

COMUNE DI RICCIONE



Proposta Accordo Operativo ai sensi dell'art.38 della Legge Regionale n.24 del 2017 "Le Conchiglie Garden"

Committente:

FIR S.A.S. DI SMB S.A.S. DI
MAURO FOSCHI S.R.L. E C.

Progettista:

Ing. Alessandro Ravaglioli

data: Settembre 2019

Tav. 3.2

elaborato: Relazione geologica e microzonazione sismica di livello III°



AXE Group

Via Nuova Circonvallazione 69 47924 - Rimini
TEL. 0541/791569 - FAX. 0541/776031
www.apere.it - info@apere.it



E

COMUNE DI RICCIONE
C. H2/4 - AOO Riccione Registro PG

COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE

Protocollo N.0070911/2019 del 31/10/2019
Firmatario: Fabio Vannoni

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. 6
	3.3. Idrografia e idrogeologia.....	pag. 8
	3.3.1 Valutazioni idrologiche per opere di regimazione.....	pag. 9
	3.3.2 Tutela assetti idraulici, idrogeologici e geomorfologici.....	pag. 9
4.	ANALISI GEOLOGICO TECNICA - INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	pag. 12
	4.1 Prove in sito.....	pag. 12
	4.2 Stratigrafia e litologia.....	pag. 12
5	VALUTAZIONI DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	pag. 14
	5.1 Premesse normative.....	pag. 14
	5.2 Verifiche e valutazioni di microzonazione sismica.....	pag. 15
6	ANALISI DI TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	pag. 20
	6.1 Considerazioni generali - Studio di microzonazione sismica.....	pag. 20
	6.2 Verifica dei casi in cui si può escludere fenomeni di liquefazione.....	pag. 21
	6.3 Pericolosità sismica - eventi sismici attesi.....	pag. 21
	6.4 Accelerazione massima attesa.....	pag. 26
	6.5 Distribuzione granulometrica.....	pag. 27
	6.6 Profondità della falda.....	pag. 28
7	STIMA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE – CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	pag. 28
	7.1 Considerazioni generali sulla normativa regionale.....	pag. 28
	7.2 Valutazione del potenziale di liquefazione.....	pag. 29
	7.3 Risultati delle verifiche di calcolo.....	pag. 31
8	EDIFICABILITA' DELL'AREA E CENNI SULLE PROBLEMATICHE EDIFICATIVE.....	pag. 32

ALLEGATI

- ALLEGATO N. 1 - Inquadramento geografico
- ALLEGATO N. 2 - Profilo stratigrafico
- ALLEGATO N. 3 - Ubicazione prove in sito
- ALLEGATO N. 4 - Profili penetrometrici
- ALLEGATO N. 5 - Dati pluviometrici
- ALLEGATO N. 6 - Verifiche di calcolo potenziale di liquefazione dei terreni
- ALLEGATO N. 7 - Parametri sismici

1 PREMESSA

Per conto della ditta F.I.R. S.a.s. di SMB S.a.s. di Mauro Foschi S.r.l. e C. si redige uno studio con finalità sia di conoscenza geologica/geomorfológica che di approfondimento per gli aspetti di microzonazione sismica dell'area oggetto di Proposta di Accordo Operativo (PAO), ai sensi dell'art. 38 della Legge Regionale n. 24 del 2017, denominata "LE CONCHIGLIE GARDEN" sita in viale Angeloni, viale Dannunzio e viale Manfroni nel Comune di Riccione (RN).

L'area d'imposta dell'edificio in progetto è compresa negli Elemento 161 (Miramare) e 162 (Riccione Marina) del Foglio 256 (RIMINI) della Carta Tecnica Regione Emilia Romagna (allegato n. 1). Detta area è identificata dai seguenti dati catastali: Foglio 13, Mappali 80, 2151, 2154 e 2156.

L'indagine Geologica è realizzata in ottemperanza alla nota della Provincia di Rimini del 02/01/08 a titolo "Analisi geologiche di supporto alla pianificazione dei P.P. e dei P.U.A. e della Circolare regionale n. 1288 del 11/02/1983 a titolo "Indicazioni metodologiche sulle indagini geologiche da produrre a corredo dei Piani Urbanistici Comunali". Inoltre essa è redatta in linea con il 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) 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 una campagna geognostica includente: n. 2 penetrometrie statiche CPTE/U con punta elettrica;
- completamento della indagine geognostica per l'area limitrofa con utilizzo a titolo correlativo e di riferimento di n. 2 profili stratigrafici di sondaggi realizzati nelle vicinanze e n. 1 prova penetrometrica statica CPT con punta meccanica tratte dalla Banca dati geognostici RER e da quella del PSC del Comune di Riccione;
- definizione delle caratteristiche geolitologiche e indicazioni sulle caratteristiche geomeccaniche dell'area di intervento;
- valutazione degli elementi di pericolosità geologica;
- valutazioni per la microzonazione sismica finalizzata alla pianificazione territoriale ed urbanistica.
- Verifiche di liquefabilità sul territorio oggetto di PAO ai fini della definizione del pericolo di liquefazione.
- Edificabilità dell'area e problematiche legate all'edificazione.

Tale studio è finalizzato sia alla valutazione da parte dell'Ufficio Difesa del Suolo della Provincia di Rimini ai sensi dell'art. 5 della L.R. 19/2008 e degli aspetti urbanistico – ambientali sia, al pari di tutti gli atti di pianificazione urbanistica, alla riduzione del rischio sismico così come specificato nell'art. 2, comma 4, dell'allegato alla L.R. 20/2000. Al proposito, con Delibera della Giunta Regionale n. n. 630 del 29/04/2019 la Regione Emilia - Romagna ha approvato l'Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49 dell L.R. n. 24/2017).

Infine si dichiara di aver preso visione della pianificazione territoriale urbanistica comunale e di quella sovraordinata esistenti e delle eventuali prescrizioni di carattere geologico.

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. Secondo le ricerche dell'AGIP (Pieri e Groppi, 1981; Subsurface Geological Structure of the Po Plane. Publ. 414 P.F. Geodinamica. CNR, 23 p.) la Pianura Padana meridionale costituisce una stretta fascia allungata parallelamente ai rilievi del bordo appenninico. La presenza di strutture tettoniche sepolte drappeggiate ed annegate da tali depositi, storicamente ipotizzata, è stata accertata 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".

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.

In particolare i dati disponibili a breve distanza dal sito di intervento sono una sezione lungo costa (n. "97", per ubicazione vedi stralcio planimetrico sottostante) la cui traccia corre in adiacenza all'area in studio e due sondaggi stratigrafici (P432a e P502; vedi allegato n. 2) terebrati in area adiacente (vedi ubicazione in allegato n. 1) a profondità comprese tra 20 e 40 mt. La stratigrafia di un pozzo AGIP (Miramare 001; vedi allegato n. 2 e per ubicazione figura successiva) anch'esso terebrato nelle vicinanze permette una visione della stratigrafia più in profondità.



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 quasi scomparse lasciando spazio ad estese aree urbanizzate e ad un diffuso appiattimento degli arenili a seguito dell'intensa attività turistico - balneare. In loco nella fascia a mare della strada litoranea viale dannunzio vi è evidenza di un micro rilievo che rappresenta una testimonianza traccia della morfologia originaria a dune.

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 è stata nettamente prevalente almeno fino all'ultimo ventennio. Essa ha comportato un accrescimento medio annuo dell'arenile di circa 2.0 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 favorendo la attività balneare e consolidando la vocazione turistica.

Tuttavia negli ultimi decenni la fascia costiera come il resto della pianura emiliano - romagnola, il fenomeno della subsidenza determinato da cause antropiche (es. prelievi di fluidi dal sottosuolo, bonifiche ecc.) è divenuto un elemento condizionante l'attività turistica a causa dell'effetto erosivo del mare sulla costa in grado di provocare arretramenti della linea di riva.

In particolare negli ultimi anni Arpa su incarico della Regione, Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua e in collaborazione con il Dicam ha realizzato il progetto "Rilievo della subsidenza nella pianura emiliano - romagnola". L'annuario regionale dei dati ambientali 2010 segnala come Nel periodo 1999 - 2005 si osserva come il tratto di costa da Cattolica a Marebello sia caratterizzato da abbassamenti di 4-5 mm/anno che risultano raddoppiati rispetto al trend del periodo precedente, 1987 - 1999 (2-3 mm/anno).

Tale rilievo nel litorale riccionese, nell'area in studio, indica un valore inferiore a 5 mm annui ed in generale una sostanziale invarianza rispetto alla precedente campagna di monitoraggio 2006 - 2011 (vedi figura a pagina successiva).



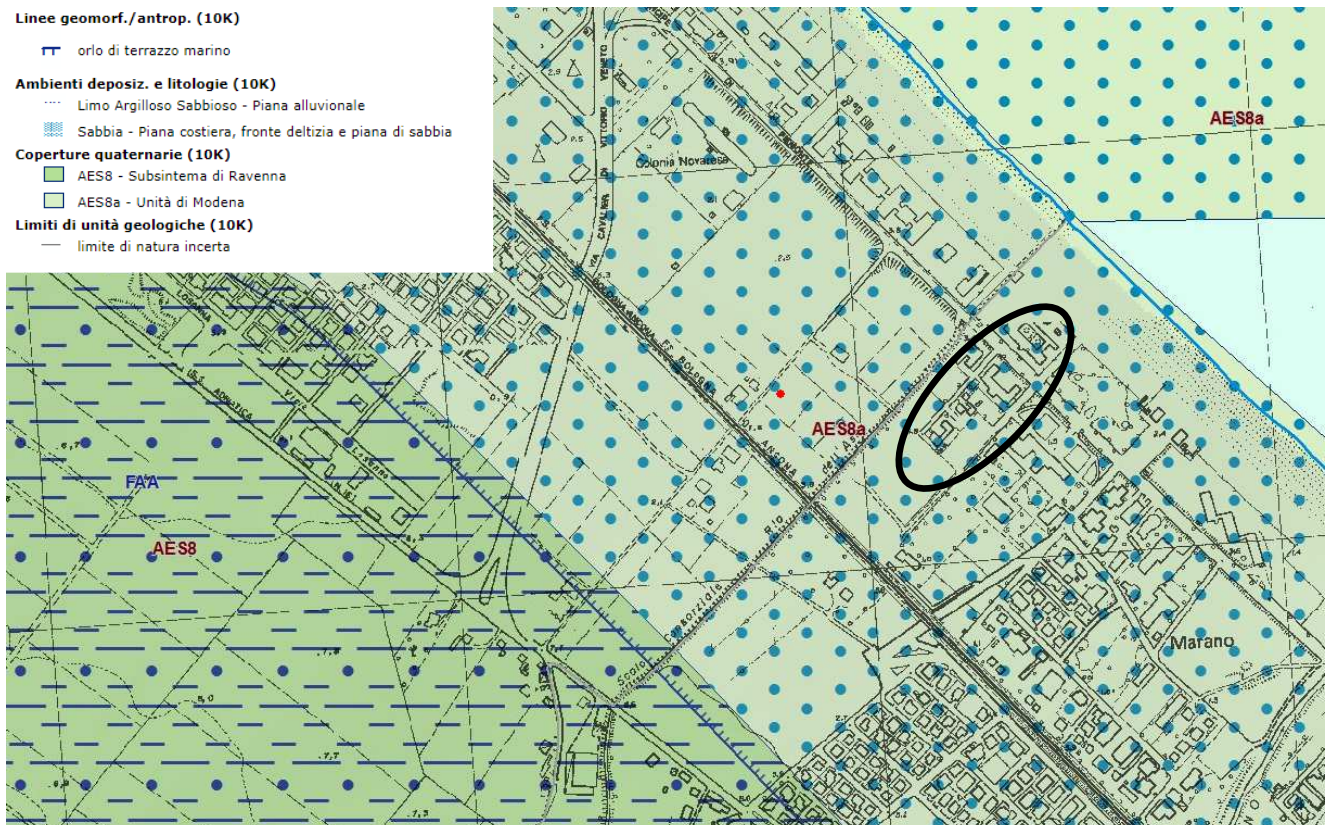
Verso l'entroterra al di là della linea Ferroviaria Bologna – Otranto, circa 200 mt a sud ovest, la tabularità di tale paesaggio è interrotta solamente da un esteso antico gradino morfologico (paleofalesia) di alcuni metri che rappresenta una paleolinea di costa con andamento parallelo alla attuale. Tale salto di pendenza determina un terrazzamento costiero linearmente esteso dal Comune di Cattolica (a S.E.) fino a quello di Igea Marina (a N.O.) se si eccettua l'interruzione centrale da parte del cono alluvionale del Fiume Marecchia.

La falesia costituisce il limite tra la pianura alluvionale a S.O. e il prisma sedimentario sabbioso litorale a N.E. riferibile alla trasgressione Flandriana (Olocene) successiva all'ultima glaciazione (Wurm). La scarpata rappresenta il prodotto dell'azione erosiva del mare durante la fase di massima ingressione verificatasi circa 5.000 anni fa (Veggiani, "La linea di spiaggia").

All'interno della suddetta scarpata non si rinviene alcuna evidenza di fenomeni gravitativi; ciò è dovuto anche alla intensa antropizzazione derivata dalla passata regolarizzazione morfologica e alla costruzione di numerosi edifici a ridosso della stessa.

3.2 Geologia e stratigrafia

La carta Geologica della Regione Emilia Romagna di seguito rappresentata in stralcio, inquadra l'area nel Subsintema di Ravenna (AES8; *Pleistocene superiore - Olocene*) che è quello sommitale del Sintema 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).

Sintema parzialmente suddiviso in subsintemi (AES8, AES7 ed AES6) limitati, in affioramento, dalle principali scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e, nel sottosuolo della pianura, da bruschi contatti fra depositi trasgressivi marino-marginali e palustri su depositi di conoide e di piana alluvionale. I depositi fini di tracimazione fluviale dei terrazzi del margine appenninico non sono differenziati in subsintemi. Spessore massimo circa 200 mt (sottosuolo della pianura). Età: Pleistocene medio-Olocene.

Subsintema 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. Subsintema 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

In particolare i terreni in loco rientrano all'interno dell'Unità di Modena (AES8a; vedi figura successiva) appartenente al 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.

La serie marina che ricopre in contatto discordante (trasgressione Flandriana) quella alluvionale è costituita 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 ondosso e/o da correnti lungocosta. La presenza occasionale di ghiaie in livelli organizzati e con ciottoli ben arrotondati denota sia la vicinanza di fonti di apporto grossolano sia la elaborazione da parte delle correnti costiere e del moto ondosso.

I terreni limo argillosi e argillo - limosi sottostanti originati dal trasporto e accumulo alluvionale nella parte distale del sistema di conoide minore del Torrente Marano - Rio Melo e quello del Torrente Conca. Essi si presentano come massivi o possiedono deboli laminazioni, spesso sono alternati a sottili livelli limo-sabbiosi a maggiore permeabilità, 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.

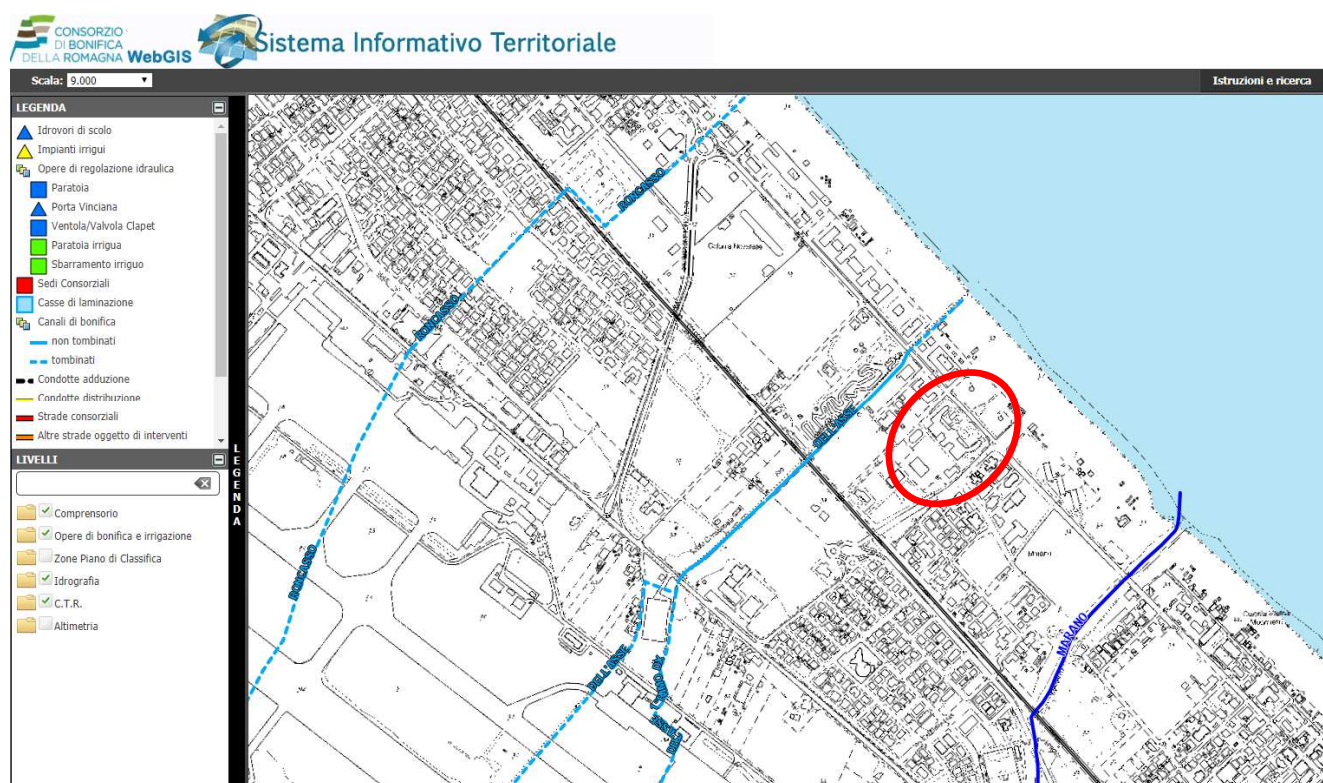
Alcuni livelli isolati di sabbie limo - argillose permeabili all'interno dei depositi alluvionali fini denotano un'aumento di energia deposizionale che li fa interpretare principalmente come possibili strutture arginali o di rotta d'argine, di paleoalveo quando la porzione sabbiosa diviene dominante.

