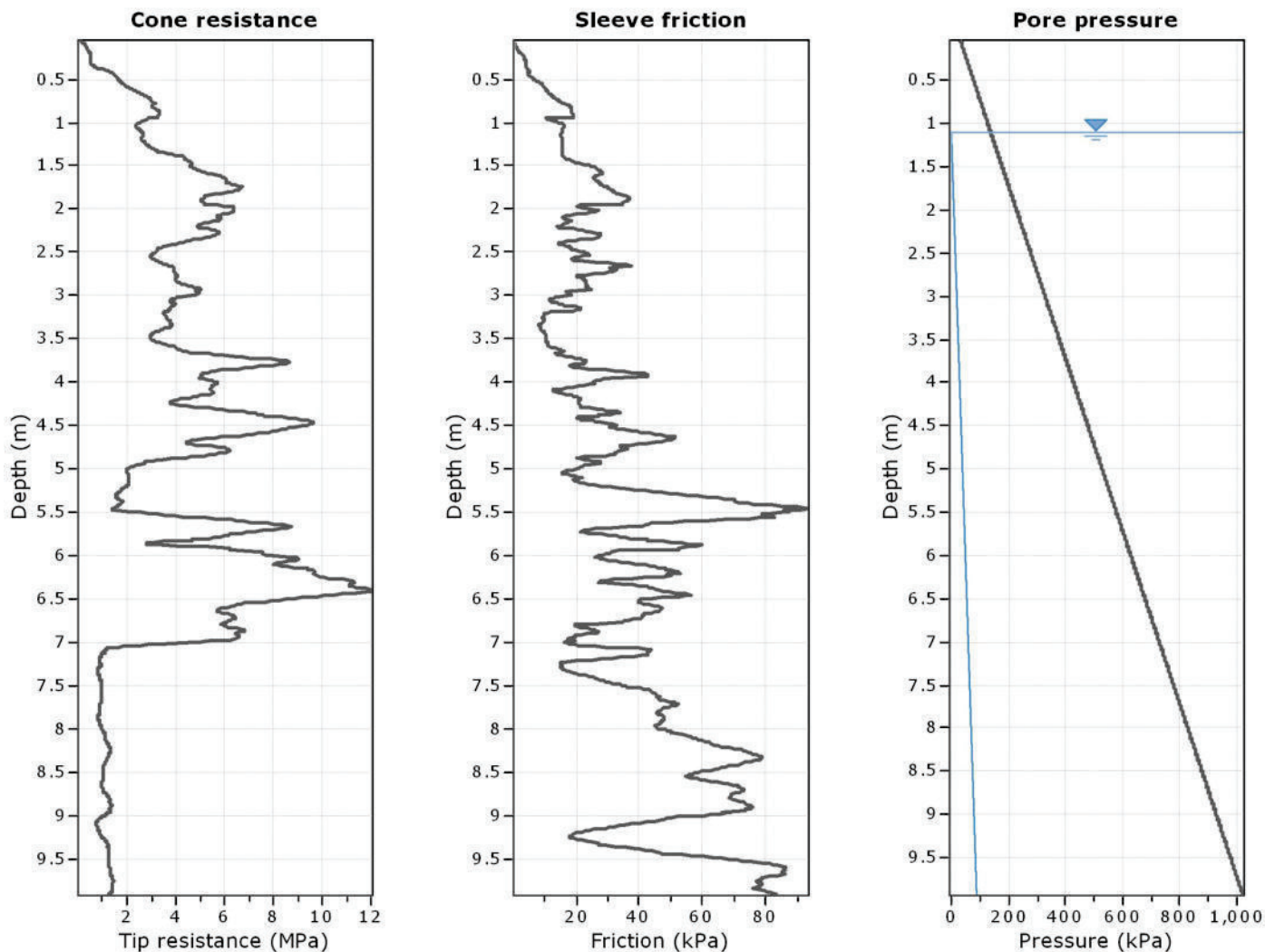
Location: RIMINI





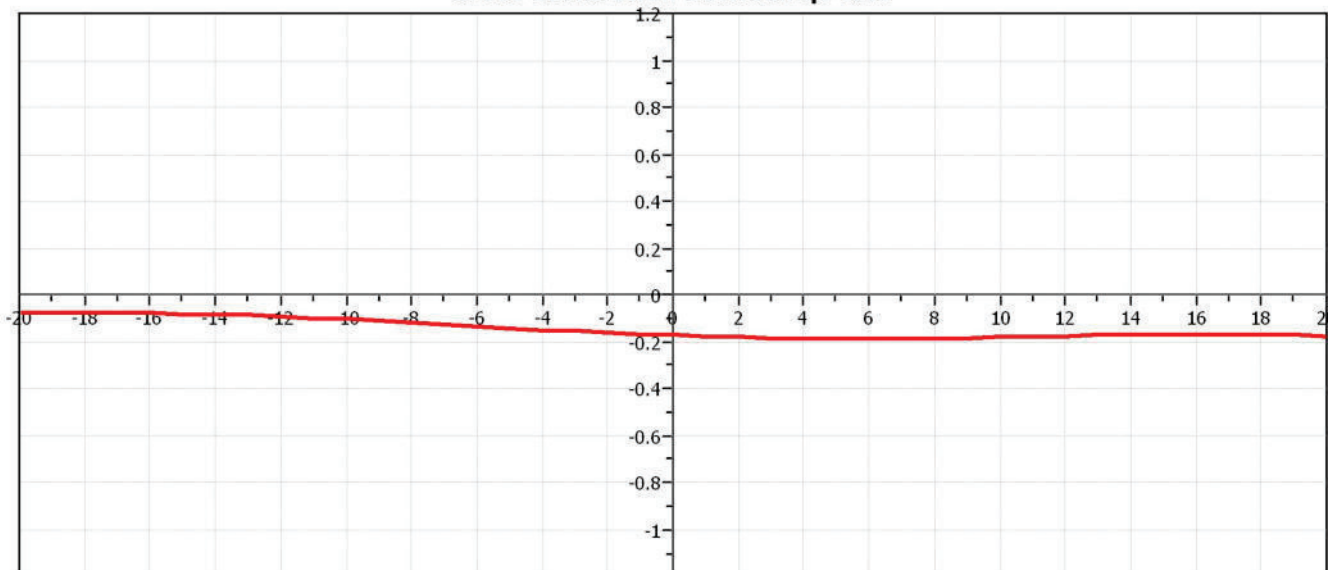
Project: REGINA PACIS - Rif. 2044

Location: RIMINI



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw qc and fs values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between qc & fs





Project: REGINA PACIS - Rif. 2044  
Location: RIMINI

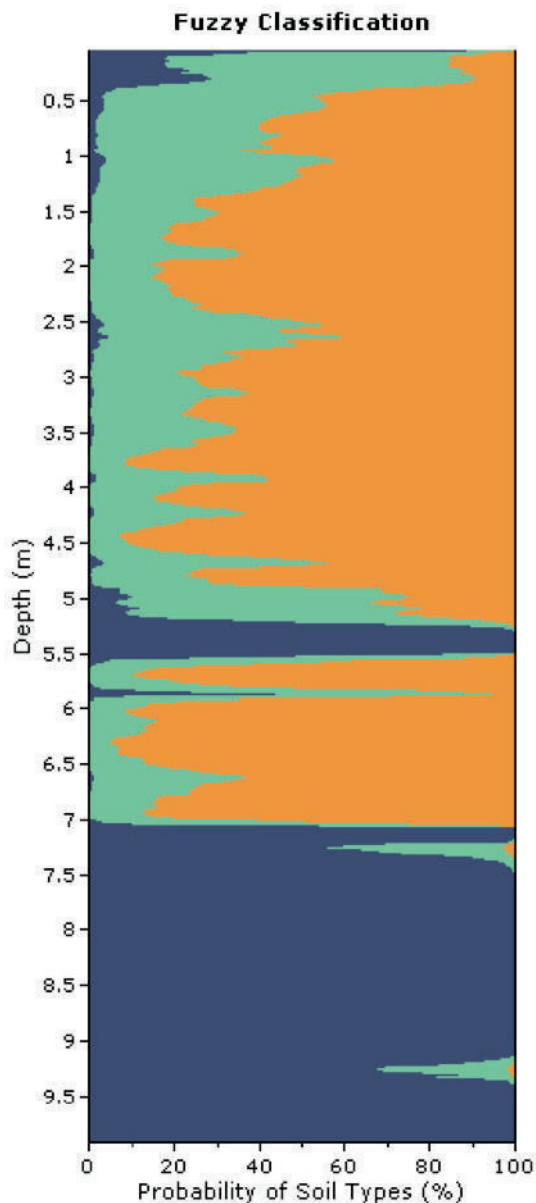
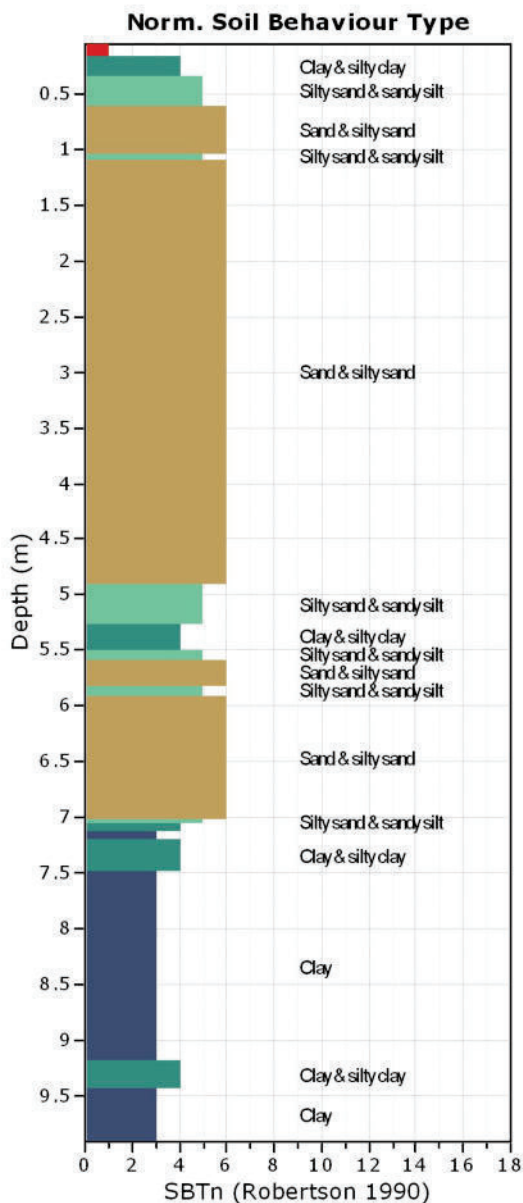
Total depth: 9.92 m, Date: 24/03/2013

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: PAGANI

Cone Operator: Uknown



## FORMULE DI CORRELAZIONE UTILIZZATE

### COESIONE NON DRENATA

$$C_u = \frac{R_p - \sigma_{vo}}{N_k}$$

$C_u$  = coesione non drenata

$R_p$  = resistenza statica alla punta

$\sigma_{vo}$  = pressione litostatica totale

$N_k$  = costante variabile in funzione del terreno

### RAPPORTO DI SOVRACONSOLIDAZIONE

- Mayne e Mitchell, 1988

$$OCR = 3.22 * \frac{C_u}{\sigma'_{vo}}$$

OCR = rapporto di sovraconsolidazione

$\sigma'_{vo}$  = pressione litostatica efficace

### MODULO DI COMPRESSIBILITA'

Tratto da:

- Sanglerat, 1972
- Trofimenkov, 1974
- Mitchell e Gardner, 1975

Per terreni coesivi

$$E_d = \frac{\sqrt{R_p}}{0.063}$$

Per terreni incoerenti

Se $R_p < 55$	$\rightarrow E_d = 10 + 16 R_p^{0.495}$
Se $55 \leq R_p < 70$	$\rightarrow E_d = 40 + R_p/0.6735$
Se $70 \leq R_p < 95$	$\rightarrow E_d = 143.76 + 3.76*(R_p-70)$
Se $95 \leq R_p < 100$	$\rightarrow E_d = 237.5 + 52.5*(R_p-95)$
Se $R_p \geq 100$	$\rightarrow E_d = 500$

$E_d$  = modulo di compressibilità

### NOTA

Per problemi che attengono gli assestamenti del terreno in condizioni drenate, nell'ambito del livello usuale di deformazione (0.01 – 0.2%) delle fondazioni, alcuni autori (Tatsuoka et al., 1994 – Jamiolkowski et al., 1995) consigliano di adottare valori del coefficiente di Poisson “ $\nu$ ” generalmente compresi fra 0.1 ÷ 0.2 sia per terreni fini (argillo - limosi) che granulari grossolani (sabbie - ghiaie). In base a tali valori che legano il “ $\nu$ ” al modulo edometrico “ $E_d$ ” ed al modulo di Young “ $E_y$ ”, è possibile adottare la relazione  $E_y = E_d * (1+\nu) * (1-2\nu) / (1-\nu)$ , da cui si evince che, nel campo elastico a basse deformazioni “ $E_y$ ” è prossimo a “ $E_d$ ”; nella tabella dei parametri geotecnici, all'interno della relazione geologica, “ $E_d$ ” li rappresenta entrambi. Per carichi di breve durata (condizioni non drenate) e in argille sature è opportuno utilizzare valori tipici della teoria dell'elasticità isotropica ( $\nu = 0.4 \div 0.5$ ).

I valori dinamici (“ $G$ ” modulo di taglio massimo o elastico tangenziale) dei moduli elastici possono essere da 2 a 10 volte maggiori del valore statico “ $G$ ” (Bowles, 1998) a sua volta posto in relazione con il modulo edometrico con la formula  $G = E_d * (1-2\nu) / [2 * (1-\nu)]$ .

I valori di  $E_y$  decrescono sensibilmente al crescere del livello di tensione deviatorica; i valori iniziali (deviatore nullo) valgono circa il doppio di “ $E_{50}$ ” (a sua volta corrispondente in prima approssimazione a “ $E_y$ ”) relativi ad una tensione deviatorica pari al 50% di quella a rottura (Viggiani, 1999). Pertanto per deformazioni inferiori a quelle sopra indicate si possono adottare valori del modulo elastico superiori a quelli adottabili per “ $E_y$ ”.

**DENSITA' RELATIVA**

- Jamolkowski et al., 2003

$$D_r = 100 \left[ 0.268 \ln \left( \frac{R_p}{\sigma_{vo}^{0.5}} \right) - 0.675 \right]$$

$D_r$  = densità relativa

**ANGOLO DI ATTRITO INTERNO**

Per terreni ghiaiosi:

- Schmertmann, 1978

$$\Phi' = 38 + 0.08 * D_r$$

Per terreni sabbiosi e sabbioso-limosi:

- Hatanaka e Uchida, 1996
- Hatanaka et al., 1998

$$\Phi' = 3.5 \sqrt{N_1(60) + 22.3} \dots \dots \dots 5 \leq N_1(60) \leq 26$$

$$\Phi' = 40 \dots \dots \dots N_1(60) > 26$$

$\Phi'$  = angolo di attrito interno in condizioni drenate

$N_1(60)$  = numero di colpi SPT corretto per l'efficienza energetica e la tensione litostatica

**COEFFICIENTE DI SPINTA A RIPOSO DELLE TERRE**

Jaky, 1967

$$K_0 = 1 - \sin \Phi$$

**ANGOLO DI ATTRITO INTERNO ALLO STATO CRITICO**

Bolton, 1986

$$\Phi_{cv} = \Phi_p - 5 I_R$$

$$I_R = D_r [Q - 1]$$

$\Phi_p$  = angolo di attrito di picco

**NOTA : correlazione tra penetrometrie dinamiche e statiche C.P.T.**

Dall'interpretazione dei profili penetrometrici, con il metodo in base alla resistenza dinamica alla penetrazione mediante la formula degli Olandesi:

$$R_d = M^2 * H / A * e * (M + P + C)$$

con:  $R_d$  = resistenza dinamica alla penetrazione (Kg/cmq)

$H$  = altezza di caduta maglio

$M$  = peso maglio (Kg)

$A$  = area punta conica (cmq)

$e$  = infissione unitaria (10 cm/N dove N = numero di colpi per 10cm di avanzamento)

$P$  = peso delle aste (Kg)

$C$  = peso della cuffia di battuta (Kg)

Si ricava il rapporto tra la resistenza dinamica alla penetrazione e quella statica di punta  $R_p$

$$R_p = 0.5 \div 0.8 R_d \text{ (Sanglerat)} = 0.9 \div 1.0 R_d \text{ (Penetrometri tipo Pagani ad alto rendimento)}$$

# ALLEGATO N. 5

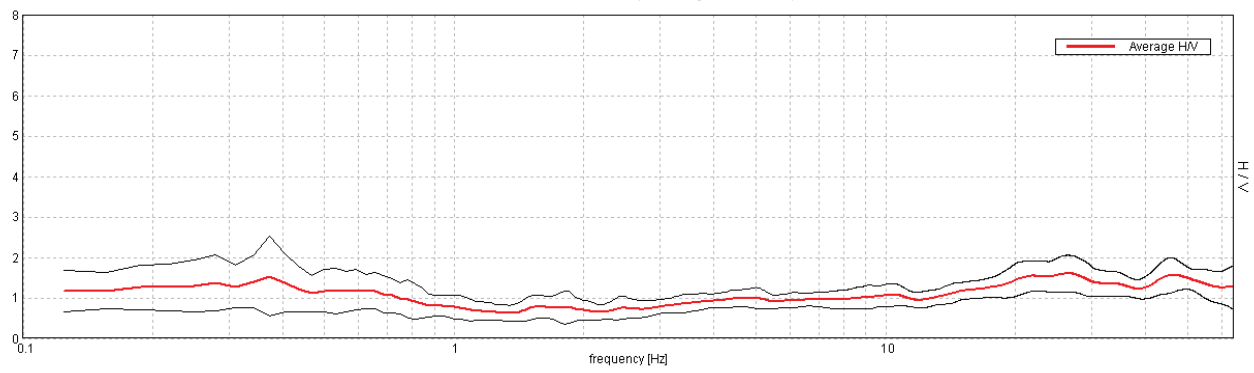
## PROVA H/H

Strumento: TRZ-0080/01-10  
 Inizio registrazione: 18/03/13 17:19:06 Fine registrazione: 18/03/13 17:39:07  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Dato GPS non disponibile