3.3 Idrografia e idrogeologia

Il territorio di Riccione è attraversato da alcuni corsi d'acqua tra i quali i più importanti sono il Torrente Marano e il Rio Melo. La zona in oggetto è posta in vicinanza al Torrente Marano ad una distanza di 350 mt, a nord ovest dall'alveo del medesimo corso d'acqua.

Il Torrente Marano e il Rio Melo possiedono caratteristiche idrografiche differenti: il tracciato del primo è caratterizzato da una certa sinuosità al contrario del secondo con andamento maggiormente rettilineo. Il regime di deflusso di entrambi è piuttosto variabile: portata quasi assente nella stagione secca, massima durante e successivamente a periodi di intensa piovosità.

Se si eccettuano i due elementi idrografici la idrografia superficiale della zona urbanizzata risulta assente in quanto ha lasciato gradualmente il posto alla regimazione antropica delle acque con il tombinamento dei corsi d'acqua secondari. Nel caso specifico il Sistema informativo Territoriale del Consorzio di Bonifica della Romagna (vedi figura successiva) segnala la presenza dello Scolo Consorziale dell'Asse 130 mt a nord ovest. Pertanto l'originario reticolo idrografico riveste una importanza ormai trascurabile rispetto alla rete fognaria sotterranea che convoglia le acque meteoriche fino al mare.



Dal punto di vista idrogeologico la zona oggetto di indagine ricade al limite tra i territori freatici di influenza del “sistema” Torrente Marano – Rio Melo, a nord, e del Torrente Conca a sud (Zaghini M., 1993; Quaderno del circondario di Rimini n.4).

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. Il prisma litorale sabbioso è delimitato verso l'entroterra da un gradino morfologico (paleofalesia) che costituisce un terrazzamento linearmente esteso lungo costa dove affiorano le argille e i limi alluvionali. I livelli sabbiosi talora intercalati a quelli fini fanno sì che vi sia una consistente alimentazione della falda freatica nel sottosuolo da monte.

All'epoca in cui è stata effettuata la campagna geognostica (agosto 2019) si è rilevata la presenza di falda a profondità di -2.20 mt dal piano di campagna. Mentre in occasione della precedente indagine nel settore del POA a mare della litoranea (via Dannunzio) si è manifestata la soggiacenza a -1.30 mt.

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 si può ragionevolmente ipotizzare, in caso di precipitazioni intense e prolungate, un innalzamento della falda a -1.0 mt dal piano di campagna. Occasionalmente e per brevi periodi di tempo, vista la breve distanza dalla linea di costa, soprattutto nella fascia a cavallo della strada litoranea la falda potrebbe innalzarsi ulteriormente a seguito di mareggiate di particolare intensità. Tuttavia occorre considerare come tale dato 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.

3.3.1 Valutazioni idrologiche per opere di regimazione

Per il progetto di tratti di fognature e di opere di scolo delle acque bianche supplementari alla rete fognaria già esistente nelle aree limitrofe si possono utilizzare i dati di seguito riportati.

Conoscendo i dati delle precipitazioni massime, minime e medie e della piovosità massima con durata da una a ventiquattro ore (Stazioni idrografiche site in Provincia di Rimini) si sono ipotizzate le precipitazioni massime (tramite elaborazione statistica di Gumbel a cura del Consorzio di Bonifica) con tempi di ritorno da decennali a monosecolari.

Altezze di pioggia in mm stimate per diversi tempi di ritorno

	1 Ora	3 Ore	6 Ore	12 Ore	24 Ore
Tr=100	64,23	89,25	99,48	115,72	143,44
Tr=50	57,64	80,22	89,76	105,00	129,96
Tr=25	51,00	71,13	79,95	94,21	116,37
Tr=10	42,06	58,87	66,74	79,66	98,06

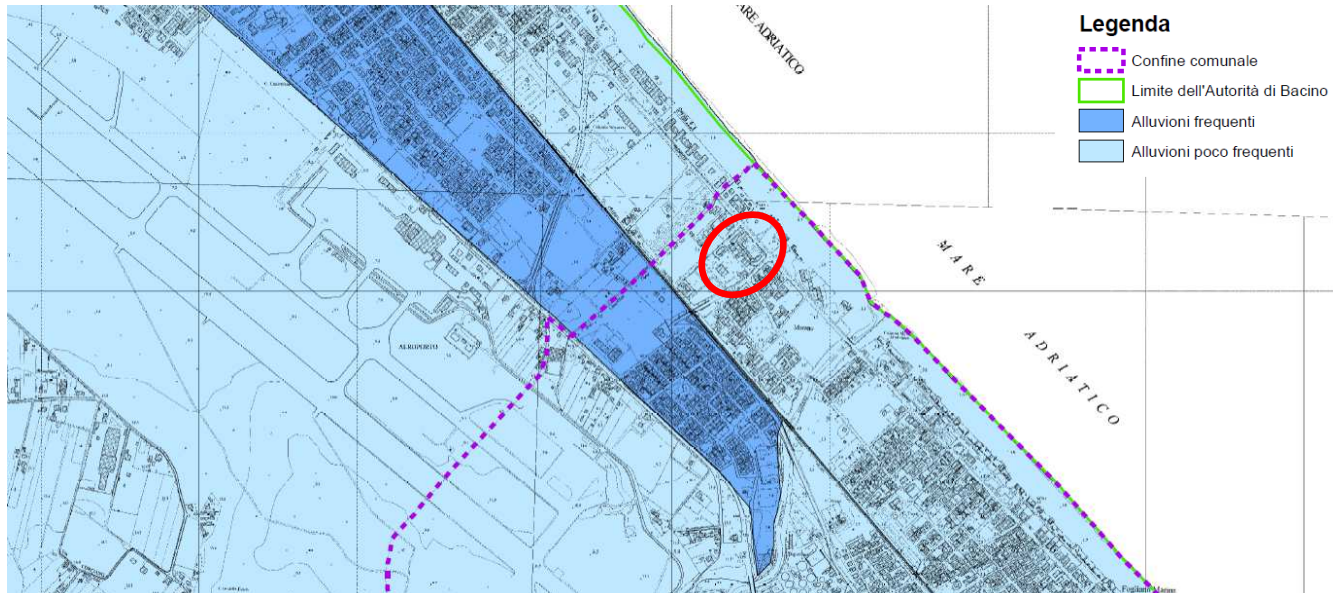
Ulteriori valutazioni potranno essere effettuate in base ai dati pluviometrici che si riferiscono alla Stazione di Rimini per il periodo 1934 - 1998, riportati in allegato n. 6.

3.3.2 Tutela assetti idraulici, idrogeologici e geomorfologici

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale non evidenzia alcuna zona esondabile del reticolo idrografico principale ovvero Rio Marano a sud est dell'area. Lo stralcio riportato a pagina successiva della Tavola D del P.T.C.P. 2007 variante 2012 riporta le aree esondabili (art. 2.3 delle NTA) assumendo per la rete idrografica principale le fasce di territorio di pertinenza fluviale con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni.

Per quanto riguarda i rischi derivanti da allagamenti e alluvioni da parte del reticolo idrografico secondario con Deliberazione n. 1 del 27 aprile 2016 il Comitato Istituzionale dell’Autorità Interregionale del Bacino Conca - Marecchia, ha adottato il Progetto di Variante del “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico del Bacino dei Fiumi Marecchia e Conca (PAI)”, dove sono inserite sia le “Mappe di pericolosità del reticolo secondario di pianura” che le Mappe di pericolosità alluvioni marine”.

Nella cartografia del reticolo secondario l’area oggetto di intervento si colloca all’interno di un territorio caratterizzato da “alluvioni frequenti” (bassa probabilità – P2; vedi stralcio cartografico successivo), trattate dagli artt. 20 e 21 delle Norme di Piano.



Nelle mappe di pericolosità relative all’ambito costiero marino (vedi stralcio in figura successiva) si può constatare come l’area a monte di viale Dannunzio non ricada in alcun ambito di rischio di inondazione. La possibilità di “alluvioni rare” (bassa probabilità – P1) è segnalata verso la linea di costa a lambire la porzione di area sul litorale. Pertanto solo quella zona, peraltro leggermente rilevata, può essere solo marginalmente interessata da mareggiate con tempi di ritorno molto maggiore di 100 anni con riferimento a valori di elevazione totale della superficie del mare, indicati dal Piano Gestione Rischio Alluvioni, di 2.50 mt.



Nello stralcio della tavola D2 del PTCP riportata a pagina n. 10 si segnala, inoltre, la assenza di qualsiasi tipologia di “Ambiti a pericolosità geomorfologica”.

4 INDAGINE GEOGNOSTICA

4.1 Prove in sito

La campagna geognostica è stata eseguita mediante l'esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono e punta elettrica C.P.T.U. /C.P.T.E che hanno fornito una valutazione delle caratteristiche litologiche nonché una prima indicazione su quelle geomeccaniche dei terreni dell'area in studio fino a profondità di 20.0 mt.

La prova con piezocono viene eseguita con una attrezzatura per prove penetrometriche statiche nella quale la punta elettrica è strumentata per la misura in forma continua di quanto sotto indicato:

- resistenza alla penetrazione statica q_c della punta conica e resistenza per attrito laterale f_s ;
- pressione idrostatica del terreno, inclusa la sovrappressione dall'avanzamento della punta;
- dissipazione nel tempo della sovrappressione idrostatica indotta nel terreno, a quote predeterminate.

La prova si esegue infiggendo a velocità costante nel terreno una punta conica tramite un dispositivo di spinta che agisce su una batteria di aste cave, alla cui estremità inferiore è connessa la punta. Il penetrometro utilizzato statico con allestimento tipo “Pagani” con peso complessivo di 20 ton.

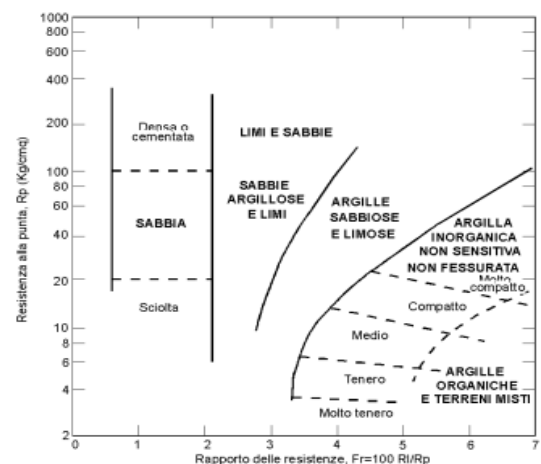
I grafici e le tabelle analitiche delle penetrometrie sono riportati in allegato n. 4. L'ubicazione delle penetrometrie statiche è riportata in allegato n. 3.

A supporto dell'indagine ed a titolo correlativo si riporta n. 1 prova penetrometrica statica CPT (vedi allegato n. 4) tratta dalla banca dati del PSC del Comune di Riccione e n. 2 profili stratigrafici di sondaggi geognostici tratti dalla Banca Dati RER. già menzionati al paragrafo 2.2. (vedi allegato n. 2).

4.2 Stratigrafia e litologia

La campagna geognostica ha permesso di individuare e raggruppare i terreni costituenti il primo sottosuolo, sinteticamente, in n. 6 litotipi. Attraverso metodologie orientative (BEGEMANN, 1965; SCHMERTMANN, 1978) è possibile avere una connotazione sulla litologia dei terreni incontrati lungo la verticale delle prove. Il metodo di BEGEMANN considera il rapporto tra q_c (R_p = resistenza di punta) e f_s (R_l = resistenza di attrito laterale locale) come parametro indicativo delle variazioni litologiche. In particolare l'Autore suggerisce le seguenti correlazioni:

Rapporto R_p/R_l	Litologia
$R_p/R_l < 15$	Argilla organica e torba
$15 < R_p/R_l < 30$	Limo e/o argilla inorganica
$30 < R_p/R_l < 60$	Limo sabbioso e sabbia limosa
$R_p/R_l > 60$	Sabbie o sabbia più ghiaia



Il metodo di SCHMERTMANN considera come indicativo della litologia della verticale indagata la resistenza di punta q_c (R_p nel diagramma nella pagina precedente) i funzione del rapporto delle resistenze Fr (con $Fr\% = 100 f_s/q_c$).

Il metodo di Robertson (Soil Classification Using the Cone Penetration Test; in Canadian Geotechnical Journal 27(1):151-158 · February 1990), più recente rispetto a quelli sopra proposti, considera come indicativo della litologia il confronto fra i parametri Q (resistenza di punta normalizzata) e F (rapporto delle resistenze normalizzato) del terreno indagato. Robertson introduce anche il parametro Ic (soil behaviour index SBT) che può essere correlato empiricamente al contenuto di fine (FC) 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. Normalmente c'è una buona corrispondenza tra l'identificazione litologica basata sulla definizione del SBT da prove CPT e la classificazione in termini di granulometria e plasticità su campioni indisturbati, come ad esempio la classificazione USCS, tuttavia alcune differenze interpretative talora si possono verificare soprattutto su terreni a distribuzione granulometrica e comportamento particolare.

Sulla base delle esperienze empiriche di G. Sanglerat e di altri Autori si sono poi ricavate dalla resistenza alla penetrazione le caratteristiche geomeccaniche indicative dei terreni oggetto di analisi per una prima distinzione dei litotipi.

Considerata la omogeneità stratigrafica locale si ritiene non risulti significativa una rappresentazione di sezione geolitologica ma risulta sufficiente una ricostruzione sintetica dei rapporti tra i litotipi nel primo sottosuolo che viene riportata nella tabella che segue con le quote relative rispetto al piano di campagna.

N O T A

Le quote di seguito riportate si riferiscono al piano campagna nel punto in cui ciascuna penetrometria è stata effettuata e che risulta in loco suborizzontale. Il sito di realizzazione della CPTU1 in via Angeloni, a monte, risulta depresso di circa un metro rispetto a quello della CPTU realizzata a mare di viale Dannunzio.

Litologia	Descrizione	Profondità da mt a mt CPTU1 Via Angeloni	Profondità da mt a mt CPTU1 Via Dannunzio
V	Livello superficiale Sabbie limose sciolte o limi sabbiosi suolizzati e/o materiali di riporto antropico. Il grado di addensamento e la consistenza del litotipo sono molto variabili ed in funzione anche della presenza di indurimenti, di radici di piante o di macerie relative al precedente intervento edificativo.	0.0 – 1.40	0.0 – 1.20
S	Sabbie mediamente addensate – dense Sabbie medie e medio-fini di colore giallastro o grigio giallastro, generalmente ben classate, con laminazione a basso angolo. Locali sottili intercalazioni limo – sabbiose e argillose dotate di minore consistenza. Strutture sedimentarie di una situazione di media-elevata energia deposizionale in ambienti di mare basso o litorale dominati dal moto ondoso e/o da correnti lungo costa. Presenza occasionale di lag ghiaiosi in livelli discontinui organizzati e con ciottoli ben arrotondati che denota sia la vicinanza di fonti di apporto grossolano sia la elaborazione da parte delle correnti costiere e del moto ondoso. Il litotipo caratterizzato da notevole continuità nella direttrice lungo-costa, dotato di discrete – buone caratteristiche geomeccaniche e di limitata compressibilità.	1.40 – 1.80	1.20 – 2.30
AL	Alternanze di sabbie fini limose grigie e limi con variabile contenuto argilloso e livelli limo-argillosi, torbosi, di consistenza variabile, generalmente scarsa o media; livello a predominante comportamento incoerente. Si tratta di depositi litorali parzialmente rielaborati dai processi costieri con alternanza di episodi alluvionali e fluvio lacustri del Torrente Marano. Consistenza variabile al pari dell'addensamento e compressibilità variabile da contenuta a maggiore nei livelli a maggior contenuto limo-argilloso caratterizzati da scarsa continuità laterale.	1.80 - 6.40	2.30 - 7.30
L	Limi argillosi e limi con argilla med. consistenti Di origine alluvionale, colore variabile da verdastro a grigio verdastro o marrone grigiastro in funzione della variabilità della frazione argillosa. Essi si presentano come massivi o possiedono deboli laminazioni, talora sono alternati a sottili livelli limo-sabbiosi, tali caratteri sono i tipici di ambienti di piana inondabile. Litotipo dotato di consistenza generalmente media, contenuta compressibilità e caratteristiche geotecniche sufficienti. Presenza di discontinui livelli sabbiosi e limo - sabbiosi a varie altezze di spessore decimetrico che denotano locali aumenti di energia deposizionale, interpretabili come possibili strutture arginali.	6.40–17.50 18.70-19.50 19.70 – t.p.	7.30 – 8.30 12.80 –14.0 15.10-17.10 18.30 – t.p.

C	Limi argillosi e limi con argilla compressibili Litotipo con caratteristiche granulometriche analoghe a quello descritto in precedenza ma con minore consistenza e maggiore compressibilità. Caratteri sono i tipici di ambienti di piana inondabile con episodi torbosi palustri di retro duna. Litotipo dotato di consistenza generalmente da scarsa a media e compressibilità media /elevata. Presenza più occasionale di discontinui livelli sabbiosi e limo - sabbiosi a varie altezze di spessore decimetrico.	/	8.30 – 12.80
H	Sabbie limose e limo sabbioso – argillosi Alternanze litologiche di origine alluvionale a dominanza limosa e sabbiosa, di colore grigio o marrone grigiastro, con livelli limo - argillosi intercalati, da poco a mediamente consistenti ed addensati, contenuta / media compressibilità. Probabili strutture arginali e/ o di rotta d'argine del Torrente Marano caratterizzate da scarso spessore e continuità laterale.	17.50-18.70 19.50-19.70	14.0 –15.10 17.10-18.30

t.p. = termine prova in sito

5 VALUTAZIONI DI MICROZONAZIONE SISMICA

5.1 Premesse normative

La microzonazione sismica (MS), cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni in caso di terremoto, è uno degli strumenti più efficaci per la riduzione del rischio sismico, in quanto permette, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica, di valutare la pericolosità sismica nelle aree urbane e urbanizzabili, indirizzare i nuovi interventi verso zone a minore pericolosità e programmare interventi di mitigazione del rischio nelle zone in cui sono presenti particolari criticità.

A tal fine, la L.R. n. 24/2017 “Disciplina regionale sulla tutela e uso del territorio” e la L.R. 19/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”, richiedono l’esecuzione di studi di microzonazione sismica per la redazione e l’approvazione dei piani urbanistici comunali e che le scelte urbanistiche e gli interventi sul territorio siano compatibili con la pericolosità sismica locale.

Dando seguito a quanto sopra la Regione Emilia-Romagna ha ritenuto di procedere, ai sensi degli articoli 22, comma 2, e 49 della L.R. n. 24/2017, all’approvazione dell’aggiornamento degli “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”, di cui alla propria deliberazione n. 2193/2015, attraverso l’approvazione della D.G.R. n. 630 del 29/04/2019 a titolo: “Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017).

La D.G.R. 630/2019 richiede un’analisi più approfondita di terzo livello di approfondimento per la stima di indici di rischio negli ambiti di pericolosità sismica locale definiti dalla cartografia di area vasta di prima fase che presentano le situazioni elencate al paragrafo 2.1. lettera c) della medesima normativa regionale. Questo livello di analisi è quindi finalizzato a valutare l’effettivo grado di pericolosità sismica locale delle aree instabili e potenzialmente instabili e di quelle soggette a liquefazione e densificazione (individuata attraverso il primo livello di analisi nella cartografia delle aree suscettibili di effetti locali) ai fini della predisposizione delle nuove previsioni urbanistiche o quantomeno nel momento in cui si intenda approvare la localizzazione e la realizzazione di significative trasformazioni sulle stesse.

Pertanto ai fini della predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica attuativa che prevedano, la localizzazione e l’attuazione dei seguenti interventi:

1. nuove urbanizzazioni,
2. l’addensamento e la sostituzione urbana,
3. la ristrutturazione urbanistica,
4. edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli interventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile e edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, laddove risultano inseriti all’interno dei seguenti ambiti di pericolosità sismica locale:
 1. aree suscettibili di liquefazione o densificazione,
 2. aree di versante instabili e potenzialmente instabili,

3. aree con rapide variazioni della profondità del bedrock sismico, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, nelle quali il modello geologico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali,
4. aree suscettibili di effetti differenziali (zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse, zone di faglia attiva e capace, zone con cavità sepolte),

deve essere realizzato uno studio di **“Analisi approfondita di terzo livello”**

5.2 Verifiche e valutazioni di microzonazione sismica

Per la verifica di cui sopra se si è in presenza di aree soggette a liquefazione e densificazione, come da allegato “A”, punto 2.1, lettera c1, della Delibera di Giunta Regionale n. 630 del 29/04/2019, si procede nei seguenti modi:

1. esecuzione di indagini geognostiche in sito ed estese su tutta l’area soggetta a piano particolareggiato, con cadenza areale ritenuta significativa per la conoscenza litostratigrafica.
2. verifica cartografica con la Tavola del PTCP 2007 della Provincia di Rimini denominata “S.A. 11 – SISTEMA AMBIENTALE – Rischio sismico e carta delle zone suscettibili degli effetti locali” ed in particolare con il punto 6: *aree suscettibili di liquefazione*;
3. valutazione della presenza di caratteri predisposti alla liquefazione, con riferimento all’allegato A3, punto A1 della Delibera di Giunta Regionale n. 630 del 29/04/2019, sulla possibilità di escludere l’occorrenza di tale fenomeno.

A riguardo del punto 2) la verifica ha dato esito positivo ricadendo l’area oggetto di PAO all’interno *punto 6 - aree suscettibili di liquefazione*.

Per le valutazioni di cui al punto 3) le curve granulometriche dei terreni appartenenti ai litotipi “S”, “AL” e “H” ricadono del tutto o in parte all’interno delle fasce granulometriche di riferimento di cui alla figura 1 dell’Allegato A3 della Delibera di Giunta Regionale n. 630 del 29/04/2019. Ciò in quanto è essi sono di natura prettamente sabbiosa e di ambiente deposizionale costiero come appurato anche nelle penetrometrie statiche attraverso le metodologie di Begemann (1965) e di Schmertmann (1978) e quella più recente di Robertson (1990) basate sul rapporto dei parametri R_p e R_l . I terreni sottostanti a dominante natura argillo – limosa e limo – argillosa (vedi litotipi L e C) ricadono per la quasi totalità al di fuori delle fasce granulometriche di riferimento di cui alla figura 1 dell’Allegato A3 della Delibera sopraccitata.

Pertanto, poiché l’area oggetto di Proposta di Accordo Operativo (PAO) presenta un potenziale rischio circa la possibilità di verificarsi del fenomeno di liquefazione (litotipi S, AL e H), in ottemperanza alla normativa regionale di riferimento è necessario eseguire una “Analisi approfondita – terzo livello di approfondimento”.

Per le aree di versante instabili e potenzialmente instabili di cui all’allegato “A”, punto 2.1, lettera c2, della Delibera di Giunta Regionale n. 630 del 29/04/2019, le valutazioni e verifiche si sono articolate seguendo l’allegato A1 della normativa regionale di cui sopra.

In particolare si ha:

- aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi.
- Aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti indipendenti dalla genesi, con acclività $> 15^\circ$, pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati con acclività $> 15^\circ$, versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio, aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso, scarpate subverticali, accumuli detritici incoerenti prossimi all’orlo di scarpate).

A seguito di quanto sopra le valutazioni e verifiche sono state articolate come segue:

1. esame della condizione geologica, geomorfologia e litostratigrafica del territorio attraverso rilevamento diretto di superficie;
2. verifica con la Cartografia Regionale CTR 1:5.000 ai fini della valutazione dell'acclività dei versanti, anche per individuare gli effetti della topografia di cui all'Allegato A2.2 Delibera di Giunta Regionale n. 630 del 29/04/2019;
3. verifica delle condizioni stratigrafiche, di giacitura degli strati e litologiche dalla Cartografia Geologica e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna redatta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della medesima Regione.
4. confronto con le Tavole "S.A. 9 – SISTEMA AMBIENTALE – Carta del dissesto", "S.A. 10 – RISCHIO SISMICO – Carta delle zone suscettibili di effetti di sito", "S.A. 11 - RISCHIO SISMICO – Carta delle zone suscettibili degli effetti locali" del PTCP 2007 adottato della Provincia di Rimini ai fini della verifica della condizione di instabilità e potenziale instabilità gravitativa dell'area oggetto di Proposta di Accordo Operativo (PAO).

Al termine delle analisi effettuate seguendo lo schema sopra indicato, emerge quanto segue:

- Il pendio su cui sorge l'area oggetto di POA possiede una acclività modesta ed un dislivello limitato e pertanto gli effetti topografici di amplificazione sismica possono essere trascurati;
- la zona oggetto di POA non risulta direttamente interessata da fenomeni franosi;
- le zona, infine, non risulta essere potenzialmente instabile in quanto non si prevedono riattivazioni di frane quiescenti o attivazioni di movimenti franosi (pendio con acclività inferiore a 15°, versanti con giacitura degli strati a franapoggio, non coinvolgimento di aree prossime a zone instabili, assenza di scarpate subverticali e accumuli detritici incoerenti). A tale risultanza si è giunti sia con precedenti studi citati nel precedente paragrafo 3.3 che con le valutazioni sulla stabilità illustrate al capitolo n. 7.

Pertanto l'area oggetto di Proposta di Accordo Operativo (PAO) non presenta alcun rischio né di instabilità gravitativa, né di potenziale instabilità gravitativa e di effetti di sito a seguito del fattore topografico.

Nel merito del punto c3 dell'allegato "A", punto 2.1, della Delibera di Giunta Regionale n. 630 del 29/04/2019, nel formulare le dovute valutazioni si tiene conto di:

- 1) esame della condizione geologica e geomorfologia dell'area direttamente in sito e più in generale della conoscenza geologica del territorio.
- 2) verifica della condizioni litostratigrafiche locali direttamente attraverso la campagna geognostica eseguita e indirettamente mediante l'utilizzo della banca dati geologici reperibile presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna;
- 3) confronto con la Tavola "S.A. 10 – RISCHIO SISMICO – Carta delle zone suscettibili di effetti di sito", e con la Tavola "S.A. 11 - RISCHIO SISMICO – Carta delle zone suscettibili degli effetti locali" del PTCP 2007 variante 2012 della Provincia di Rimini.

La ricostruzione del modello geologico resa possibile attraverso la consultazione della Carta delle Sezioni Geologiche e Prove Geognostiche della Pianura Emiliano Romagnola. Al termine delle analisi effettuate secondo lo schema sopra indicato emerge come il sito presenti una successione stratigrafica omogenea e comunque lo spessore della copertura alluvio - colluviale al di sopra del substrato sia abbastanza consistente.

A conclusione delle valutazioni sopra esperite si può affermare che l'area oggetto di Proposta di Accordo Operativo (PAO) non presenta caratteristiche geologiche in alcun modo riconducibili alla situazione di "aree con rapide variazioni della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, nelle quali il modello geologico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale".

Per quanto concerne il punto d), dell'allegato "A", punto 2.1, della Delibera di Giunta Regionale n. 630 del 29/04/2019, nel formulare le dovute valutazioni si tiene conto di:

- 1) esame della condizione geologica e geomorfologia dell'area direttamente in sito e più in generale della conoscenza geologica del territorio;

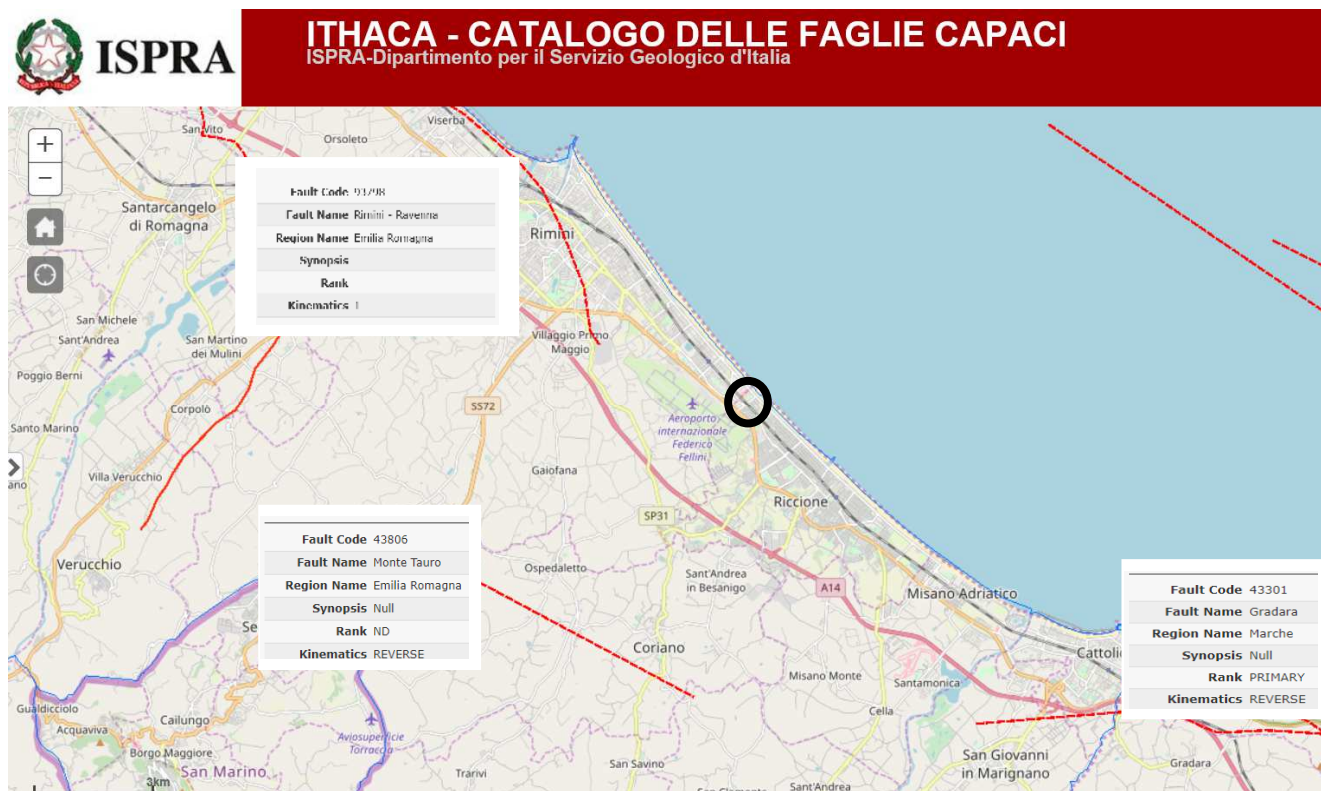
- 2) verifica delle condizioni stratigrafiche e dei rapporti laterali tra corpi sedimentari attraverso la Cartografia Geologica e le Sezioni Geologiche della Regione Emilia-Romagna redatta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della medesima Regione;
- 3) Ricerca nel catalogo “ITHACA” dell’ISPRA delle faglie attive e capaci e dello stato delle conoscenze scientifiche in merito.
- 4) Verifica delle strutture sismogenetiche attive nell’ambito del progetto DISS 3 INGV.
- 5) Ricerca nella Carta Geologico - Strutturale dell’Appennino Emiliano - Romagnolo alla scala 1:250.000.

In particolare i punti 1 e 2 sono stati già trattati nelle situazioni precedenti.

Per soddisfare i successivi punti 3 – 4 - 5 ai fini della ricostruzione del quadro di pericolosità sismica dell’area ci si avvale del database ITHACA creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali.

Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie. Il database delle faglie capaci (vedi figura successiva) è uno strumento fondamentale sia per analisi di pericolosità ambientale / sismica che per la pianificazione territoriale.

Il database riporta l’ipotesi di tre faglie capaci nell’area compresa tra Rimini e Cattolica comprendendo anche il primo entroterra. Di queste, la più vicina e comunque collocata ad oltre tre chilometri a nord – ovest dell’area oggetto di studio, è la faglia Rimini – Ravenna di cui se ne riportano le caratteristiche nella scheda a pagina successiva. Si tratta di strutture tettoniche con cinematismo di faglie inverse, appartenenti alle strutture sepolte del sottosuolo padano ed in particolare al gruppo delle pieghe romagnole. Più ad est nell’off shore vi sono le pieghe adriatiche. La presenza di questi archi denota inoltre diversi valori di raccorciamento che tendono mediamente ad aumentare da ovest verso est.





MENU GENERALE

Chiudi finestra

ITHACA - Catalogo delle faglie capaci

ITHACA è un database creato per la raccolta e la facile consultazione di tutte le informazioni disponibili riguardo le strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Il progetto si occupa in modo particolare delle faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie. Il database delle faglie capaci è uno strumento fondamentale per: a) analisi di pericolosità ambientale e sismica, b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio, c) pianificazione territoriale e d) gestione delle emergenze di Protezione Civile. Può essere inoltre di supporto alla ricerca scientifica nell'ambito dell'analisi dei processi geodinamici.

PHISICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	Thrust appartenente alle strutture sepolte del sottosuolo padano. Nella parte meridionale della Pianura Padana si possono riconoscere tre archi principali chiamati, da ovest verso est: Arco del Monferrato; Arco Emiliano; Arco Romagnolo Ferrarese. Questi archi rappresentano, a grande scala, il limite esterno dell'Arco Appenninico settentrionale. L'Arco Emiliano è in parte sovrascorso sulla terminazione dei thrust subalpini e, nella parte orientale al di sopra dell'Arco Romagnolo Ferrarese. E' possibile suddividere la struttura dell'Arco Romagnolo Ferrarese in tre gruppi relativamente minori: le pieghe ferraresi, le pieghe romagnole e, più a est, le pieghe adriatiche. La presenza di questi archi denota inoltre diversi valori di raccorciamento che tendono mediamente ad aumentare da ovest verso est. Dal punto di vista sismico l'area è caratterizzata da un basso livello di sismicità di fondo con una maggior concentrazione di eventi lungo la catena appenninica e lungo i fronti dei sovrascorimenti della Pianura Padana.
FAULT NAME	Rimini - Ravenna
FAULT CODE	93798
MACROZONE	3
REGION NAME	Emilia Romagna
SYSTEM NAME	Ravenna - Comacchio System
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	125
DIP	
LENGTH (km)	14

GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:250000
LAST ACTIVITY	Early Pleistocene
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	14
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	6.4
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	e' giusto indicare AV in assenza di indicazioni certe?