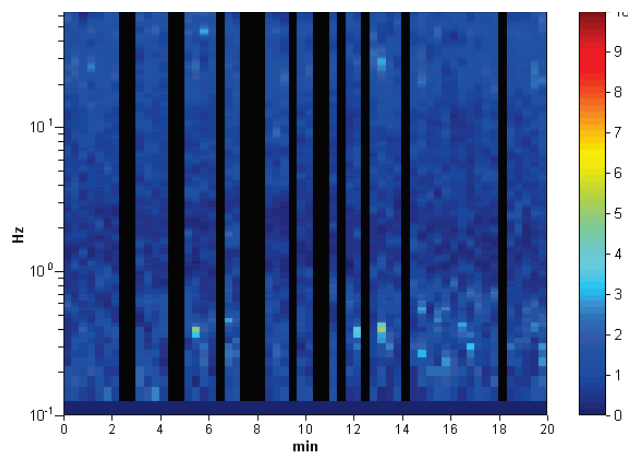
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 75% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 128 Hz  
 Lunghezza finestre: 20 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

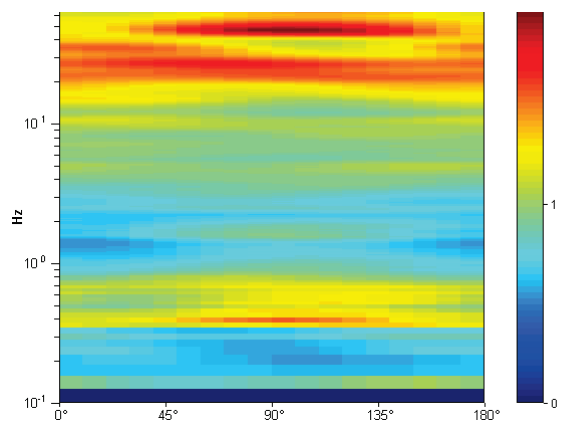
Max. H/V at 26.56 ± 3.44 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



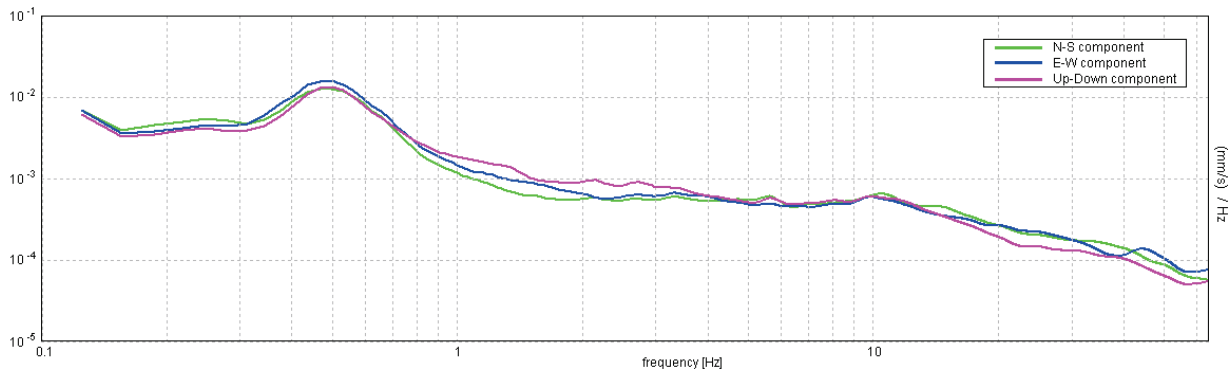
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

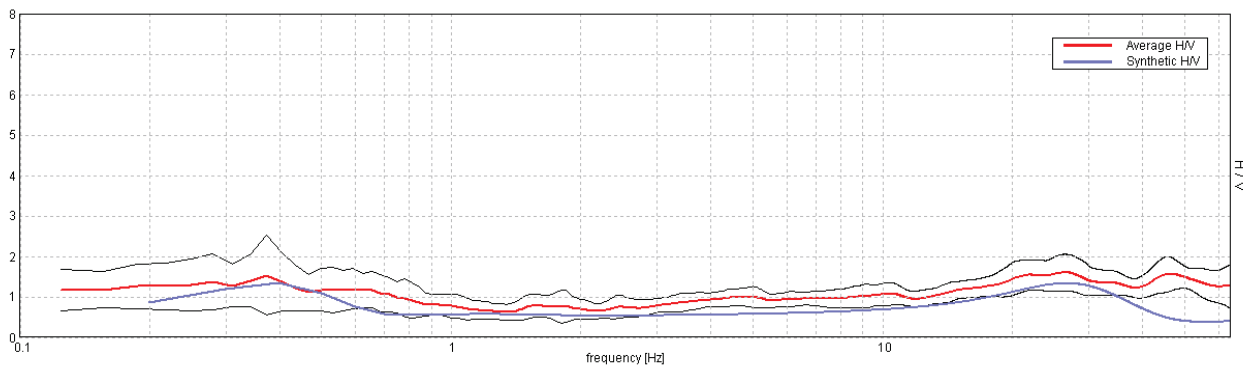






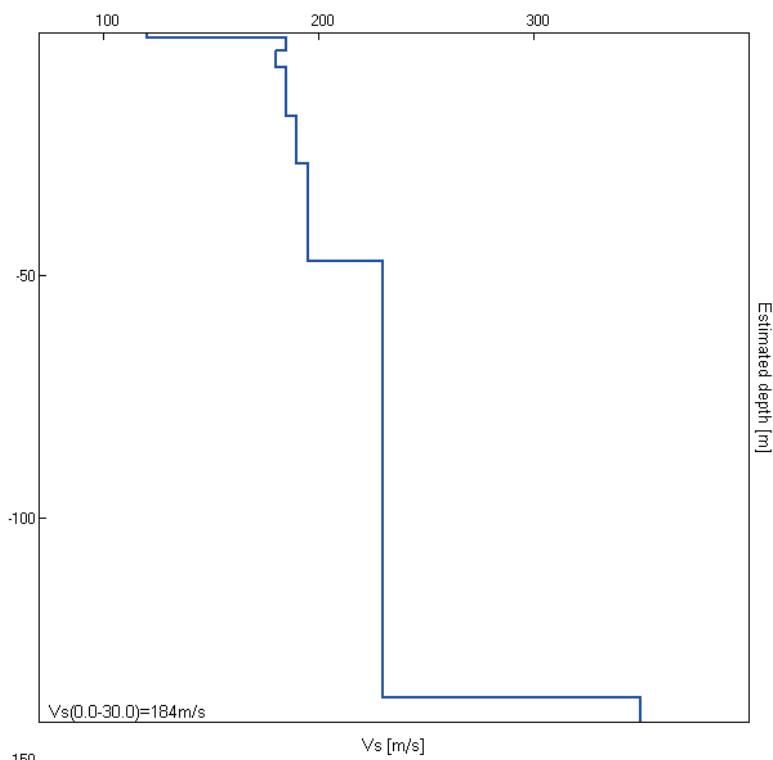
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 26.56 ± 3.44 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	120	0.49
3.50	2.50	185	0.49
7.00	3.50	180	0.49
17.00	10.00	185	0.40
27.00	10.00	190	0.40
47.00	20.00	195	0.40
137.00	90.00	230	0.40
inf.	inf.	350	0.35

**Vs(0.0-30.0)=184m/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  $26.56 \pm 3.44$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

### Criteria per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$26.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$23906.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 1276	OK	

### Criteria per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.60 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06352  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.68735 < 1.32813$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2216 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	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

CPT "cono sismico" 1

<b>COMMITTENTE</b>	<b>GEOECOTER</b>
<b>CONO SISMICO</b>	<b>CPT - S3</b>
<b>Località</b>	<b>RIMINI (Via Parini)</b>
<b>Data acquisizione</b>	<b>15/05/08</b>

Codice lavoro **704**

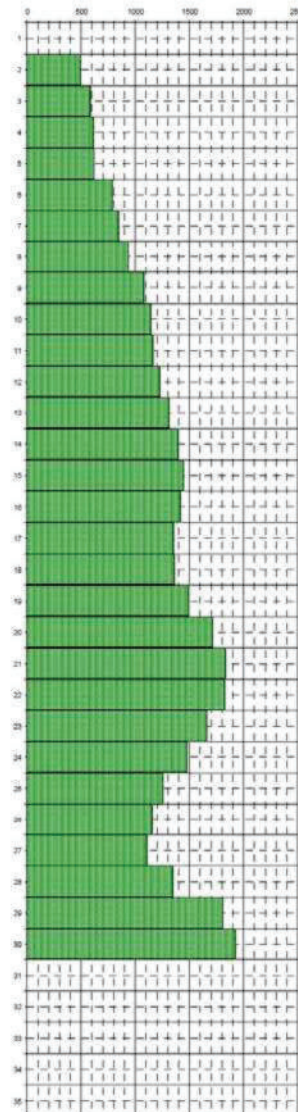


**PROGEO S.r.l.**  
Via Taisto 106 - 47100 Forlì  
tel. 0543 / 723960  
fax 0543 / 721486  
e-mail: proggeo@tin.it

Profondità	Vp m/sec	Vs m/sec	v	γ T/m³	E <sub>din</sub> Kg/cm²	G <sub>din</sub> Kg/cm²	K <sub>din</sub> Kg/cm²
------------	-------------	-------------	---	-----------	----------------------------	----------------------------	----------------------------

0							
1							
2	490	132	0.46	1.65	859	294	3658
3	506	168	0.46	1.71	1433	493	5336
4	611	175	0.46	1.73	1569	539	5848
5	618	173	0.46	1.73	1534	526	6031
6	785	140	0.48	1.81	1076	362	10884
7	840	133	0.49	1.83	977	328	12747
8	930	149	0.49	1.87	1255	422	15914
9	1079	164	0.49	1.92	1577	530	22108
10	1140	159	0.49	1.94	1498	503	25065
11	1163	179	0.49	1.95	1892	636	26038
12	1227	167	0.49	1.97	1668	560	29486
13	1313	188	0.49	2.00	2147	721	34106
14	1394	170	0.49	2.02	1780	596	39184
15	1441	171	0.49	2.03	1803	604	42185
16	1418	217	0.49	2.02	2904	976	40201
17	1354	219	0.49	2.01	2916	981	36202
18	1358	214	0.49	2.01	2797	940	36499
19	1495	218	0.49	2.05	2941	987	45281
20	1713	197	0.49	2.10	2478	830	61675
21	1829	204	0.49	2.13	2692	901	71267
22	1820	220	0.49	2.12	3138	1051	70288
23	1656	209	0.49	2.09	2767	927	57060
24	1472	207	0.49	2.04	2659	892	43853
25	1254	235	0.48	1.98	3304	1115	30222
26	1153	231	0.48	1.95	3124	1056	24974
27	1104	260	0.47	1.93	3913	1330	22215
28	1343	229	0.49	2.00	3173	1068	35421
29	1806	231	0.49	2.12	3441	1153	68950
30	1921	228	0.49	2.15	3387	1134	79179
31							
32							
33							
34							
35							

VELOCITA' ONDE DI COMPRESIONE  
m/sec



VELOCITA' ONDE DI TAGLIO  
m/sec



**Legenda parametri dinamici**

Tp	Tempi onde di compressione	millesimi	γ	Peso di volume	T/m³
Ts	Tempi onde di taglio	millesimi	E <sub>din</sub>	Modulo di elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	m/sec	G <sub>din</sub>	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	m/sec	K <sub>din</sub>	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm²
v	Coefficiente di Poisson	-			

**CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI**  
(NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI P.C.M. n° 3341 del 14/09/2005)

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

$Vs_{30} = 186$  m/sec

**CATEGORIA SUOLO = C**

## ALLEGATO N. 6 – PARAMETRI SISMICI

Indirizzo

via Buonamicci - Rimini

WG84: Lat 44.051439 - Lng 12.593150

ED50: Lat 44.052378 - Lng 12.594107

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

### Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

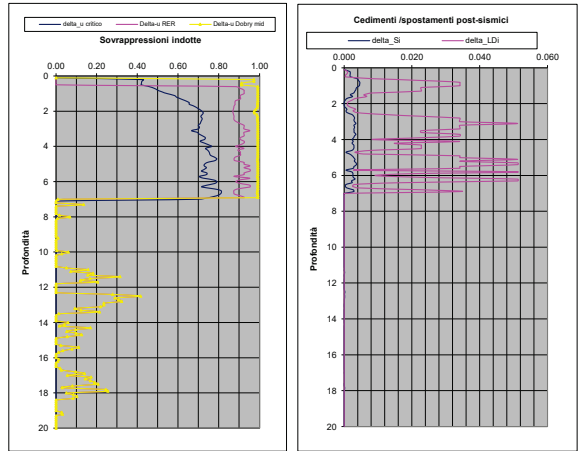
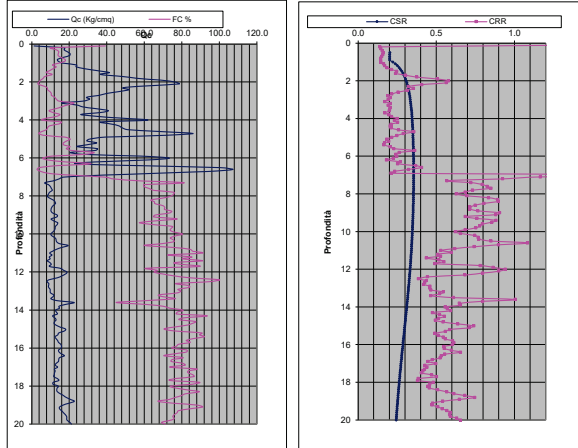
**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.048	2.432	0.273
Danno (SLD)	50	0.063	2.550	0.276
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.183	2.482	0.295
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.237	2.520	0.309
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

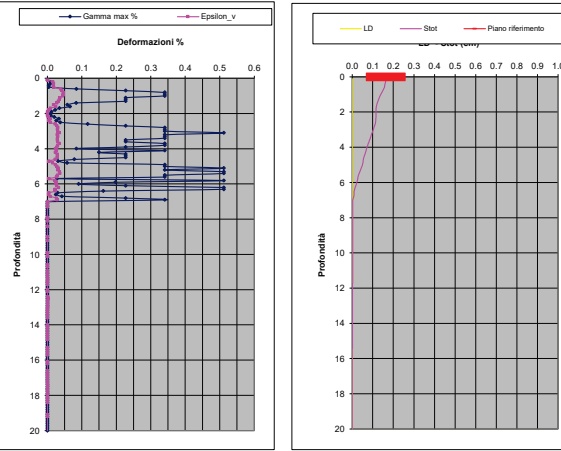
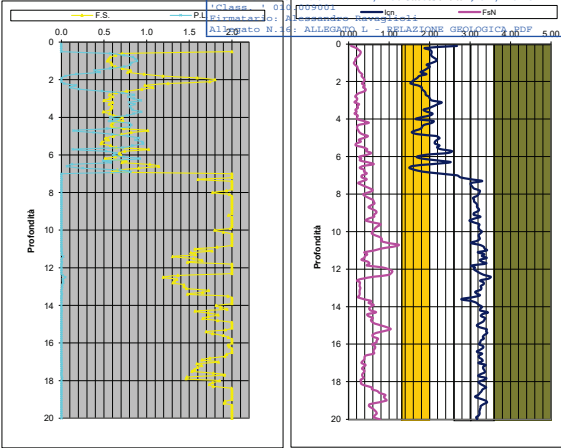




DIAGRAMMI DI RIFERIMENTO VERIFICA LIQUEFAZIONE - METODO R. & W., 2009



PROVA CPTU 2



COMUNE DI RIMINI

\*Riproduzione Cartacea di documento Firmato Digitalmente ai sensi artt 20 e 22 Dl 82/2005\*

Protocollo N. 0244412/2 Caratteristiche tecniche 7/2023

Allegato N. 1

ALLEGATO N. 1 - RELAZIONE GEOLOGICA RDP - 5.0h

Soil Classification	Zone No.	Range of CPT Index / Values
Organic Clay Soils	2	$I_p > 3.60$
Clays	3	$2.60 < I_p < 3.60$
Silt Mixtures	4	$2.60 < I_p < 2.65$
Sand Mixtures	5	$2.65 < I_p < 2.60$
Sands	6	$1.31 < I_p < 2.65$
Gravelly Sands	7	$I_p < 1.31$

after Robertson and Wride (1995)  
\*Note: Zone number per Robertson SPT (1990).