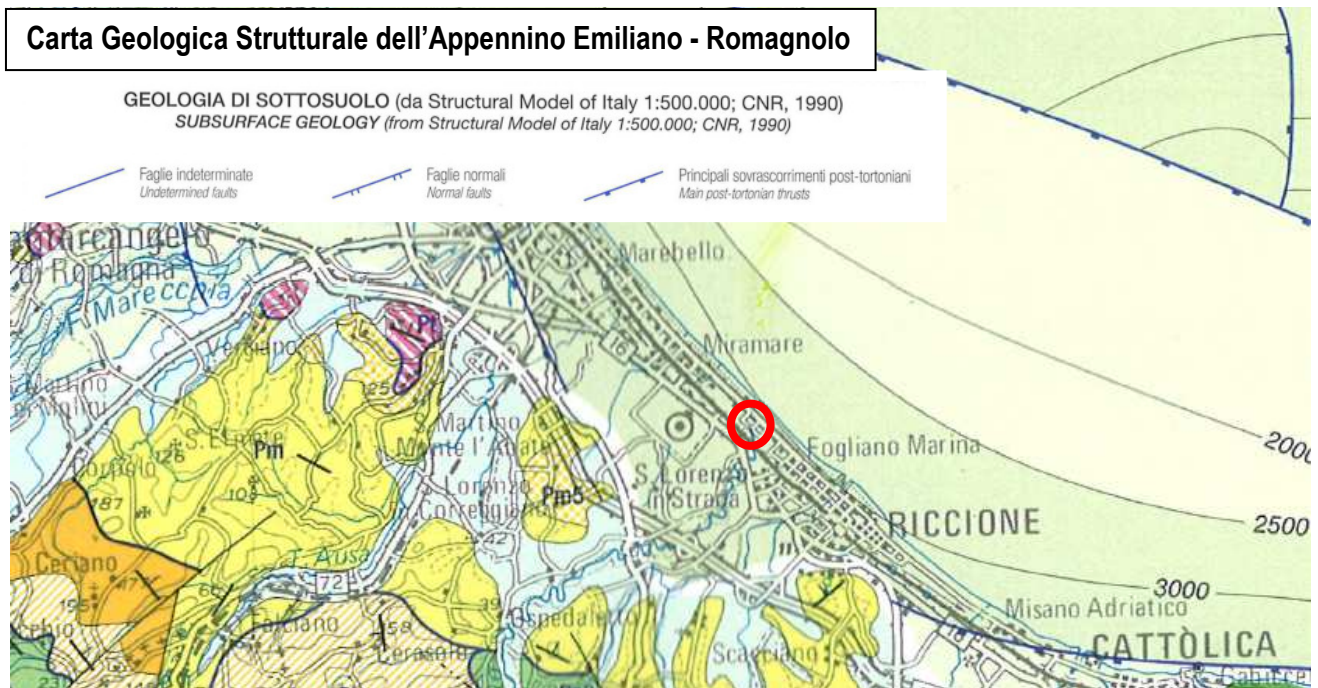
REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
93798	CERRINA FERONI A., MARTELLI L., MARTINELLI P., OTTRIA P.	Carta geologico strutturale dell'Appennino Emiliano Romagnolo alla scala 1:250000	Regione Emilia-Romagna - CNR	2002
93798	REGIONE EMILIA-ROMAGNA, ENI-AGIP, a cura di DI DIO G. (1998)	Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna.	S.EL.CA., Firenze	1998

Occorre tuttavia sottolineare che, come si può rilevare dalla scheda, la qualità degli studi effettuati su tali strutture è bassa al pari della attendibilità delle informazioni sul loro grado di attività. Le faglie suddette si ritrovano anche nel database DISS3 INGV (di cui nel capitolo n. 6 si riporta uno stralcio) e segnalate come "active fold" all'interno della sorgente sismogenetica composta ITCS039 (denominata "Riminese On-Shore", Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano 2006).

Per quanto riguarda la Geologia di sottosuolo la Carta Geologica Strutturale dell'Appennino Emiliano - Romagnolo alla scala 1:250.000 (vedi stralcio a pagina successiva) segnala la presenza di sovrascorrimenti post – tortoniano a sud est e a nord ovest dell'area. Tali thrust tuttavia risultano collocati ad alcune migliaia di metri di profondità, dando luogo a strutture per definizione “cieche”.

Carta Geologica Strutturale dell'Appennino Emiliano - Romagnolo



Pertanto questi dati ci indicano come nell'area di indagine non vi siano strutture affioranti o sepolte legate all'orogenesi appenninica certe di una certa rilevanza. In conseguenza di ciò si può affermare come nel territorio oggetto di studio, almeno sulla base delle conoscenze scientifiche attuali, non vi siano situazioni accertate riconducibili a “zone di faglia attiva capace” in grado di condizionare in maniera consistente la pericolosità sismica locale soprattutto in termini di deformazioni / fagliazioni superficiali. Anche la attendibilità riguardo al grado di attività di quelle esistenti, ad una certa distanza, è bassa.

A conclusione delle valutazioni sopra esperite si può affermare che l'area oggetto di Proposta di Accordo Operativo (PAO) non presenta caratteristiche geologiche in alcun modo riconducibili alla situazione di “aree suscettibili di effetti differenziali (zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse, zone con cavità sepolte)”. Inoltre nell'area oggetto di studio, allo stato della conoscenza scientifica attuale, non si rinviene la presenza certa di faglie attive e capaci, che possano essere segnalate negli studi di Microzonazione Sismica, come previsto negli I.C.M.S. (gruppo di lavoro MS 2008), nella versione 1.0 a titolo “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci FAC”. In conseguenza di ciò anche in questo caso **si può affermare che nel territorio oggetto di studio non vi sono situazioni accertate riconducibili a “zone di faglia attiva e capace” in grado di condizionare la pericolosità sismica locale.**

6 ANALISI DI TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

6.1 Considerazioni generali - studio di microzonazione sismica

La procedura messa a punto dalla normativa regionale fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

Il 1° livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di analisi e trova le sue fondamenta nell'osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo di natura empirica permette di localizzare quelle zone dove gli effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili con sufficiente attendibilità sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta di dati e indagini ivi realizzate. Queste sono, oltre alla cartografia topografica e geologica, anche le risultanze di indagini geognostiche, di laboratorio e geofisiche già svolte e saranno utili alla definizione delle condizioni locali.

Il 2° livello permette la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione, di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici. Tali analisi richiedono, rispetto alle precedenti, la disponibilità di una documentazione più specifica e di maggiore dettaglio per la caratterizzazione geologico - tecnica e geomorfologica dell'area oggetto di studio; è necessario inoltre caratterizzare il sottosuolo attraverso prove geotecniche (perforazioni, trincee esplorative e prelievo di campionamenti rappresentativi e indisturbati) e indagini geofisiche.

Per le analisi di 2° livello si distinguono 3 tipi di approccio geofisico:

- metodi basati sulla distinzione delle velocità delle onde di taglio (relazioni empiriche che permettono di quantificare l'amplificazione generata da un deposito in funzione delle sue proprietà geofisiche), in cui vengono proposte diverse relazioni tra le quali quella di Shima (1978), quella di Midorikawa (1987), quella di Joyner and Fumal (1984) e quella di Borchardt et alii (1991);
- metodi basati sulla classificazione dei depositi (determinazione degli spessori, della successione degli strati e del relativo stato di addensamento o di consistenza);
- metodi basati sulla misura dei microtremiti (utilizzo dei metodi di Konai and Tanaka, 1961 e di Nakamura, 1989).

Il 3° livello permette la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi. Tali analisi richiedono, rispetto alle precedenti, una caratterizzazione più approfondita ed accurata dell'area in esame, ottenuta per mezzo di specifiche indagini geologiche, geotecniche in sito ed in laboratorio nonché geofisiche. La differenza sostanziale con i precedenti livelli di approfondimento consiste nella diretta definizione dei parametri meccanici e geofisici dei terreni. Il metodo permette la valutazione degli effetti di sito per una determinata area, indipendentemente dalla geometria superficiale e profonda presente. Per quanto riguarda la definizione del sito in esame i valori di velocità di propagazione velocità delle onde sismiche (V_p e V_s) esse possono essere ottenute con misure dirette della velocità o dedotti dalle curve di dispersione delle onde di superficie misurate di taglio, i valori ottenuti dalla indagine possono essere messi in diretta relazione con la struttura stessa del sottosuolo in corrispondenza delle opere da prevedere.

Tuttavia nel nostro caso, così come indicato nel punto 4.2.2. della Delibera di Giunta Regionale n. 630 del 29/04/2019, (“Procedure di riferimento per le analisi di terzo livello di approfondimento”) “l’analisi di risposta sismica locale può essere omessa se nell’area sono stati eseguiti degli studi di microzonazione sismica di II° livello che forniscono i valori di accelerazione a_{max} nel sito”. Infatti il comune di Riccione dispone agli atti uno studio di II° livello redatto in attuazione all’art. 11 della legge del 24 giugno 2009 n. 77 ed in ottemperanza alla deliberazione della Giunta Regionale n.1919 del 16 dicembre 2013, dove, attraverso i fattori di accelerazione FA P.G.A. si risale all’accelerazione massima di sito il cui valore è riportato nel paragrafo 6.4 della presente relazione.

6.2 Verifica dei casi in cui si può escludere fenomeni di liquefazione.

In prima analisi, seguendo le procedure di cui all’allegato A3 del Decreto della Giunta Regione Emilia Romagna n. 630 del 29/04/2019, si procede dapprima nel verificare la possibilità di escludere nei terreni oggetto d’indagine la possibilità del verificarsi di fenomeni di liquefazione attraverso l’analisi di cui prevista nel capitolo A1 dell’allegato A3.

Infatti la probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni free-field minore di 0.1g;
3. Terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - – frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - – $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$ oppure $q_{c1N} > 95$ oppure $V_{s1} > 200$ mt/sec;
 - – $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$ oppure $q_{c1N} > 160$ oppure $V_{s1} > 220$ mt/sec;dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: $(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N$ in cui il coefficiente C_N è ricavabile dall’espressione $C_N = (p_a / \sigma'_v)^{0,5}$, essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la pressione efficace verticale.
4. Distribuzione granulometrica esterna per oltre il 50% al fuso indicato in Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.

La stratigrafia del caso in esame non rientra complessivamente in nessuno dei casi tra quelli precedentemente elencati se si eccettuano i litotipi a comportamento coesivo “C” ed “L”.

6.3 Pericolosità sismica - eventi sismici attesi

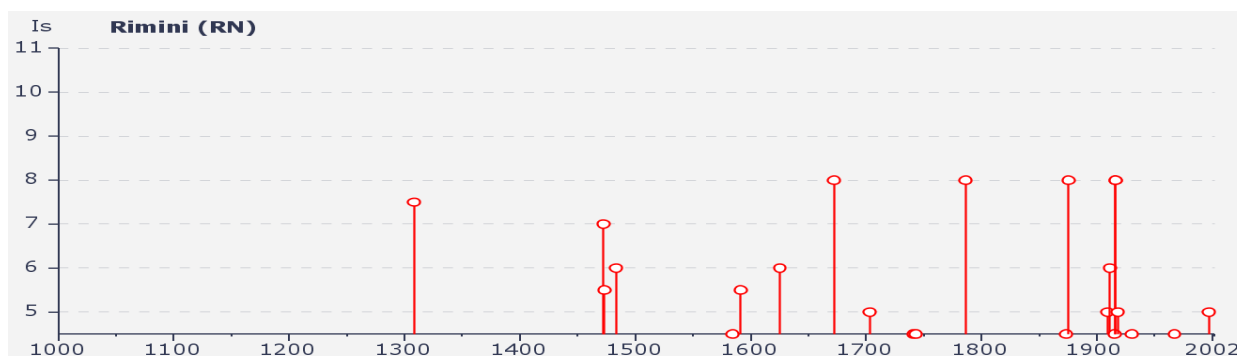
Facendo riferimento alle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno censiti nel Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani di seguito si riporta in breve la storia sismica del territorio riminese. Quest’ultima è stata effettuata mediante la consultazione del database dell’INGV CPTI – DBI 2015 di cui di seguito si riporta uno stralcio.

Seismic history of Rimini																	
PlacelID		IT_41984															
Coordinates(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	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	8	1916 08 16 07 06 14.00	Riminese	257	8	5.82	7	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99
5	1468 06 06 10 30	Romagna	3	4	3.7	2	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	40	8	5.5	5-6	1473 02 02	Rimini	1	5-6	4.4
7	1472	Rimini	1	7	5.1	3	1917 04 26 09 35 59.00	Alta Valtiberina	134	9-10	5.99	6	1483 08 11 19 40	Romagna	14	8	5.69
5-6	1473 02 02	Rimini	1	5-6	4.4	3-4	1917 12 02 17 39	Appennino forlivese	32	6-7	5.09	F	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32
6	1483 08 11 19 40	Romagna	14	8	5.69	5	1918 11 10 15 12 28.00	Appennino forlivese	187	9	5.96	4-5	1584 09 10 20 30	Appennino forlivese	17	9	5.97
F	1511 03 26 15 30	Friuli-Slovenia	120	9	6.32	4	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6.53	5-6	1591 07 10	Romagna	6	6-7	5.13
4-5	1584 09 10 20 30	Appennino forlivese	17	9	5.97	4	1924 01 02 08 55 13.00	Senigallia	76	7-8	5.48	6	1625 12 05	Rimini	1	6	4.63
5-6	1591 07 10	Romagna	6	6-7	5.13	2	1926 01 01 18 04 03.00	Carniola interna	63	7-8	5.72	5	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6.05
6	1625 12 05	Rimini	1	6	4.63	3	1928 05 30 20 01	Senigallia	17	5	5.02	8	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5.59
5	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	79	9	6.05	3	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05	5	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84
8	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5.59	4-5	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83	F	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.4
5	1688 04 11 12 20	Romagna	39	8-9	5.84	4	1934 11 30 02 58 23.00	Adriatico settentrionale	51	5	5.3	F	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92
F	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.4	4	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06	5	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6.67
F	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92	3	1937 11 26 21 58 30.00	Costa pesarese	7	5	4.16	4-5	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6.17
5	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6.67	3	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	170	8	5.67	4-5	1743 02 20	lonio settentrionale	84	9	6.68
4-5	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6.17	3	1953 12 14 07 11 06.00	Appennino forlivese	48	5-6	4.7	4	1768 10 19 23	Appennino forlivese	45	9	5.99
4-5	1743 02 20	lonio settentrionale	84	9	6.68	2	1961 05 08 22 45 51.00	Forlivese	40	5	4.37	3	1780 05 25	Romagna	5	5-6	4.4
4	1768 10 19 23	Appennino forlivese	45	9	5.99	3	1962 01 23 17 31	Costa pesarese	49	5	4.35	5	1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10	6.12
3	1780 05 25	Romagna	5	5-6	4.4	NF	1962 08 30 06 27 07.00	Montefeltro	23	6-7	4.76	8	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5.66
5	1781 04 04 21 20	Faentino	96	9-10	6.12	4-5	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05	4	1861 10 16	Romagna	10	6-7	5.13
8	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5.66	F	1972 11 30 11 25 27.45	Costa pesarese	30		4.52	3	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5.61
4	1861 10 16	Romagna	10	6-7	5.13	4	1978 12 05 15 39 04.00	Romagna	34	4-5	4.61	4-5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
3	1870 10 30 18 34	Forlivese	41	8	5.61	3	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81	3-4	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
4-5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85	2	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04	NF	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96
3-4	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29	3-4	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5.62	8	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
NF	1874 10 07	Imolese	60	7	4.96	NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4.43	3	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84
8	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74	NF	1993 11 07 23 21 11.72	Cesenate	36	4-5	3.95	3	1881 09 28	Cesena	24	6-7	4.71
3	1878 03 12 21 36	Bolognese	31	6	4.84	3-4	1996 10 15 09 55 59.95	Pianura emiliana	135	7	5.38	3	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1
3	1881 09 28	Cesena	24	6-7	4.71	4	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino -marchigiano	760	7-8	5.66	5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5.1	5	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino -marchigiano	869	8-9	5.97	NF	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36	4	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62	4	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5.26
NF	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	259	7-8	5.34	3-4	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino-marchigiano	395		4.78	6	1911 03 26 13 51	Riminese	9	5	5.04
4	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	181	7	5.26	2	1999 01 25 22 45 58.08	Appennino forlivese	97	5	4.36	NF	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
6	1911 03 26 13 51	Riminese	9	5	5.04	2-3	2000 05 08 12 29 56.20	Faentino	126	5	4.67	4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
NF	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65	2-3	2000 05 10 16 52 11.60	Faentino	151	5-6	4.82	4-5	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63	4	2000 08 01 02 34 31.00	Montefeltro	84	5-6	4.27	8	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
4-5	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08	2	2001 11 26 00 56 55.46	Casentino	211	5-6	4.63	6	1916 06 16 01 27	Riminese	17	6	4.82
8	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82	5	2003 12 07 10 20 33.04	Forlivese	165	5	4.18	6					
6	1916 06 16 01 27	Riminese	17	6	4.82	NF	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4.21						