- Argille - terreni organici
- Argille - argilla/argilla limosa
- Miscela di limi - limo argilloso/argilla limosa
- Miscela di sabbie - sabbia limosa/limo sabbioso
- Sabbie - sabbie pulite/sabbie limose
- sabbie ghiaiose / sabbie dense

- LEGENDA**
- Qc = Res. alla penetraz. (Kg/cm²)
  - FC = Fine content - passante 0.074 mm (%)
  - FS = Attrito laterale (Kg/cm²)
  - F = rapporto di frizione
  - Qtn = parametro di resist. alla punta normal.
  - lcn = Soil behavior index normalized (ad)
  - qc1N-cs = Resist. alla penetraz. corretta all'FC e normalizzata
  - ξ = parametro di stato
  - KH = fatt. correttivo per spessore strato (ad)
  - Rd = stress reduction coefficient (ad)
  - CN = fattore di normalizzazione per carico litostatico (ad)
  - Kσ = fatt. correttivo per sovraccarico-profondità (ad)
  - Kσ = fatt. correttivo per sforzi di taglio (ad)
  - MSF = magnitudo scaling factor (ad)
  - F, S = Fattore di sicurezza (CRR/CSR con correzioni) (ad)
  - CSR = Cyclic Stress Ratio (ad)
  - CRR = Cyclic Resistance Ratio (ad)
  - P.L. = Probabilità di liquefazione (ad)
  - IPL = indice del potenziale di liquefazione (ad)
  - γmax = deformazione di taglio massima indotta dal sisma (%)
  - εv = vertical reconsolidation strain
  - Δsi = cedimento i-esimo dello strato (mt)
  - Su = Su / σ'vc resistenza totale non drenata - strati coesivi (ad)
  - Sur = Sur / σ'vc resistenza totale residua non drenata - strati coesivi (ad)
  - qc1N-sr = Resist. alla penetraz. corretta all'FC e normalizzata
  - Sr = Sr / σ'vc resistenza residua - strati incoerenti (ad)
  - Ruc = σ'vc critico - stima sogliata innesco fenomeno di instabilità/liquefazione
  - Au RER = σ'vc sovrappressione crit. 1/22007 - tabella 2 R.E.R.
  - Au Dobry M. = σ'vc Dobry et al. 1984 "meser" sabbie-Robertson 109 x argile
  - Au Dobry U. = σ'vc Dobry et al. 1984 "lower bound" x sabbie-Robertson 109 x argile
  - Au Dobry L. = σ'vc Dobry et al. 1984 "upper bound" x sabbie-Robertson 109 x argile
  - Stot = Cedimento post-sismico totale (mt)
  - LDI = Lateral Displacement Index (mt)
  - Dr = Densità relativa (ad)
  - φ = angolo di attrito interno (deg)
  - OCR = rapporto di sovraccaricoconsolidazione (sabbie e argille) (ad)
  - St = coefficiente di sensibilità delle argille (ad)
  - LSN = Liquefaction Severity Number (ad)

LSN Range	Expected ground surface damage
0-10	Little to no expression of liquefaction, minor effects
10-20	Minor expression of liquefaction, some sand boils
20-30	Moderate expression of liquefaction, with some sand boils and structural damage
30-40	Moderate to severe expression of liquefaction, settlements can cause structural damage
40-50	Major expression of liquefaction, undulations and damage to ground surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services
>50	Severe damage, extensive evidence of liquefaction in surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services

Probability	Description of the risk of liquefaction-induced ground failure
0.9 - P <sub>0</sub> ≤ 0.9	extremely high to absolutely certain
0.7 - P <sub>0</sub> ≤ 0.7	high
0.3 - P <sub>0</sub> ≤ 0.7	moderate
0.1 - P <sub>0</sub> ≤ 0.3	low
P <sub>0</sub> ≤ 0.1	extremely low to none

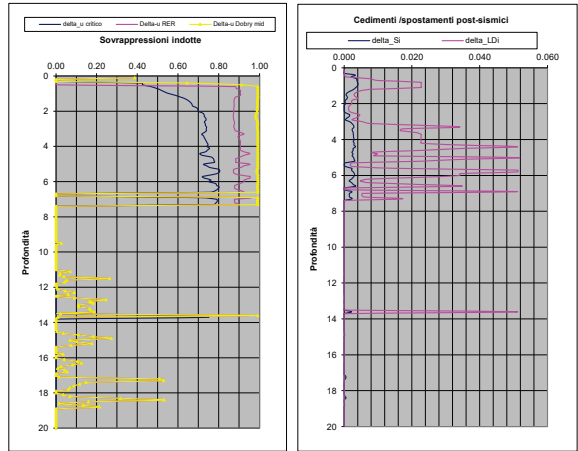
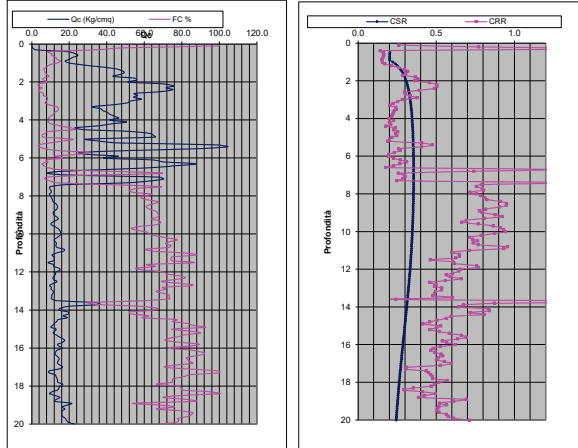
IPL = 15.31      PL = 56.08      LDI = 1.429      Stot = 0.163 (mt)      LD = 0.00 (mt)      SLiq = 5.40 (mt)      LSN = 69.14      PG = 1.00



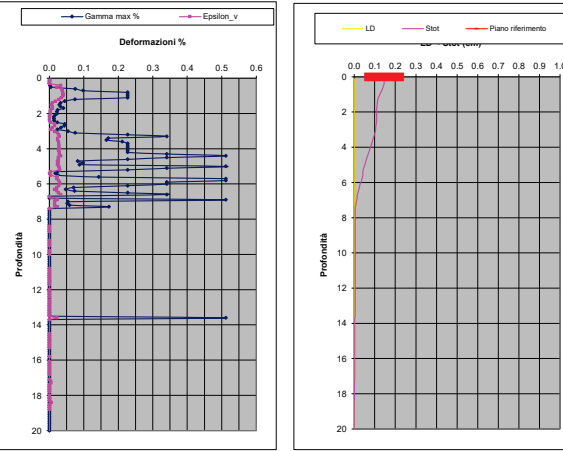
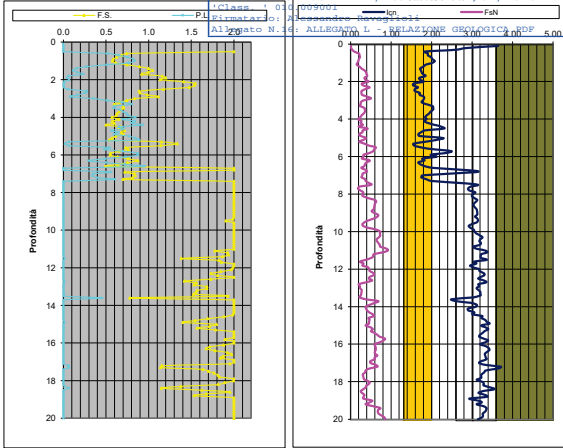




DIAGRAMMI DI RIFERIMENTO VERIFICA LIQUEFAZIONE - METODO R. & W., 2009



PROVA CPTE 3



COMUNE DI RIMINI

\*Riproduzione Cartacea di documento Firmato Digitalmente ai sensi artt 20 e 22 Dl 82/2005\*

Protocollo N. 0244412/2 Caratteristiche tecniche 7/2023  
 Allegato N. 1

Soil Classification	Zone No.	Range of CPT Index / Values
Organic Clay Soils	2	$I_p > 3.60$
Clays	3	$2.60 < I_p < 3.60$
Silt Mixtures	4	$2.05 < I_p < 2.60$
Sand Mixtures	5	$1.31 < I_p < 2.05$
Sands	6	$I_p < 1.31$
Gravelly Sands	7	$I_p < 1.31$

after Robertson and Wride (1995)  
 \*Note: Zone number per Robertson SPT (1990).

- Argille - terreni organici
- Argille - argilla/argilla limosa
- Miscela di limi - limo argilloso/argilla limosa
- Miscela di sabbie - sabbia limosa/limo sabbioso
- Sabbie - sabbie pulite/sabbie limose
- sabbie ghiaiose / sabbie dense

LEGENDA

- Qc = Res. alla penetraz. (Kg/cm²)
- FC = Fine content - passante 0.074 mm (%)
- F<sub>s</sub> = Attrito laterale (Kg/cm²)
- F<sub>v</sub> = rapporto di frizione
- Q<sub>tn</sub> = parametro di resist. alla punta normal.
- IC<sub>nl</sub> = Soil behaviour index normalized (ad)
- qc1N-cs = Resist. alla penetraz. corretta all'FC e normalizzata
- ξ = parametro di stato
- KH = fatt. correttivo per spessore strato (ad)
- Rd = stress reduction coefficient (ad)
- CN = fattore di normalizzazione per carico litostatico (ad)
- K<sub>σ</sub> = fatt. correttivo per sovraccarico-profondità (ad)
- K<sub>z</sub> = fatt. correttivo per sforzi di taglio (ad)
- MSF = magnitudo scaling factor (ad)
- F<sub>s</sub> = Fattore di sicurezza (CRR/CSR con correzioni) (ad)
- CSR = Cyclic Stress Ratio (ad)
- CRR = Cyclic Resistance Ratio (ad)
- P.L. = Probabilità di liquefazione (ad)
- IPL = indice del potenziale di liquefazione (ad)
- γ<sub>max</sub> = deformazione di taglio massima indotta dal sisma (%)
- ε<sub>v</sub> = vertical reconsolidation strain
- Δs<sub>i</sub> = cedimento i-esimo dello strato (mt)
- Su = S<sub>u</sub> / σ'vc resistenza totale non drenata - strati coesivi (ad)
- S<sub>ur</sub> = S<sub>ur</sub> / σ'vc resistenza totale residua non drenata - strati coesivi (ad)
- qc1N-sr = Resist. alla penetraz. corretta all'FC e normalizzata
- Sr = S<sub>r</sub> / σ'vc resistenza residua - strati incoerenti (ad)
- R<sub>uc</sub> = σ<sub>u</sub>/σ'vc critico - stima sogliata innesco fenomeno di instabilità/liquefazione
- Au RER = σ<sub>u</sub>/σ'vc sovrappressione crit. 1/22007 - tabella 2 R.E.R.
- Au Dobry M. = σ<sub>u</sub>/σ'vc Dobry et al. 1984 "near" sabbie-Robertson 109 x argile
- Au Dobry U. = σ<sub>u</sub>/σ'vc Dobry et al. 1984 "lower bound" x sabbie-Robertson 109 x argile
- Stot = Cedimento post-sismico totale (mt)
- LDI = Lateral Displacement Index (mt)
- D<sub>r</sub> = Densità relativa (ad)
- φ = angolo di attrito interno (deg)
- OCR = rapporto di sovraccarico (sabbie e argille) (ad)
- St = coefficiente di sensibilità delle argille (ad)
- LSN = Liquefaction Severity Number (ad)

LSN Range	Expected ground surface damage
0-10	Little to no expression of liquefaction, minor effects
10-20	Minor expression of liquefaction, some sand boils
20-30	Moderate expression of liquefaction, with some sand boils and structural damage
30-40	Moderate to severe expression of liquefaction, settlements can cause structural damage
40-50	Major expression of liquefaction, undulations and damage to ground surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services
>50	Severe damage, extensive evidence of liquefaction in surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services

From based on Table 13 from T&E report "Liquefaction Vulnerability Study"

IPL = 12.49      PL = 40.86      LDI = 1.127      Stot = 0.145 (mt)      LD = 0.00 (mt)      SLiq = 5.40 (mt)      LSN = 57.23      PG = 0.98

Probability	Degree of the risk of liquefaction-induced ground failure
0.9 - P <sub>0</sub> ≤ 0.9	extremely high to absolutely certain
0.7 - P <sub>0</sub> ≤ 0.7	high
0.3 - P <sub>0</sub> ≤ 0.7	moderate
0.1 - P <sub>0</sub> ≤ 0.3	low
P <sub>0</sub> ≤ 0.1	extremely low to none

COMUNE DI RIMINI

Prodotto in Cartaceo di documento Firmato Digitalmente ai sensi artt 20 e 23 D.l. 82/2005  
Protocollo N. 024412/2023 del 31/07/2023  
Firmatario: Alessandro Svegliati  
Allegato N.16: ALLEGATO 16 - RELAZIONE GEOLOGICA PDF

ALLEGATO N. 7

Robertson & Wride, agg. 2009

PROVA "CPTU 4"

Off-plan location (aggregating) for a single building

Environment

Construction

Soil

Foundation

Foundation

Foundation

Foundation

Foundation

Foundation

Foundation

Table with multiple columns for soil parameters and test results. Includes columns for depth, soil type, and various test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

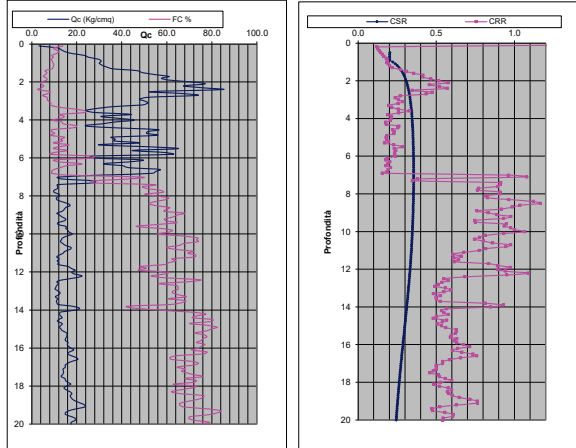
Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.

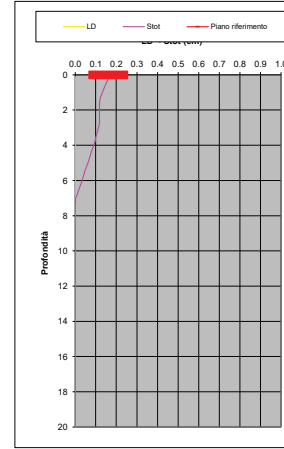
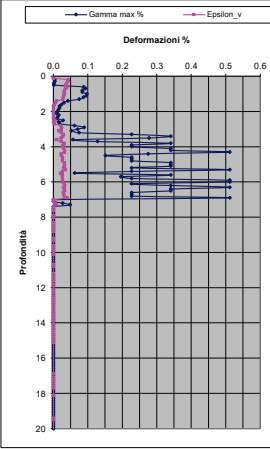
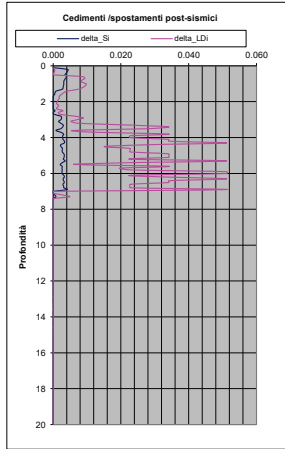
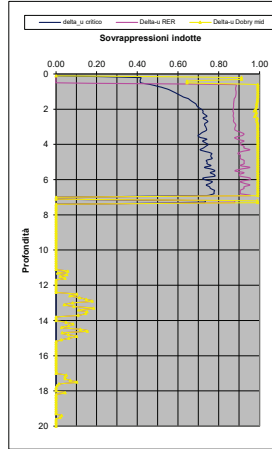
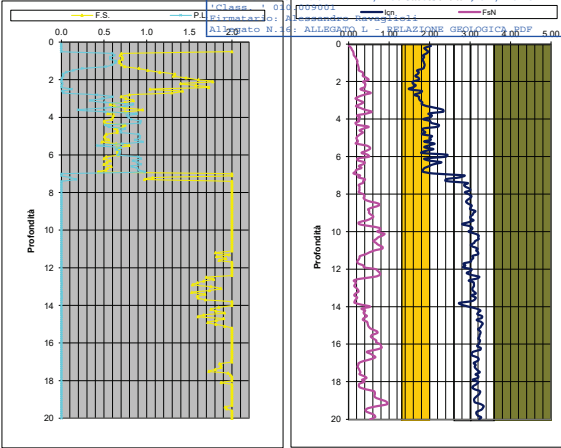
Table with columns for test parameters and results. Includes columns for test ID, test type, and test values.



DIAGRAMMI DI RIFERIMENTO VERIFICA LIQUEFAZIONE - METODO R. & W., 2009



PROVA CPTU 4



Soil Classification	Zone No.	Range of CPT Index / Values
Organic Clay Soils	2	$I_p > 3.60$
Clays	3	$2.60 < I_p < 2.95$
Silt Mixtures	4	$2.05 < I_p < 2.60$
Sand Mixtures	5	$1.31 < I_p < 2.05$
Sands	6	$I_p < 1.31$
Gravelly Sands	7	$I_p < 1.31$

- Argille - terreni organici
- Argille - argilla/argilla limosa
- Miscela di limi - limo argilloso/argilla limosa
- Miscela di sabbie - sabbia limosa/limo sabbioso
- Sabbie - sabbie pulite/sabbie limose
- sabbie ghiaiose / sabbie dense

- LEGENDA**
- Qc** = Res. alla penetraz. (Kg/cm²)
  - FC** = Fine content - passante 0.074 mm (%)
  - Fsn** = Attrito laterale (Kg/cm²)
  - F** = rapporto di frizione
  - Qtn** = parametro di resist. alla punta normal.
  - lcn** = Soil behaviour index normalized (ad)
  - qc1N-cs** = Resist. alla penetrez. corretta all'FC e normalizzata
  - ξ** = parametro di stato
  - KH** = fatt. correttivo per spessore strato (ad)
  - Rd** = stress reduction coefficient (ad)
  - CN** = fattore di normalizzazione per carico litostatico (ad)
  - Kσ** = fatt. correttivo per sovraccarico-profondità (ad)
  - Kσ'** = fatt. correttivo per sforzi di taglio (ad)
  - MSF** = magnitudo scaling factor (ad)
  - F.S.** = Fattore di sicurezza (CRR/CSR con correzioni) (ad)
  - CSR** = Cyclic Stress Ratio (ad)
  - CRR** = Cyclic Resistance Ratio (ad)
  - P.L.** = Probabilità di liquefazione (ad)
  - IPL** = indice del potenziale di liquefazione (ad)
  - γ<sub>max</sub>** = deformazione di taglio massima indotta dal sisma (%)
  - ε<sub>v</sub>** = vertical reconsolidation strain
  - Δs<sub>i</sub>** = cedimento i-esimo dello strato (mt)
  - Su** = S<sub>u</sub> / σ'vc resistenza totale non drenata - strati coesivi (ad)
  - Su'** = S<sub>u</sub> / σ'vc resistenza totale residua non drenata - strati coesivi (ad)
  - qc1N-sr** = Resist. alla penetrez. corretta all'FC e normalizzata
  - Sr** = S<sub>r</sub> / σ'vc resistenza residua - strati incoerenti (ad)
  - Ruc** = σ<sub>u</sub>/σ'vc critico - stima sogliata innesco fenomeno di instabilità/liquefazione
  - Au RER** = σ<sub>u</sub>/σ'vc sovrappressione crit. 1/22007 - tabella 2 R.E.R.
  - Au Dobry M.** = σ<sub>u</sub>/σ'vc Dobry et al. 1984 "near" x sabbie-Robertson 109 x argille
  - Au Dobry L.** = σ<sub>u</sub>/σ'vc Dobry et al. 1984 "lower bound" x sabbie-Robertson 109 x argille
  - Au Dobry U.** = σ<sub>u</sub>/σ'vc Dobry et al. 1984 "upper bound" x sabbie-Robertson 109 x argille
  - Stot** = Cedimento post-sismico totale (mt)
  - LDI** = Lateral Displacement Index (mt)
  - D<sub>r</sub>** = Densità relativa (ad)
  - σ<sub>i</sub>** = angolo di attrito interno (deg)
  - OCR** = rapporto di sovraccarico (sabbie e argille) (ad)
  - St** = coefficiente di sensibilità delle argille (ad)
  - LSN** = Liquefaction Severity Number (ad)