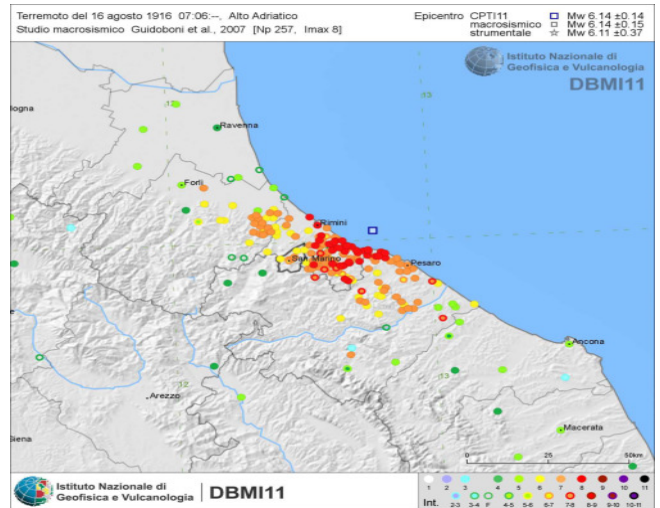
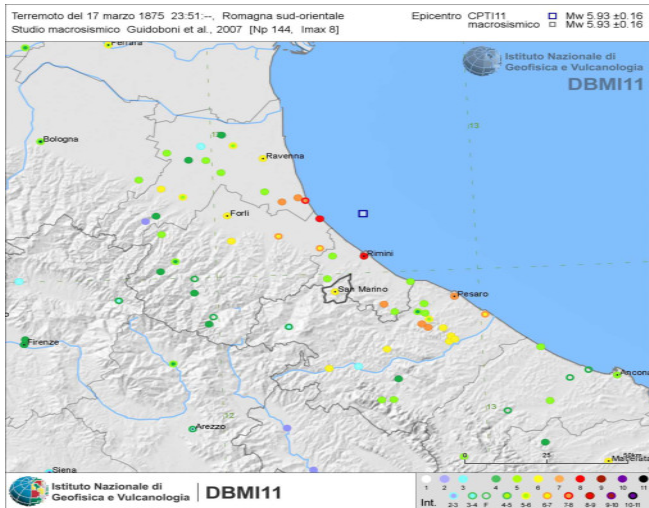
Estratto della tabella esplicativa riportante i parametri che costituiscono il formato sintetico del database

Parametro	Descrizione	Provenienza
Ax	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto	
Np	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)

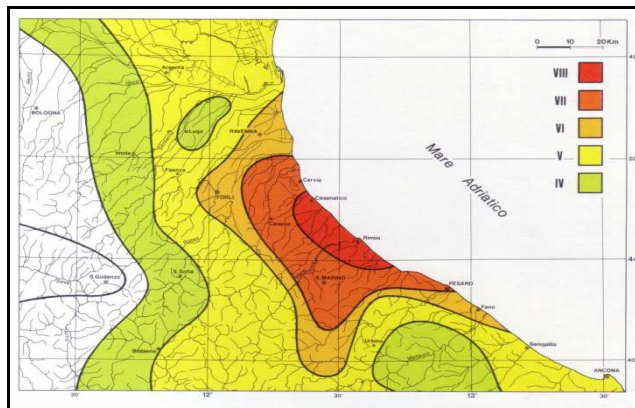
Distribuzione temporale degli eventi sismici considerati



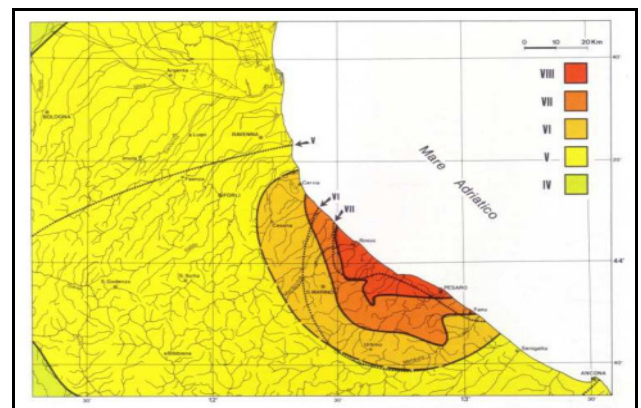
Cartografia in cui si evidenziano le intensità degli eventi sismici di riferimento della serie storica



Carte delle isosisme in cui le aree colorate dal rosso al verde corrispondono a parti di territorio colpite da effetti a di severità decrescente. (DISS3/INGV).



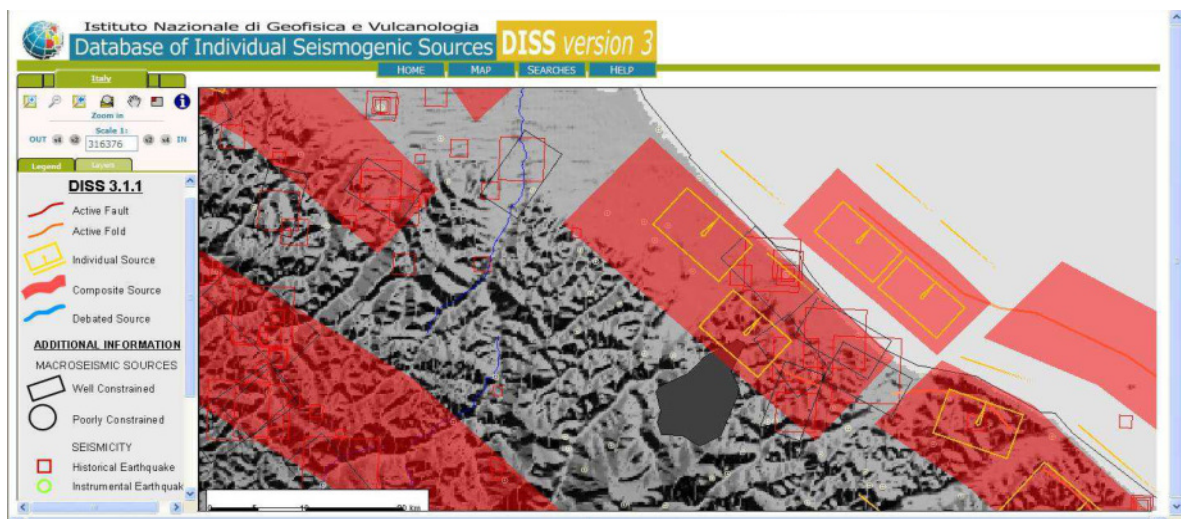
Terremoto del 17 marzo 1875



Terremoto del 17 maggio – 16 agosto 1916

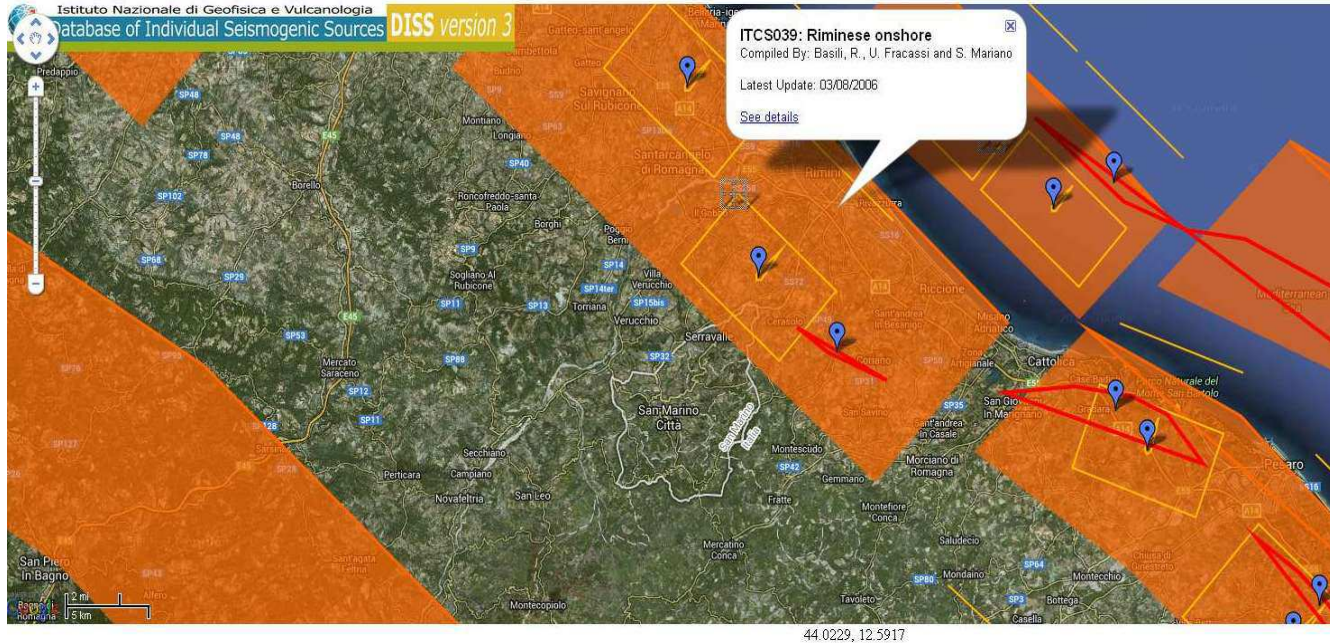
Sulla scorta di tali cataloghi nonché di più approfondite informazioni storico-scientifiche e di studi su modelli geodinamici e crostali l'INGV ha sviluppato un database delle sorgenti sismogenetiche attive denominato DISS3, contenente potenziali fonti per i terremoti più grandi di 5,5 M in Italia e nelle aree circostanti. Il database riporta, quando presenti, anche le strutture tettoniche attive ovvero faglie e pieghe che nell'area oggetto di P.P. non sono segnalate.

Stralcio cartografico con distribuzione regionale degli eventi e delle sorgenti sismogenetiche - INGV_DISS 3



L'area d'intervento, risulta direttamente interessata dalla sorgente sismogenetica composta ITCS039 (denominata "Riminese On - Shore", Basili, R., U. Fracassi and S. Mariano 2006) e molto prossima alla ITCS030, posizionata nello specchio marino antistante, così come censite e caratterizzate nel database INGV DISS3, di cui di seguito si riporta uno stralcio con ingrandimento sull'area in studio nonché il commento con le caratteristiche della sorgente sismogenetica ITC039.

Sorgente sismogenetica ITCS039 - Riminese "on-shore"



COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES

[COMMENTARY](#) ▾ [PICTURES](#) ▾ [REFERENCES](#) ▾ [USER COMMENTS](#) ▾

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS039
Name	Riminese onshore
Compiler(s)	Basili R.(1), Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Basili R.(1), Fracassi U.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(2), Toscani G.(3), Burrato P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy 3) Universit di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy
Created	17-Oct-2013
Updated	18-Jun-2015
Display map ...	
Related sources	ITIS035 ITIS036

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0 LD	Based on geological data from various Authors.
Max depth [km]	10.0 LD	Based on geological data from various Authors.
Strike [deg] min... max	120...140 OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...35 OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100 OD	Based on geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	1.0...1.07 LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	5.9 LD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; E=J=EXPERT JUDGEMENT;

ACTIVE FAULTS

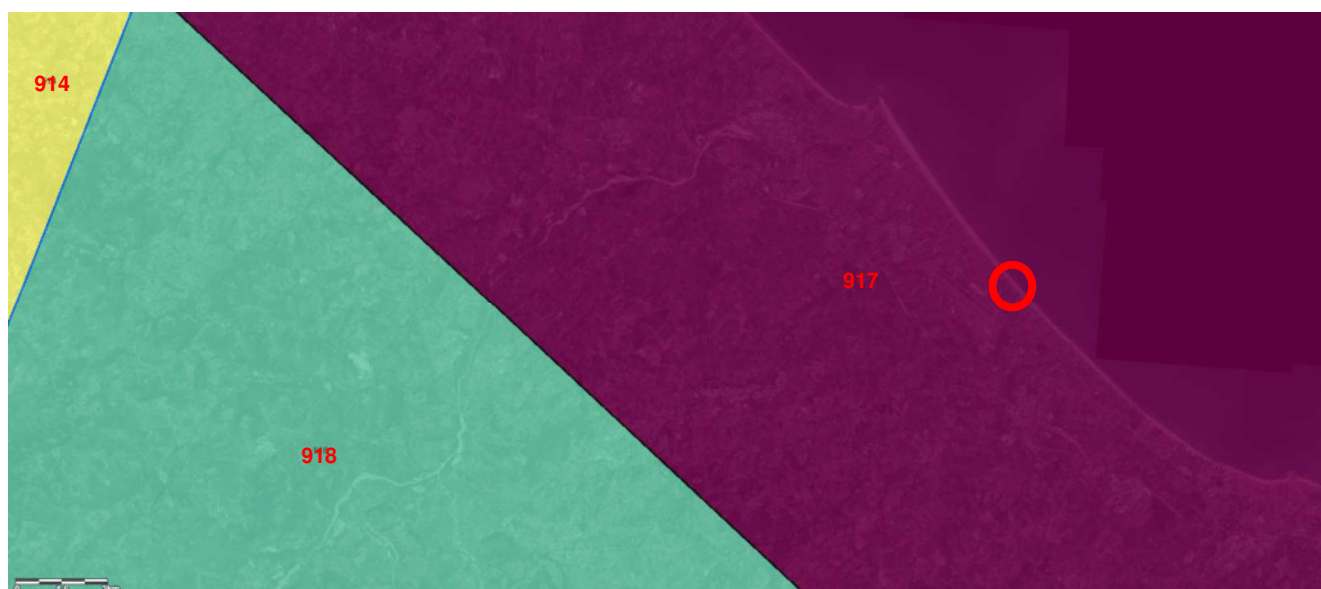
ACTIVE FOLDS

Di conseguenza diviene necessario definire un valore di magnitudo di riferimento “Mwmax” (magnitudo momento), analogamente ai valori di accelerazione massima, in funzione della possibilità che si possano verificare, sia pure con probabilità molto basse, eventi con magnitudo pari o superiore a quelli verificatisi nel periodo di osservazione del Catalogo dei Terremoti.

Per la definizione della massima magnitudo associabile a tali sorgenti sismogenetiche, sulla base dei dati macrosismici e strumentali, è opportuno rapportarsi all’aggiornamento del catalogo DBMI-CPTI15 in cui oltre ai valori di riferimento per ciascun evento vengono stimati anche i relativi ambiti di incertezza.

L’area in studio è inserita 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 (a pag. 36) sono stati individuati due tipi di valori (Rapporto Conclusivo GdL INGV, 2004). A tal proposito in “Indicazioni e Criteri per la Microzonazione Sismica” (anno 2008 a cura del Dipartimento per la Protezione civile) si raccomanda l’adozione del valore di $Mw_{max2} = 6.14$, come richiamato al paragrafo 2.8.2, definito come metodo semplice e in 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.

Zonazione “ZS9” definita dal “Gruppo di Lavoro per la redazione della Mappa della Pericolosità Sismica” dell’INGV



Nel mese di marzo 2017 la *Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica* (organo tecnico del dipartimento della Protezione Civile) ha rilasciato le “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione (LQ) Versione 1.0”.

In tale documento sono contenute nuove indicazioni per la stima della magnitudo da utilizzare nelle valutazioni del rischio di liquefazione e a proposito del metodo della disaggregazione, proposto da Spallarossa e Barani (2007) per altri scopi, dice: “... la stima di Mw tramite disaggregazione può comportare una sottostima. Inoltre, tra i risultati delle analisi di disaggregazione sono generalmente utilizzati quelli con valore medio senza che esista una formale giustificazione tecnico-scientifica per questa scelta.” Pertanto in quest’ottica è possibile che il valore medio di 5.5 proposto dal metodo della disaggregazione per l’area costiera riminese risulti poco cautelativo.

Infatti secondo il DISS 3.2 (INGV) la struttura sismogenica ITCS039 “*Riminese onshore*” è capace di generare terremoti $Mw=5,9$ mentre la struttura sismogenica ITCS030 “*Riminese offshore*” è capace di generare terremoti $Mw=6,1$. Inoltre secondo la più recente versione del catalogo italiano dei terremoti storici (INGV: CPTI15 e DBMI15) i forti terremoti che hanno interessato Rimini (1672, 1785, 1875, 1916) hanno tutti magnitudo stimata maggiore di 5,5 (da 5,6 a 5,9). Infine secondo il nuovo metodo proposto nelle citate linee guida della Commissione Tecnica DPC (v. Appendice A1, contributo di Albarello, UniSI; allegato n. 1) la magnitudo di riferimento suggerita per le verifiche del rischio liquefazione a Rimini è 6,14.

Pertanto, considerati gli studi dell'INGV, la zonazione ZS9, le indicazioni I.C.M.S., e le “linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da liquefazione” in relazione alle finalità e tipologie di opere e di intervento previste nell'areale di studio per le analisi di calcolo si ritiene di proporre una **magnitudo momento max pari a MW=6.14**.

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 e delle relative classe d'uso, tempi di ritorno, vita nominale e grado di rischio da assumere.