LSN Range	Expected ground surface damage
0-10	Little to no expression of liquefaction, minor effects
10-20	Minor expression of liquefaction, some sand boils
20-30	Moderate expression of liquefaction, with some sand boils and structural damage
30-40	Moderate to severe expression of liquefaction, settlements can cause structural damage
40-50	Major expression of liquefaction, undulations and damage to ground surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services
>50	Severe damage, extensive evidence of liquefaction in surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services

IPL = 14.11      PL = 49.60      LDI = 1.233      Stot = 0.162 (mt)      LD = 0.00 (mt)      SLiq = 5.20 (mt)      LSN = 56.27      PG = 1.00

Probability	Description of the risk of liquefaction-induced ground failure
0.9 - P <sub>0</sub> ≤ 0.9	extremely high to absolutely certain
0.7 - P <sub>0</sub> ≤ 0.9	high
0.3 - P <sub>0</sub> ≤ 0.7	moderate
0.1 - P <sub>0</sub> ≤ 0.3	low
P <sub>0</sub> ≤ 0.1	extremely low to none

# LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI - METODO DI ROBERTSON & WRIDE, agg. 2009

I metodi semplificati di calcolo della liquefaccibilità richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento. Essi permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza ( $F_s$ ), dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato ( $R$ ) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma ( $T$ ). Quest'ultimo viene ricavato dalla relazione:

$$T = 0.65 \cdot A \cdot \sigma_{v0} / \sigma_{v0}' \cdot r_d$$

dove:

$A$  = accelerazione sismica massima =  $A_g / g$

$g$  = accelerazione di gravità =  $980.7 \text{ cm/s}^2$ ;

$\sigma_{v0}$  = pressione verticale totale alla profondità  $z$  dal p.c.;

$\sigma_{v0}'$  = pressione verticale efficace alla profondità  $z$  dal p.c.;

$r_d$  = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile e consigliato secondo le seguenti relazioni:

NCEER (Idriss):  $r_d = 1 - 0.00765z$  per  $z \leq 9.15 \text{ m}$   $r_d = 1.174 - 0.0267z$  per  $9.15 < z \leq 23 \text{ m}$

NCEER (Blake):

$$r_d = \frac{(1.000 - 0.4113z^{0.5} + 0.001753z^{1.5})}{(1.000 - 0.4177z^{0.5} + 0.5729z - 0.006205z^{1.5} + 0.001210z^2)}$$

Idriss-Golesorkhi (IB):

$$r_d = \exp(\alpha(z) + \beta(z)M)$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \sin\left(\frac{z}{11.73} + 5.133\right)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \sin\left(\frac{z}{11.28} + 5.142\right)$$

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo attesa del sisma ( $M \leq 7.5$ ), ricavabile e consigliato con le rel.:

	<b>Sand:</b>	<b>Clay:</b>
	$MSF = 6.9 \exp\left(-\frac{M_w}{4}\right) - 0.058$	$MSF = 1.12 \exp\left(-\frac{M_w}{4}\right) + 0.828$
NCEER Idriss: $MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}}$	Idriss-Boulanger 2007: $MSF \leq 1.8$	$MSF \leq 1.13$

Il metodo di Robertson e Wride adottato permette di correlare la resistenza al taglio mobilata nel terreno ( $CRR_{7.5}$ ), sia per terreni incoerenti che coerenti, con i risultati della prova penetrometrica statica (CPT-CPTU). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

- **sabbie:**

$$CRR_{7.5} = 0.883 \left[ \frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \quad \text{per } (q_{c1n})_{cs} < 50$$

$$CRR_{7.5} = 93 \left[ \frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \quad \text{per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

- **argille  $I_c > 2.60$ :**  $CRR_{7.5} = 0.074 (Q_m)^{0.5}$  (Robertson 2008) o analogamente:  $0.8 * Su / \sigma_{v0}'$  (Idriss-Boulanger 2007)

La grandezza  $(q_{c1n})_{cs}$  rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di  $(q_{c1n})_{cs}$  avviene attraverso i seguenti passaggi.

• Si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale specifici normalizzati con le relazioni:

$$Q = (q_c - \sigma_{v0}) / \sigma_{v0}' \quad F = 100 f_s / (q_c - \sigma_{v0}) \times 100$$

$$Q_{tn} = [(q_t - \sigma_v) / p_a] (p_a / \sigma_{v0}')^n \quad (\text{Zhang, 2002 Robertson, 2008})$$

$n$  = stress exponent that varies with SBTn

$$p_a = \text{atmospheric pressure in same units as } q_t \text{ and } \sigma_v, n = 0.381 (I_c) + 0.05 (\sigma_{v0}' / p_a) - 0.15 \quad \text{con } n \leq 1.0$$

dove:

$q_c / q_t$  (kg/cmq) = resistenza alla punta misurata ( $q_t = q_c$  corretta da  $\Delta u$  per le CPTu);

$f_s$  (kg/cmq) = attrito laterale specifico misurato;

$\sigma_{v0}$  (kg/cmq) = pressione verticale totale;

$\sigma_{v0}'$  (kg/cmq) = pressione verticale efficace.

$Q_{tn}$  (kg/cmq) = resistenza alla punta normalizzata alla  $p_a$  ed allo stress exponent "n"

• Si calcola l'indice di comportamento del terreno "Ic" tipo dello strato con la formula:

$$I_c = [(3.47 - \log Q_{t1})^2 + (\log F_r + 1.22)^2]^{0.5} \quad \text{in cui } Q_{t1} = Q \text{ (resist. alla punta assumendo lo stress exp. "n"=1)}$$

Di seguito l'esponente  $n$  viene valutato come segue:

If $I_c < 1.64$	$n = 0.5$
If $I_c > 3.30$	$n = 1.0$
If $1.64 < I_c < 3.30$	$n = (I_c - 1.64) 0.3 + 0.5$ (10)

• quindi si risostituisce in

$$Q = \left( \frac{q_c - \sigma_{vc}}{P_a} \right) \left( \frac{P_a}{\sigma_{vc}'} \right)^n$$

e si ricalcola  $I_c$  con la relazione:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (3.47 - \log_{10} Q)^2}$$

- se  $q_{c1n} > 2q_c$  si pone  $q_{c1n} = 2q_c$ .

- si applica un fattore correttivo  $K_H$

$$K_H = 1.0 + 0.25 \left[ \frac{H/d_c}{17} - 1.77 \right]^2$$

$$q_c^* = K_H (q_c)_{thin}$$

- Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova e della pressione di confinamento:

$$q_{c1n} = C_N q_c \text{ dove è consigliato: Liao 1987 } C_N = \left( \frac{1}{\sigma'_{v0}} \right)^n \leq 1.7 \text{ oppure Idriss Boulanger 2004:}$$

$$C_N = \left( \frac{P_a}{\sigma'_{vc}} \right)^{1.338 - 0.249(q_{c1n})^{0.264}} \leq 1.7$$

- Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n},$$

dove  $K_c$  è uguale a 1, se  $I_c \leq 1.64$ , in caso contrario è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403 I_c^4 + 5.581 I_c^3 - 21.63 I_c^2 + 33.75 I_c - 17.88$$

Il fattore di sicurezza finale rapportato alla magnitudo stimata è quindi:  $FS = CRReq/CSR = CRR7.5 * MSF * K\sigma * K\alpha / CSR$  ove:

$CRReq$  = valore di CRR rapportato alla magnitudo attesa ed ai relativi fattori correttivi

$K\sigma = (\sigma'_v/P_a)^{-0.25} \leq 1.0$  (fatt. correttivo per sovraccarichi e carico litostatico)

oppure (Boulanger, 2004)

$$K\sigma = 1 - C_\sigma \ln \left( \frac{\sigma'_{vc}}{P_a} \right) \leq 1.1 \quad C_\sigma = \frac{1}{37.3 - 8.27(q_{c1n})^{0.264}} \leq 0.3$$

$K\alpha$  = (fatt. correttivo per sforzi di taglio) e  $\xi_R$  = parametro di stato

-sabbie

$$K\alpha = a + b \cdot \exp \left( \frac{-\xi_R}{c} \right)$$

$$a = 1267 + 636\alpha^2 - 634 \exp(\alpha) - 632 \cdot \exp(-\alpha)$$

$$b = \exp(-1.11 + 12.3\alpha^2 + 1.31 \cdot \ln(\alpha + 0.0001))$$

$$c = 0.138 + 0.126\alpha + 2.52\alpha^3$$

$$\alpha = \frac{\tau_s}{\sigma'_{vc}}$$

$$\xi_R = \frac{1}{Q - \ln \left( \frac{100(1 + 2K_\sigma)\sigma'_{vc}}{3P_a} \right)}$$

$$\text{con } \begin{cases} \alpha \leq 0.35 \\ -0.6 \leq \xi_R \leq 0.1 \end{cases}$$

-argille

$$K\alpha = 1.344 - \frac{0.344}{\left( 1 - \frac{\alpha}{0.22 \cdot OCR^{0.8}} \right)^{0.638}}$$

Viene considerato **non** liquefacibile un deposito in cui sia  $F_s > 1$ , con la possibilità di valutare il  $F_s$  solo nei materiali incoerenti (soil behaviour "S") oppure anche nei coerenti (opzione "SC").