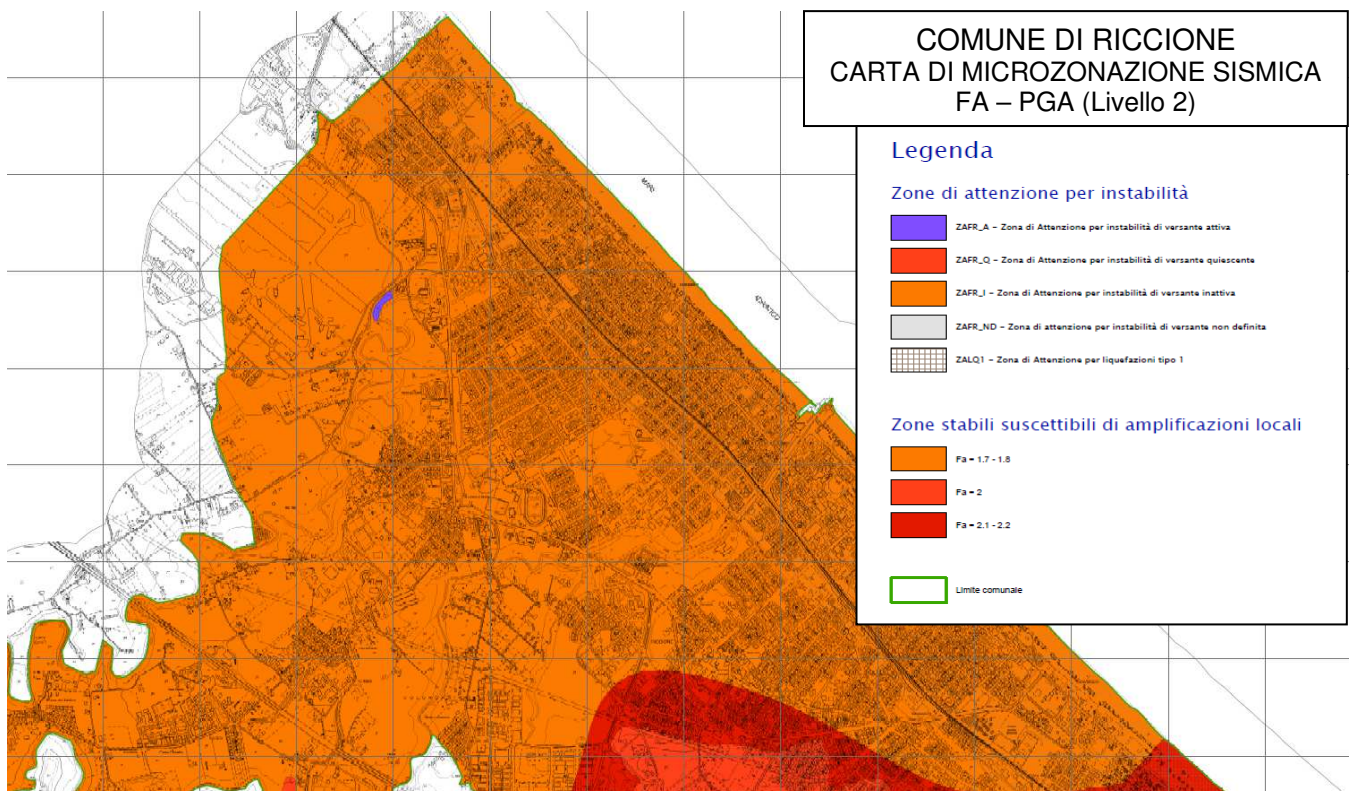
Con quanto sopra trattato la condizione espressa al punto n. 1 del paragrafo 6.2 non è realizzata e pertanto la possibilità di liquefazione non è escludibile in base a tale punto.

6.4 Accelerazione massima attesa

Per definire il moto di riferimento ed i parametri ad esso collegati il DGR n. 630 del 29/04/2019 fornisce la procedura sul come individuare i valori di arefg, ovvero dell'accelerazione massima orizzontale, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g, con il 10% di probabilità di superamento in 50 anni corrispondente al periodo di ritorno di 475 anni. I valori sono relativi ai punti di una griglia con passo 0.05 gradi che è fornita nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema “Sismica – Microzonazione Sismica” elaborati da INGV2. In particolare questo valore di base pari a 0.184g è stato adottato come media pesata di 4 nodi più vicini al punto di interesse (vedi Parametri sismici allegato n. 7).

Il Comune di Riccione è dotato di Studio di Microzonazione Sismica di secondo livello, redatto dal Dott. Copioli Carlo nel settembre 2014 con aggiornamento giugno 2015, le cui risultanze sono state messe a disposizione dalla Amministrazione comunale di Riccione.

Della Carta di Microzonazione Sismica del Primo e Secondo Livello delle FA P.G.A. (settembre 2014 con aggiornamento giugno 2015, di cui di seguito si riporta uno stralcio che assegna alle varie aree i valori dei Fattori di Amplificazione ricavati dalle tabelle allegate alla DAL della Regione Emilia Romagna n. 112 del 02-05-2007.



In particolare l'area oggetto di Proposta di Accordo Operativo ricade all'interno di un settore interessato da una FA P.G.A. compresa tra 1,7 e 1,8.

La accelerazione massima a_{max} al suolo libero si ottiene moltiplicando il valore di base 0,184g (vedi allegato n. 6) per il fattore di amplificazione (nel caso specifico il valore massimo pari a 1,8). Quindi il picco di accelerazione al piano di campagna PGA del terremoto di riferimento risulta $a_{max} = 0,184g \times 1,8 = 0,33g$. Da tale considerazione risulta come sia la PGA_0 , pari a 0.184g che la a_{max} corrispondente a 0,33g, risultano entrambi maggiori a quella di riferimento free - field di 0.1g e di 0.15g per i terreni fini in base alle indicazioni della normativa. Pertanto con quanto sopra esposto la condizione espressa al punto n. 2 del paragrafo 6.2 non è realizzata e la possibilità di liquefazione non è escludibile in base a tale punto.

6.5 Distribuzione granulometrica

Per quanto riguarda il punto 4 di cui al paragrafo 6.2, è necessario considerare le granulometrie dei campioni a disposizione dalle prove in sito, le cui curve andranno a sovrapporsi ai fusi granulometrici di riferimento riportati nella normativa regionale 630 del 29/04/2019 (vedi figura successiva) a seconda del coefficiente di uniformità U_c .

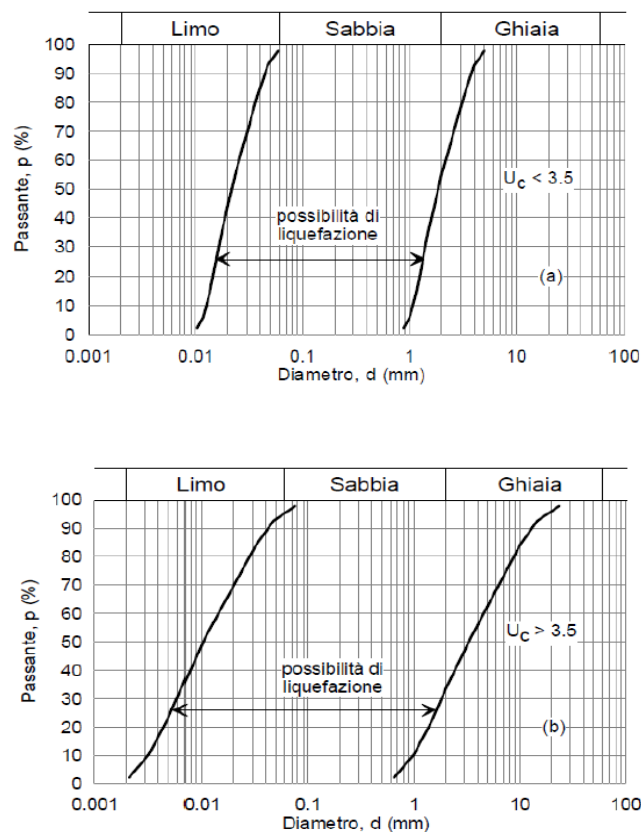


Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità a liquefazione di terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (AGI, 2005)

Le curve granulometriche dei terreni appartenenti ai litotipi "S", "AL" e "H" ricadono del tutto o in parte all'interno delle fasce granulometriche di riferimento di cui alla figura 1. Ciò in quanto è essi sono di natura prettamente sabbiosa e di ambiente deposizionale costiero come appurato anche nelle penetrometrie statiche attraverso le metodologie di Begemann (1965), Schmertmann (1978) e Robertson (1990) basate sul rapporto dei parametri R_p e R_l .

Con quanto sopra esposto la condizione espressa al punto n. 4 del paragrafo 6.2 non è realizzata e pertanto la possibilità di liquefazione non è escludibile in base a tale punto.

6.6 Profondità della falda

In base a quanto riscontrato durante le indagini geognostiche, attraverso misurazioni di falda eseguite nei fori di sondaggio ed in piezometri installati in aree limitrofe, nonché da monitoraggi su basi storiche eseguiti nel territorio, si evince che il livello freatico può essere collocato “come condizione più gravosa” alla profondità minima di circa 1.0 mt dal p.c. Tali profondità sono decisamente inferiori a quanto riportato nella normativa (profondità media stagionale >15m).

Con quanto sopra esposto la condizione espressa al punto n. 4 del paragrafo 6.2 non è realizzata e pertanto la possibilità di liquefazione non è escludibile in base a tale punto.

7 STIMA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE - CALCOLO POTENZIALE LIQUEFAZIONE

7.1 Considerazioni generali sulla normativa regionale

Al fine di verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione, seguendo la normativa regionale che prevede l'impiego di procedure individuate nell'Ingegneria Geotecnica Sismica quali “*metodi semplificati*”. Tali metodi sono basati su prove geotecniche di tipo corrente e sulla valutazione, ad ogni quota z del deposito compresa nei primi 20 m, del coefficiente di sicurezza $F_L = (CRR/CSR) \times MSF$ dove:

- $CRR_{M=7,5;\sigma'=1atm} = \tau_{ult} / \sigma'_{v0}$ è il rapporto di resistenza ciclica, ovvero la resistenza normalizzata rispetto alla pressione efficace verticale iniziale σ'_{v0} , per terremoto di magnitudo $M = 7.5$ e pressione efficace di riferimento $\sigma'_v = 1atm$, che può essere valutata attraverso abachi, in funzione di parametri desunti da prove SPT, CPT e da misure dirette della velocità delle onde di taglio V_s , oppure tramite specifiche relazioni adottate dai vari metodi di calcolo semplificato presenti in letteratura;
- $CSR = \tau_{media} / \sigma'_{v0} = 0,65 (a_{maxs} / g) (\sigma_{v0} / \sigma'_{v0}) r_d$ è il rapporto di tensione ciclica, ovvero la tensione di taglio ciclica media indotta dall'azione sismica di riferimento, normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace iniziale σ'_{v0} e dove a_{maxs} è il picco di accelerazione al piano campagna del terremoto di riferimento; g è l'accelerazione di gravità; σ_v e σ'_v sono rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale alla profondità considerata; r_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica che porta in conto la deformabilità del sottosuolo e che può essere stimato con relazioni empiriche associate ai diversi metodi di stima di CRR (e di MSF). Il valore della tensione tangenziale media $\tau_{media} = 0.65 \tau_{max}$ al variare della profondità può essere più precisamente determinato con analisi di risposta sismica locale.
- MSF è un fattore di scala che può essere valutato in funzione della magnitudo dei terremoti attesi oppure tramite specifiche relazioni adottate dai vari metodi di calcolo semplificato presenti in letteratura. Nel caso in esame, per terremoti con $M_w < 7.5$ ed il metodo di calcolo adottato viene utilizzato il fattore consigliato da Youd 2001 come proposto da Idriss 1997 pari a: **MSF = $10^{2.24/M_w - 2.56}$** (NCEER, 2001).
- K_σ è il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata.

I risultati dello studio devono essere presentati riportando l'andamento del fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione $FL(z)$ per ciascuna delle verticali esplorate fino alla profondità critica z_{crit} da piano campagna (di norma si assume $z_{crit} = 20m$), o fino alla profondità oltre la quale si esclude l'occorrenza di liquefazione. Per ogni verticale deve anche essere valutato l'indice del potenziale di liquefazione IL.

L'indice del potenziale di liquefazione, I_L è definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

dove z_{crit} è la profondità critica, ovvero la profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assume pari a 20 m. La variabile $F(z)$ vale (Sonmez, 2003):

$$\begin{aligned} F(z) &= 0 \text{ per } FL \geq 1.2 \\ F(z) &= 2 \cdot 106 \cdot \exp(-18.427 \cdot FL) \text{ per } 1.2 > FL \geq 0.95 \\ F(z) &= 1 - FL \text{ per } FL \leq 0.95 \end{aligned}$$

Se il fattore $FL > 1,0$ la liquefazione è da escludere e, comunque, fino ad $FL \leq 1.2$ può determinare un incremento della pressione dei pori limitato con effetti minori e maggiormente circoscritti e localizzati; se è $FL < 1,0$ è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione, ma in ogni caso vanno verificati anche i cedimenti post-sismici sia in sabbie sature che fuori falda, nonché in argille particolarmente compressibili potenzialmente soggette a fenomeni degradazione ciclica.

7.2 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 caso specifico le penetrometrie eseguite (vedi allegato n. 4) permettono di valutare la stratigrafia fino ad una profondità di 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 corpo sedimentario sabbioso costiero (rappresentato sostanzialmente dai litotipi “S”, “AL” e “H”, di origine litorale e alluvionale, presenta uno spessore di 6 – 7 mt ed i terreni relativi rientrano nel fuso granulometrico dei sedimenti incoerenti potenzialmente suscettibili al fenomeno della “liquefazione”.
- I litotipi “C” e “L”, a consistente contenuto limo – argilloso, risultano ricadere per la maggior parte al di fuori dei fusi granulometrici dei sedimenti potenzialmente suscettibili al fenomeno della “liquefazione” secondo quanto indicato nel capitolo A1 dell'allegato A3 (riferimento fig. 1 del DGR 2193/2015) e secondo quanto ipotizzato da vari autori (Seed - Idris 1967, Kishide 1970, Tsuchida, 1970).

Pertanto il possibile manifestarsi del fenomeno impone la esecuzione di verifiche di calcolo almeno fino alla profondità di 10.0 mt ove sono presenti terreni potenzialmente liquefacibili. Verifiche semplificate sono state condotte in condizioni di free - field (campo libero) e delle caratteristiche costitutive naturali dei terreni in sito, utilizzando metodologie/formulazioni di tipo storico – empirico basate su prove CPT. Il metodo CPT adottato fa riferimento alla formulazione di “Robertson” 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 CPTE/U che CPT meccanica.

I calcoli sono stati effettuati con l'utilizzo delle prove penetrometriche sulle verticali indagate: le CPTE discretizzando la stratigrafia secondo strati di 10 cm (mediando su letture in avanzamento pari 1 cm). Ciò avvalendosi di formule semplificate (metodologia di Robertson e Wride aggiornata al 2009) rapportabili a parametri probabilistici. Dall'elaborazione delle prove CPTE/U 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 sono le seguenti:

Accelerazione massima al suolo a max = 0.33g (vedi paragrafo 6.4.)

Magnitudo momento da zonazione ZS9 Mw = 6.14

Altezza falda dal piano di campagna Hw = -1.0 mt (vedi paragrafo 3.3)
--

Piano di riferimento nel calcolo = 0.0 mt da p.c.
--

La DGR 630/2019 prevede che per ogni verticale deve anche essere valutato l'indice del potenziale di liquefazione IPL. Pertanto come indicatore di rischio complessivo oltre al valore di F_s 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.

Per una stima del rischio complessivo sull'intera colonna stratigrafica, in termini probabilistici, il PL (Papathanassiou et Al. 2008-2010) ed LSN (Liquefaction Severity Number - H. Cowan e Tonkin&Taylor Limited 2012/2013) evidenziano rispettivamente le probabilità di accadimento ed entità dei fenomeni attesi in conseguenza dell'innescio di fenomeni di liquefazione.

Tali indicatori riportati in allegato n. 6 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. 6) 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

Diversamente il valore di LSN viene ricavato tramite l'integrazione, su tutta la colonna stratigrafica, del coefficiente "ev" - "vertical reconsolidation strain" - calcolato con il metodo di Zhang et Al., 2002 ed attraverso cui vengono definiti i seguenti scenari di riferimento:

LSN Range	Predominant performance
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 sand boils and some structural damage
30 - 40	Moderate to severe expression of liquefaction, settlement can cause structural damage
40 - 50	Major expression of liquefaction, undulations and damage to ground surface, severe total and differential settlement of structures
>50	Severe damage, extensive evidence of liquefaction at surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services.

$$LSN = 1000 \int \frac{\epsilon_v}{z} dz$$

Gli scenari di danno stimabili con il parametro LSN risultano significativamente condizionati dal rapporto tra strati liquefacibili/non liquefacibili e la relativa deformabilità.

Viene altresì proposta una stima indicativa della resistenza residua offerta dai terreni (vedi ultime due colonne "Su/σ'vc" residual strenght" e "Sr/σ'vc remoulded undrained shear stress" nella tabella in allegato n. 6) 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. 6 viene altresì riportata una stima di massima dei cedimenti permanenti post-sismici attesi ΔH nei terreni granulari saturi liquefacibili, cumulativa sia per terreni incoerenti che coesivi.

7.3 Risultati delle verifiche di calcolo

Nel caso specifico le verticali di indagine utilizzate sono in grado di fornire un adeguata copertura areale di calcolo. 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 dei terreni (riferito al piano campagna attuale) riscontrato vari arealmente in maniera limitata.

Gli indicatori di riferimento considerati presentano i seguenti valori limite in relazione allo scenario di scuotimento considerato:

VERIFICHE DI LIQUEFACIBILITA' CON IPOTESI DI AZIONE SISMICA a_{max} s = 0,33g e Mw = 6,14	
CPTU/U via Angeloni	IPL = 14.73 - LSN = 36 - Stot = 30.70 cm
CPTU/U viale Dannunzio	IPL = 16.53 - LSN = 64.1 - Stot = 60.50 cm

Vi sono orizzonti sabbioso/limosi evidenziano FL<<1.0 con una suscettibilità di liquefazione superiore al 70%-80% (Juang et Al., 2001-2011) ciò avviene soprattutto in corrispondenza dei litotipi "AL" e, in minor misura nel litotipo "H", caratterizzati da sabbie limose e limi sabbiosi a minor addensamento in rapporto all'azione sismica considerata e a medio/basso contenuto in fine (FC fine content) che può essere ritenuto come quello maggiormente soggetto a liquefazione.

Nella CPTU/E anche la parte del litotipo "C" a maggiore compressibilità, maggiormente soggetti a degradazione ciclica, presenta una compressibilità tale da giustificare coefficienti di sicurezza inferiori all'unità e dei valori di IPL complessivi superiori all'altra prova.

I valori di IPL (Sonmez, 2003 - Facciorusso, 2008 - Juang, 2011) indicano un potenziale di liquefazione "alto" / "molto alto".

8 EDIFICABILITA' DELL'AREA E PROBLEMATICHE EDIFICATIVE

La proposta di Accordo Operativo interessa un settore di territorio comunale posto a circa 100 ml di distanza dall'attuale linea di costa ed in vicinanza al margine nord occidentale del territorio comunale di Riccione. Tale POA si inserisce all'interno di un ambito già parzialmente urbanizzato ed edificato.

Da quanto emerso dal rilevamento geologico e geomorfologico generale e dalla campagna geognostica condotta si ritiene non sussistano problemi di edificabilità nell'area, già da tempo urbanizzata ed edificata. Per lo smaltimento delle acque di pioggia all'interno dell'area edificata andrà creata una idonea rete fognaria in grado di integrarsi con quella urbana già esistente.

La proposta prevede la valorizzazione della struttura turistico - ricettiva esistente con ristrutturazione del fabbricato principale esistente. In particolare si prevede la realizzazione di una serie di parcheggi pubblici, di un nuovo fabbricato a destinazione residenziale nella fascia di terreno retrostante al complesso alberghiero, la demolizione e la ricostruzione con spostamento della dependance esistente. Infine oggetto d'intervento sarà pure l'area di proprietà a mare di viale Dannunzio ("water front") con la realizzazione di una piazza centrale polivalente servita da un bar-ristorantino e relativa area giochi per i bambini.

I terreni sabbiosi (litotipo S) e le alternanze limo-sabbiose e limo-argillose (litotipo AL) presenti nell'area (piana costiera) si presenterebbero, in condizioni statiche, generalmente come sufficienti / discreti terreni di fondazione per fabbricati ordinari; tuttavia la significativa saturazione di tali depositi, il grado di permeabilità ed il loro comportamento in condizioni dinamiche ha determinato la necessità di effettuare le opportune verifiche ai fini del potenziale di liquefazione di tali terreni.

L'analisi di microzonazione sismica di III° livello di approfondimento per la verifica del potenziale di liquefacibilità ai sensi della DGR n. 630 del 29/04/2019, è stata condotta sulla base di azioni sismiche definite avvalendosi dello Studio di Microzonazione Sismica effettuato dal Dott. Copioli Carlo nel giugno 2014 per conto dell'Amministrazione Comunale di Riccione. In particolare la Carta di Microzonazione Sismica del Secondo Livello delle FA P.G.A. riporta i valori dei Fattori di Amplificazione ricavati dalle tabelle allegate al DGR stesso.

In riferimento a tali risultanze per i fabbricati previsti con diversi piani in elevazione dovranno essere adottate fondazioni funzionali ai valori di IPL rinvenuti in sito. **In particolare tali valori (Sonmez, 2003 - Facciorusso, 2008 - Juang, 2011) indicano un potenziale di liquefazione "alto"/"molto alto".**

In base all'importanza e/o all'esposizione al rischio delle opere da realizzare, occorrerà valutare l'approccio più opportuno tra: 1) interventi preliminari di miglioramento, di consolidamento e/o di drenaggio dei terreni di fondazione nel volume di interesse; 2) utilizzo di fondazioni profonde su pali adeguatamente dimensionati alle azioni di taglio ed alla riduzione di adesione laterale negli orizzonti denominati Lit. V-S-AL; in quest'ultimo caso andranno tenuti in debito conto possibili effetti di attrito negativo/trascinamento a seguito del riaddensamento dei terreni potenzialmente liquefacibili e/o coesivi soggetti a degradazione ciclica.

Per manufatti precari e per quelli permanenti di modeste dimensioni nonché ritenuti di scarsa rilevanza strutturale, quali quelli previsti nella fascia litorale a mare di viale D'annunzio, si ritiene ammissibile intervenire tramite fondazioni dirette a platea, continue e anche discontinue (a plinto). Tuttavia questa scelta al pari dell'incastro nel terreno e del corretto dimensionamento delle opere fondali saranno determinati in sede di progettazione esecutiva tenendo conto, oltre che della tipologia dell'opera, anche dei cedimenti potenziali. In ogni caso una idonea valutazione circa le metodologie di intervento più appropriate a garantire un grado di sicurezza adeguato per il sistema opera/terreno dovrà essere condotta dal progettista strutturale incaricato in fase esecutiva in funzione dell'esposizione al rischio dell'opera e del tempo di vita nominale.

Inoltre le valutazioni andranno approfondite puntualmente in relazione alle quote dei piani di posa, ai carichi insistenti nonché alle modalità realizzative delle opere in progetto e delle prestazioni attese dalle stesse e, pertanto, anche in base a quanto espresso al paragrafo 7.11.3.4.3 delle NTC DM 17-01-2018 *“L’adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista”*.

Anche la scelta delle tipologie fondazionali e dei piani di posa delle fondazioni, nonché degli approcci metodologici corretti per gli sbancamenti, le opere di drenaggio e di contenimento, saranno effettuati in sede di progettazione esecutiva, tenendo conto di quanto sopra riportato ed in base sia alle problematiche di dettaglio che si presenteranno nel sito di intervento, nonché alle caratteristiche tecniche delle opere da realizzare e della presenza di edifici o altri manufatti sensibili nelle adiacenze.

Per situazioni in cui occorrerà realizzare scavi sarà necessario quantificare in sede di progettazione geotecnica le spinte del terreno per il corretto dimensionamento di eventuali opere di sostegno provvisorie e/o dei muri perimetrali di cantina. Le fondazioni dovranno in ogni caso essere opportunamente dimensionate e rese “scatolari” in modo da resistere alle sotto spinte idrostatiche della falda freatica in funzione del massimo innalzamento prevedibile.

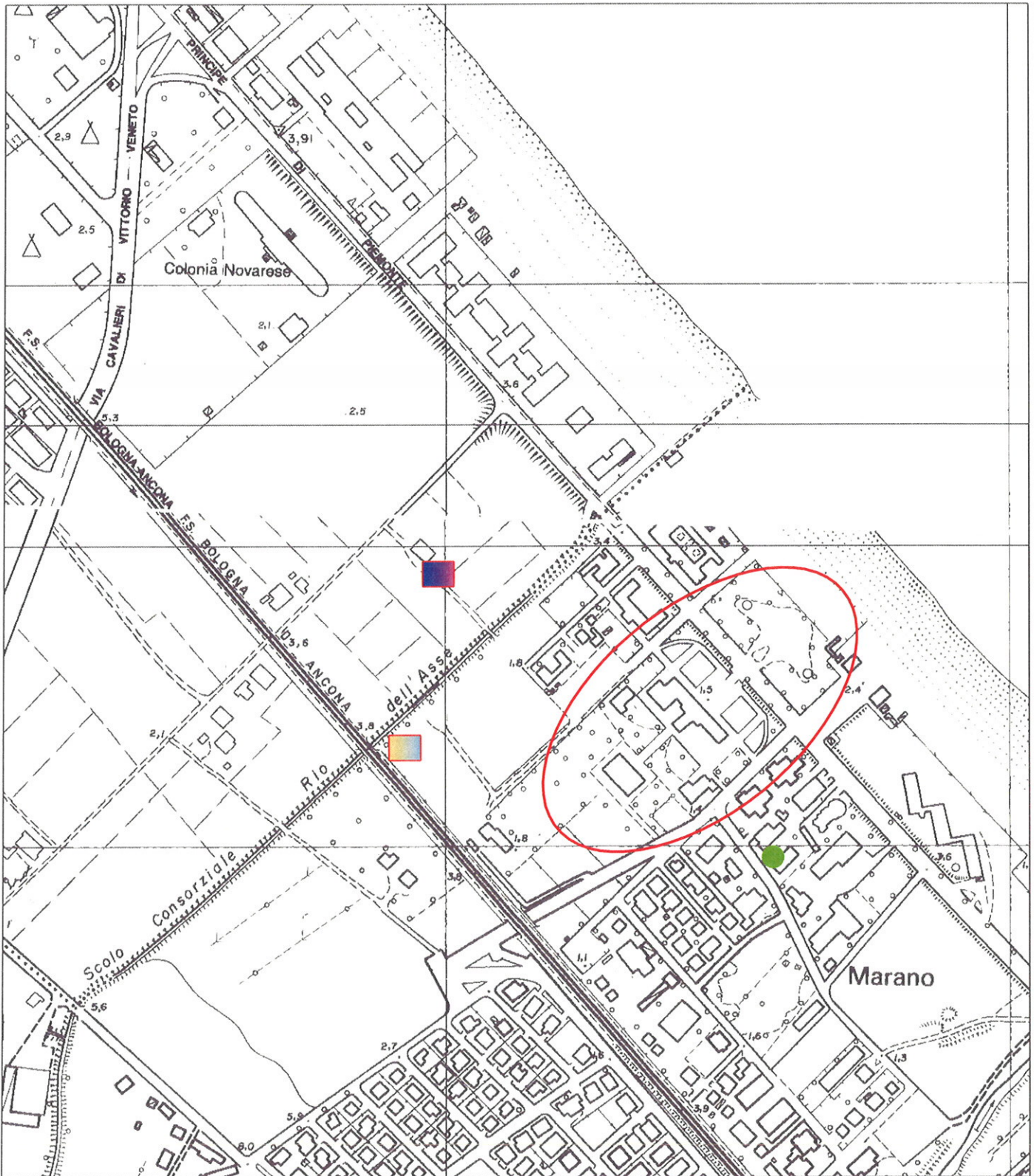
Le opere di scavo facilmente andranno ad interferire con la falda che in zona è prossima alla superficie. La presenza di acqua in scavo necessiterà di predisporre drenaggi (es: well point o pompe in funzione della portata di afflusso) per provvedere all’aggottamento. Data la presenza occasionale della falda anche nei pressi della superficie, si consiglia di predisporre un idoneo sistema di impermeabilizzazione degli scantinati.

L’opportunità di dover ricorrere ad opere provvisorie di sostegno delle pareti di scavo andrà valutata dai progettisti in funzione delle profondità e dei tempi prevedibili con scavo aperto, con particolare attenzione nelle situazioni più critiche dove lo scavo verrà effettuato vicino ad altri fabbricati o a strade.

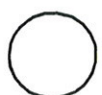
Riccione, settembre 2019

ALLEGATI

C O R O G R A F I A



C.T.R. SCALA 1: 5.000 FOGLIO 256 RIMINI - ELEMENTO 161 MIRAMARE 162 RICCIONE MARINA



Area di studio



Profilo stratigrafico di riferimento P432a



Profilo stratigrafico di riferimento P502



Ubicazione penetrometria statica CPT N.1 di correlazione

Committente
Cantiere
Localita'
Data

Dr. AMADEI
Miramare
Miramare
Mar. 94

Rif. 94050
Quota p.c.

P432A



GEOEMME 2
SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI
VIA CECCARELLI 29/A
47037 RIMINI - TEL.0541/775215

SOND. N. 1 PROD.

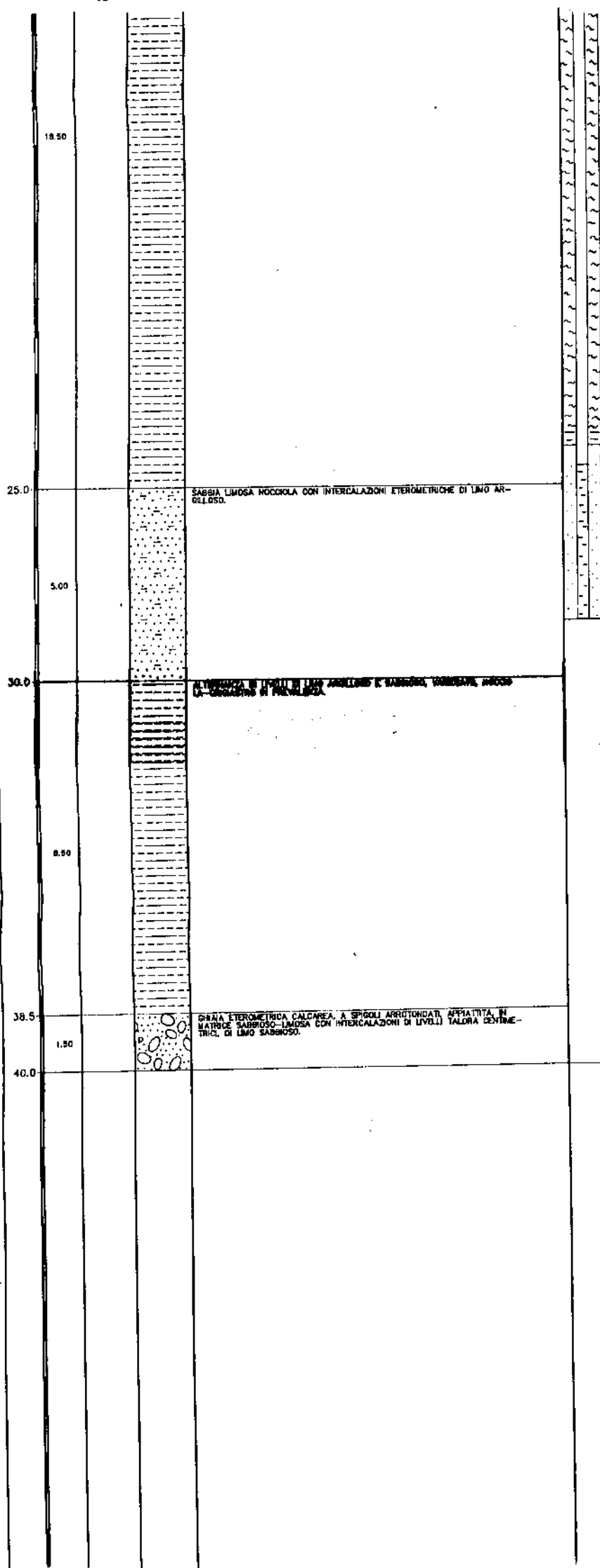
sistema di perforazione: ROTAZIONE diametro 101 mm
rivestimento: Diametro 127 mm

PROF. DAL P. C.	SPESORE STRATI	DESCRIZIONI	CANNA PIEZOMETRICA
6.50	6.50	SABBIA FINE NOCCIOLA, TALORA DEBOLMENTE LIMOSA.	
6.50		ALTERNANZA DI LIMO ARGILLOSO E SABBIOSO, VARIETATO, GRIGIO-NOCCIOLA IN PREVALENZA.	
18.50			
25.0	5.00	SABBIA LIMOSA NOCCIOLA CON INTERCALAZIONI ETEROMETRICHE DI LIMO ARGILLOSO.	
30.0			
30.0	0.50		

ALLEGATO N. 2

UBICAZIONE 432 → 435







STUDIO T.I.

SOCIETA' DI ENGINEERING
STUDI E RICERCHE
PROGETTI
DIREZIONI LAVORI
CONSULENZE

Committente: **TRAM - RIMINI**

256160

Localita': (Ferrovia RN)

Denominazione pozzo: Sondaggio S4

P502

Quota s.l.m.:

Data: DIC. '95

Rep.: 95 - 00018

STUDIO T.I. s.c.a r.l. Viale Pascoli 174 47037 Rimini Tel. 0541-384000 Fax 0541-382292

Falda do p.c.	Profondita' mt	Colonna stratigr.	P.C.	Descrizione	Camp.	SPT	Pocket (PP Kg/m ²)	Vane (VT Kg/m ²)
			0.50	Terreno di riporto con ghiaia				
1.80	1			Limo sabbioso	M.R. N.C.			
	2							
	3			Sabbia grigio marrone	M.R. N.C.		2.5	1.4
	4		4.00					
	5		5.70	Livello ghiaioso (ghiaia fine)	φ MAX = 4cm			
	6		6.00					
	7			Argilla grigio nocciola	AL ₁		1.2	0.5
	8		8.60					
	9		9.50	Argilla limosa marrone grigia	2 sott. a due		1.8	1.2
	10		10.00	Argille grigia con liv. ocre	Sott. al TOP per		0.7	0.3
	11		10.60	Limo argilloso marrone grigio	macrose		0.9	0.4
	12			Sabbia limosa nocciola			1.9	1
	13		12.70					
	14			Sabbia marrone grigia con ghiaia fine	SF con sabbie di SM, SG e poco ghiaietto		1.7	0.8
	15		15.30					
	16			Sabbia limosa grigio piombo	SF alterate e SL		1.8	0.7
	17		17.50					
	18		18.00	Argilla limosa			1.2	0.5
	19		19.20	Sabbia limosa con calcinelli			2.3	1.1
	20		20.00	Limo argilloso con calcinelli			1.5	0.8
	21						2.5	1.3
	22							
	23							

SCALA 1:100

Committente Dr. VANNONI
Lavoro Via Gozzano
Localita' RICCIONE - FO -
Attrezzo Gouda 20 t.