Inoltre tramite l'opzione "Fs!" può essere definito un fattore di sicurezza di riferimento eventualmente diverso da 1.

Allo scopo di definire il "potenziale di liquefazione" per la verticale indagata viene considerato il coefficiente LPI come inizialmente proposto da Iwasaki, 1982:

$$LPI = \int_0^{20m} Fw(z) dz \quad \text{dove } \begin{cases} FS \leq 1 \text{ for } F = 1 - FS \\ FS > 1 \text{ for } F = 0 \end{cases} \quad w(z) = 10 - 0.5z$$

La "suscettibilità alla liquefazione" viene definita tramite una stima percentuale del potenziale innesco desumibile per ciascuno strato con la relazione probabilistica di Juang, 2011, tarata sullo specifico metodo di Robertson, secondo cui:

$$P_L = 1 - \Phi \left[ \frac{0.102 + \ln(F_L)}{0.276} \right] = 1 - \Phi \left[ \frac{0.102 + \ln(CRR) - \ln(CSR)}{0.276} \right] \text{ considerando, quale riferimento, che per } F_s=1 \text{ PL}=0.356 \text{ e } F_s=1.2 \text{ PL}=0.15$$

La stima degli spostamenti attesi (LD) per siti in pendio debole (Gently) e/o prossimi a scarpate naturali/antropiche (free face) viene sviluppata secondo la stima dell'LDI (lateral displacement index - Zhang, 2004) secondo una stima delle deformazioni di taglio determinata con le relazioni di Yoshimine 2006 e Idriss-Boulanger 2006:

$$\gamma_{lim} = 1.859 \left( 2.163 - 0.478 (q_{c1Ncs})^{0.264} \right)^3 \geq 0$$

$$\gamma_{max} = 0 \quad \text{if } FS_{liq} \geq 2$$

$$\gamma_{max} = \min \left( \gamma_{lim}, 0.035 (2 - FS_{liq}) \left( \frac{1 - F_\alpha}{FS_{liq} - F_\alpha} \right) \right)$$

$$\text{if } 2 > FS_{liq} > F_\alpha$$

$$\gamma_{max} = \gamma_{lim} \quad \text{if } FS_{liq} \leq F_\alpha$$

$$F_\alpha = -11.74 + 8.34 (q_{c1Ncs})^{0.264} - 1.371 (q_{c1Ncs})^{0.528}$$

$$LDI = \int_0^{\bar{z}_{max}} \gamma_{max} \cdot dz$$

“G” Gently sloping

$$\frac{LD}{LDI} = S + 0.2 \quad (\text{for } 0.2\% < S < 3.5\%)$$

“F” Free face  $\frac{LD}{LDI} = 6 \cdot \left(\frac{L}{H}\right)^{-0.8} \quad (\text{for } 4 < L/H < 40)$

“GFF” gently sloping with a free face  $\bar{LD} = \left( (S + 0.2) + 6(L/H)^{-0.8} \right) \sum \Delta LD$

La determinazione dei cedimenti post-sismici complessivi attesi per la verticale indagata viene definita integrando le deformazioni volumetriche di ciascuno strato per la profondità sondate sulla base delle seguenti relazioni: Idriss-Boulanger 2008 per sabbie sature, direttiva R.E.R. 2007 tab. 7 per sabbie asciutte, Robertson 2009 per argille.

$$S_{v-1D} = \int_0^{\bar{z}_{max}} \varepsilon_v \cdot dz$$

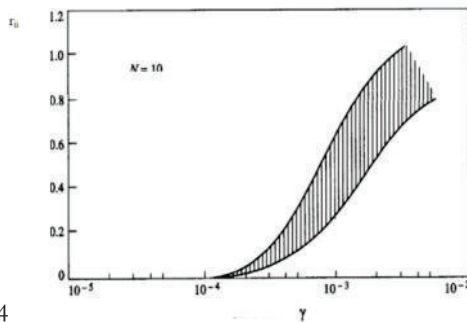
Idriss-Boulanger,2008 – sabbie sature:  $\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp\left(2.551 - 1.147(q_{c1Ncs})^{0.264}\right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max})$

Robertson, 2009 – argille  $\varepsilon_{vol} = [0.8 - 2.66 \log(FS)] / [0.33 A (Q_{tn})^3]$

q <sub>max</sub> [g]	ε <sub>v</sub>		
	(N <sub>i</sub> ) <sub>60</sub> = 10	(N <sub>i</sub> ) <sub>60</sub> = 20	(N <sub>i</sub> ) <sub>60</sub> = 40
0.05	0.02	0.01	-
0.10	0.03	0.015	-
0.15	0.05	0.02	-
0.20	0.07	0.03	0.005
0.25	0.12	0.04	0.007
0.30	0.15	0.05	0.010
0.35	0.18	0.06	0.015
0.40	0.23	0.075	0.02

Tab. 7 – RER 2007 – sabbie asciutte:

La valutazione delle sovrappressioni indotte dal sisma può essere stimata per le sabbie sia tramite la tab. 2 della direttiva R.E.R. 2007 che tramite le curve di Upper bound – Mean – Lower bound proposte da Dobry et Al, 1984; per le argille viene utilizzata la relazione proposta da Robertson, 2009:



Dobry et Al. 1984

tab. 2 RER, 2007

γ <sub>max</sub> [%]	r <sub>u</sub>
5 · 10 <sup>-2</sup>	0.2
1 · 10 <sup>-1</sup>	0.4
2 · 10 <sup>-1</sup>	0.6
4 · 10 <sup>-1</sup>	0.8
5	0.95

Robertson, 2009  $r_u = [0.8 - 2.66 \log(FS)] / OCR$  where:  $r_u \leq 1.0$ , when  $FS = 0.84$

Viene individuata anche una soglia critica di Ru (Ruc) di potenziale instabilità/innesco liquefazione dei materiali incoerenti tramite la relazione proposta da Igwe et Al. 2005 secondo cui:  $(\sigma_v \cdot \tan(\theta) / (1 + \tan(\theta))) / \sigma'_v$

Infine viene definita una stima delle resistenze residue attese per ciascuno strato incoerente e coerente a seguito del rispettivo potenziale fenomeno di liquefazione e/o degradazione ciclica:

- Idriss -Boulanger 2008 (sabbie):

$$\frac{S_r}{\sigma'_{vo}} = \exp\left(\frac{q_{c1Ncs} - S_r}{24.5} - \left(\frac{q_{c1Ncs} - S_r}{61.7}\right)^2 + \left(\frac{q_{c1Ncs} - S_r}{106}\right)^3 - 4.42\right) \times \left(1 + \exp\left(\frac{q_{c1Ncs} - S_r}{11.1} - 9.82\right)\right) \leq \tan \phi' \quad (83)$$

- Robertson 2008 (argille):  $S_{ur} / \sigma'_{vo} = f_s / \sigma'_{vo} = (F_r \cdot Q_{tn}) / 100$

Altri parametri complementari

$$OCR = \left[ \frac{0.192}{1 - \sin \phi'} \left( 2.092 \left( \frac{D_s}{100} \right) + 2.224 \right)^{0.833} \left( \frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.22} \right]^{1/(0.884 - 0.27)} \left( \frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right) \leq 2.89$$

OCR sabbie (Mayne, 2005):

OCR argille (Mayne e Mitchell, 1988):  $((3.55) * (((q_c - \sigma'_v) / N_k) / \sigma'_v)^{0.66})$  oppure  $0.33 * Q_{tn}$  (Robertson 2009)

Su (Ladd, 1991-Lunne 1997):  $0.26 * OCR^{0.8}$

Dr (Robertson 2009):  $(Q_{tn} / K_{dr})^{0.5}$  con  $K_{dr} = 350$

Ø (Kulhawy-Mayne 1990):  $\phi' = 17.6^\circ + 11.0^\circ \cdot \log(q_{tn}) - 2.8 (dev. std.) - (9.33Dr^3 - 5.122Dr^2 + 3.753Dr - 0.013)$  (correz. Chen - Juang)