Rif. 92124
Data GIU. 92

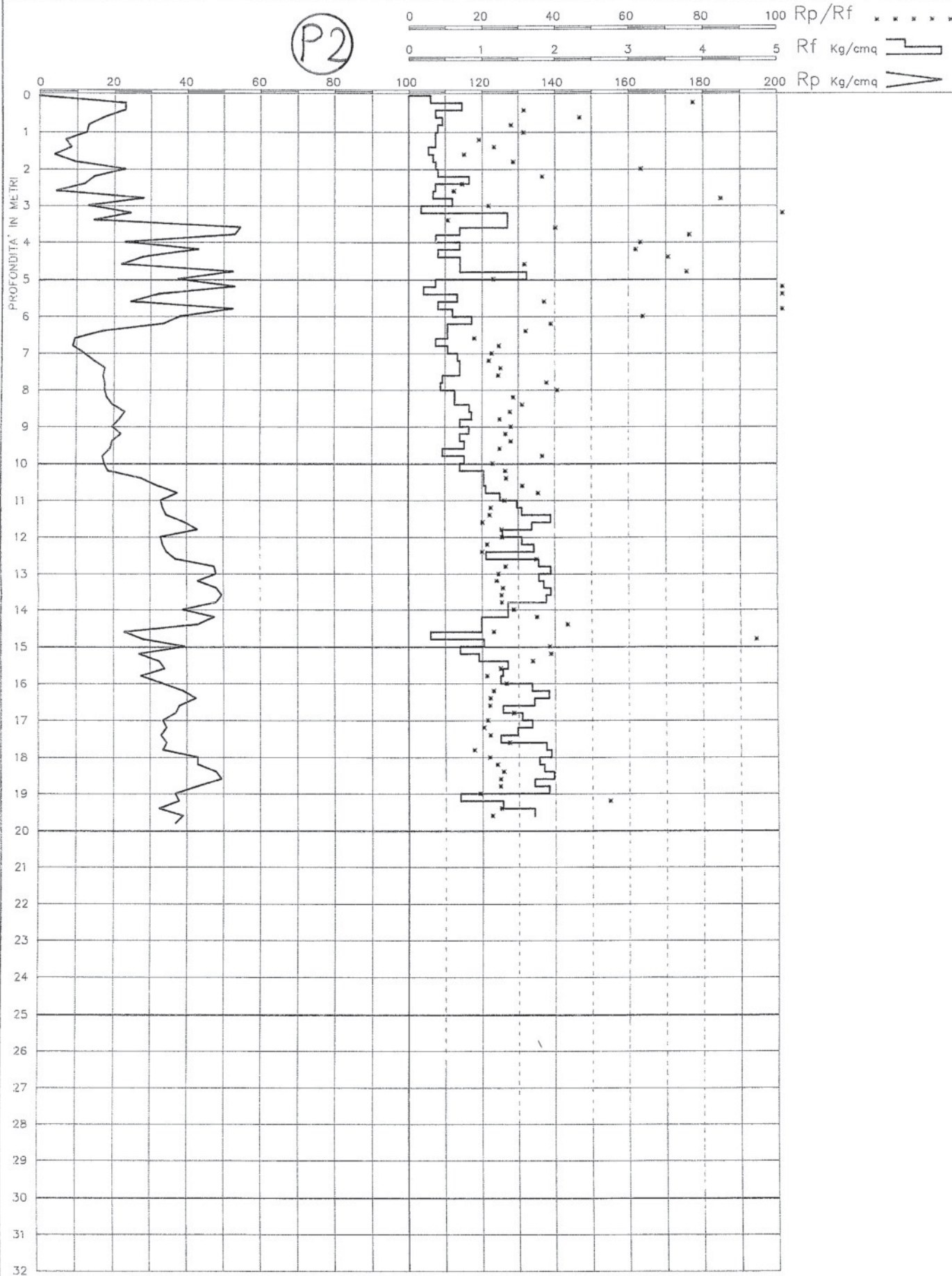


GEOEMME 2
SERVIZI GEOLOGICI E GEOTECNICI
VIA CECCARELLI 29/A
47037 RIMINI - TEL.0541/775215

PROVA STATICA N. 1

QUOTA : p.c.

LIV. ACQUA : /





GEOPROGET

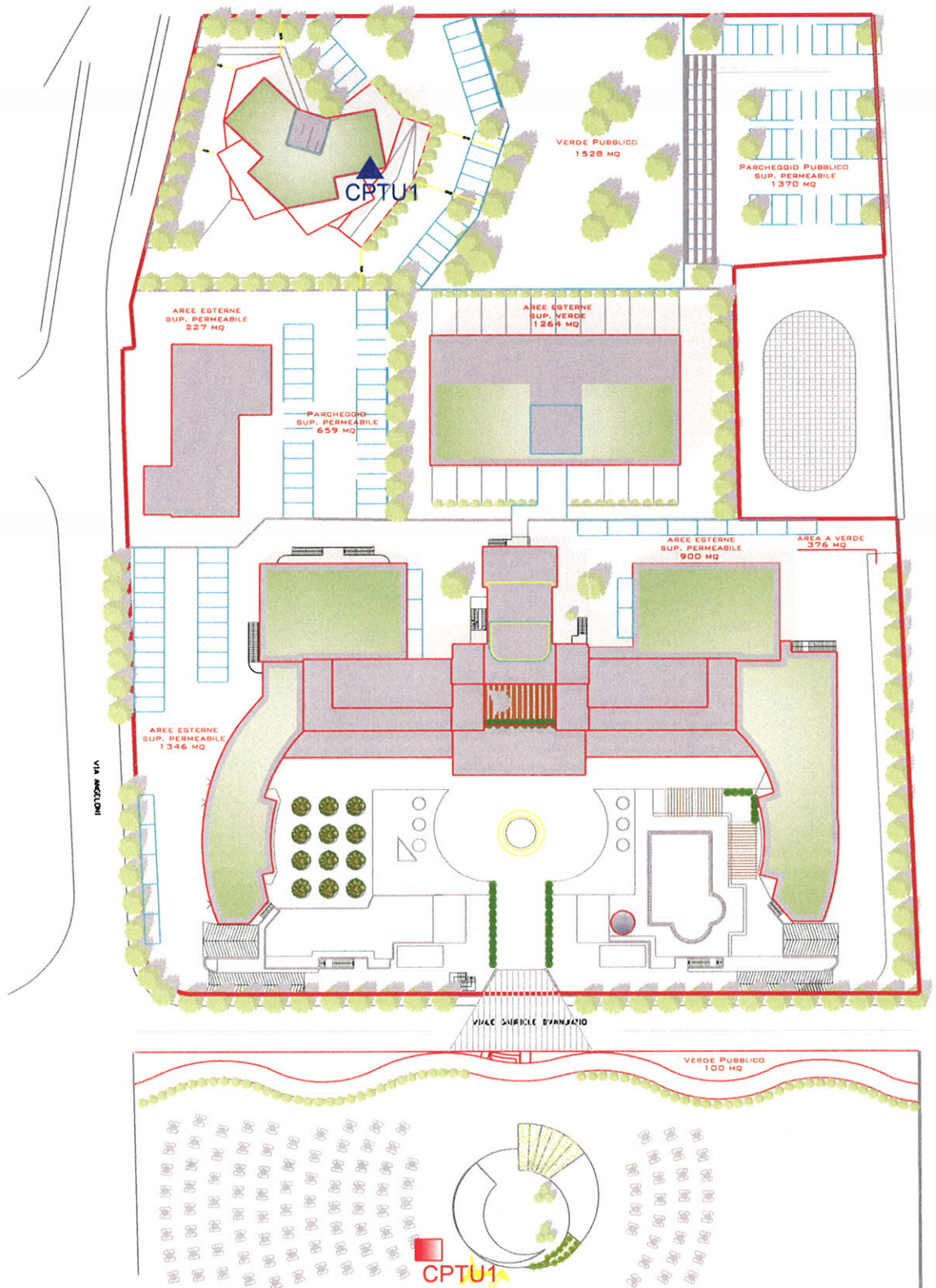
Studio di Geologia
via Ceccarini, 171 - Riccione 47036
tel. 0541/606464

Allegato n.3

UBICAZIONE PROVE IN SITO

SCALA 1 : 1.000

rif. 2390



LEGENDA

CPTU1 ▲ PROVA PENETROMETRICA CPTU/U1 via Angeloni

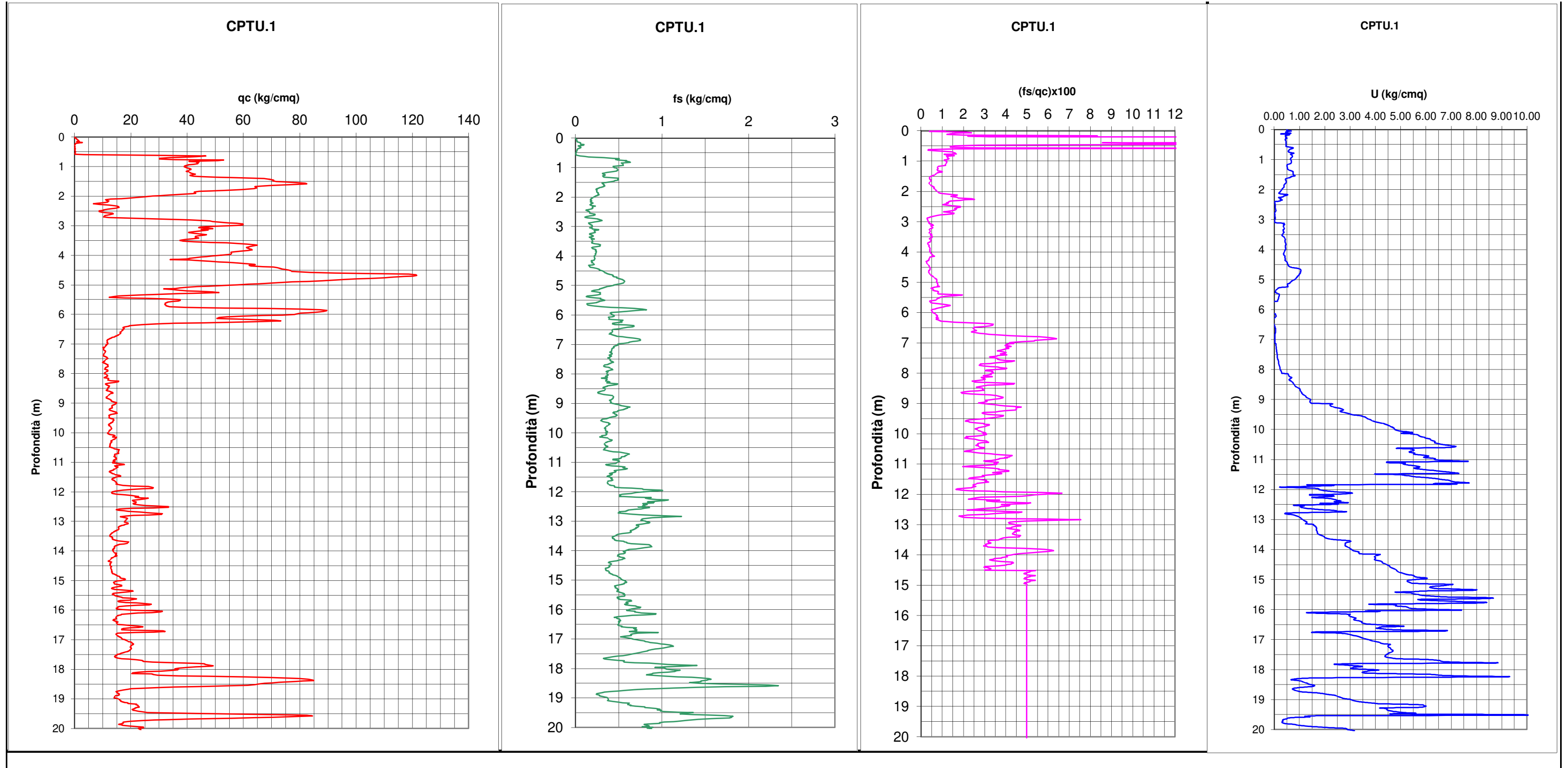
CPTU1 ■ PROVA PENETROMETRICA CPTU/U1 via Dannunzio

CPTU_1

.Committente:GEOPROGET
Località: via Angeloni Riccione
Data: 27/08/2019

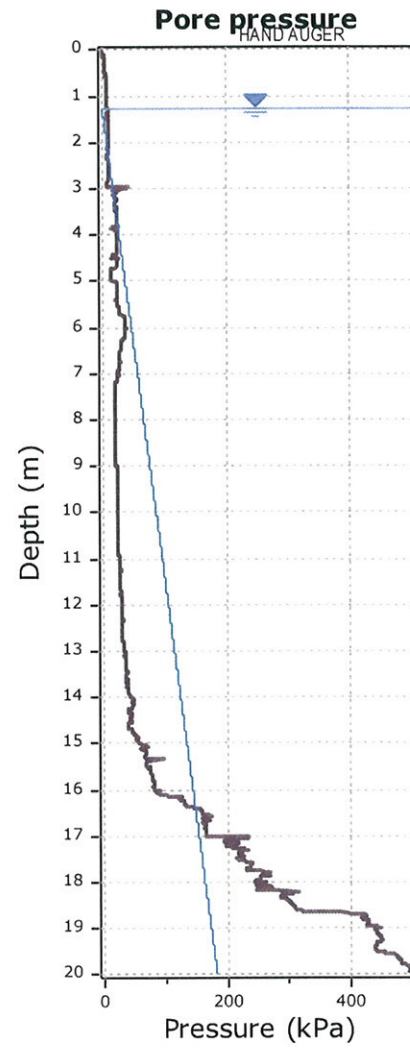
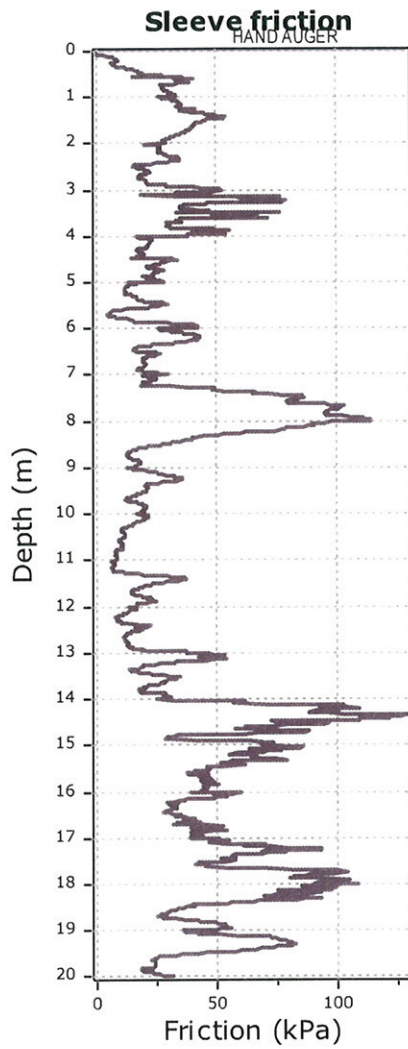
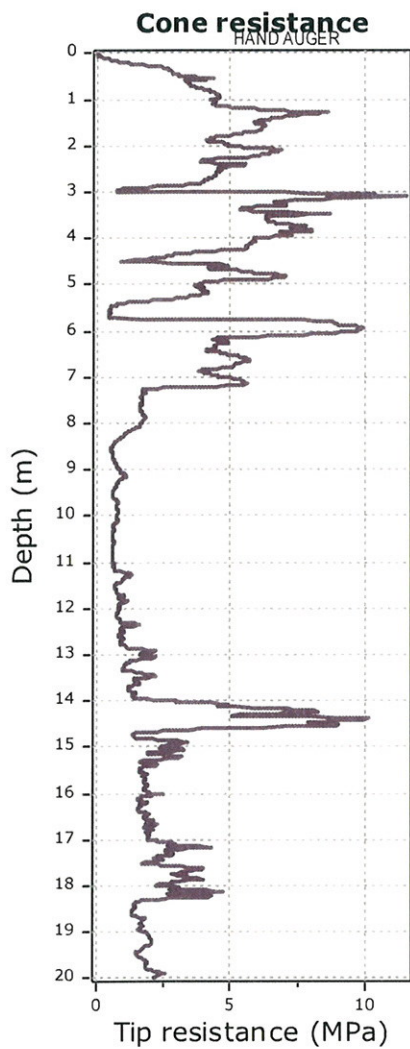
Profondità della falda: -2.2 m

Cantiere: N 44°1' 18.56", Eq 12°37'53.07"
Quota: ___ mslm



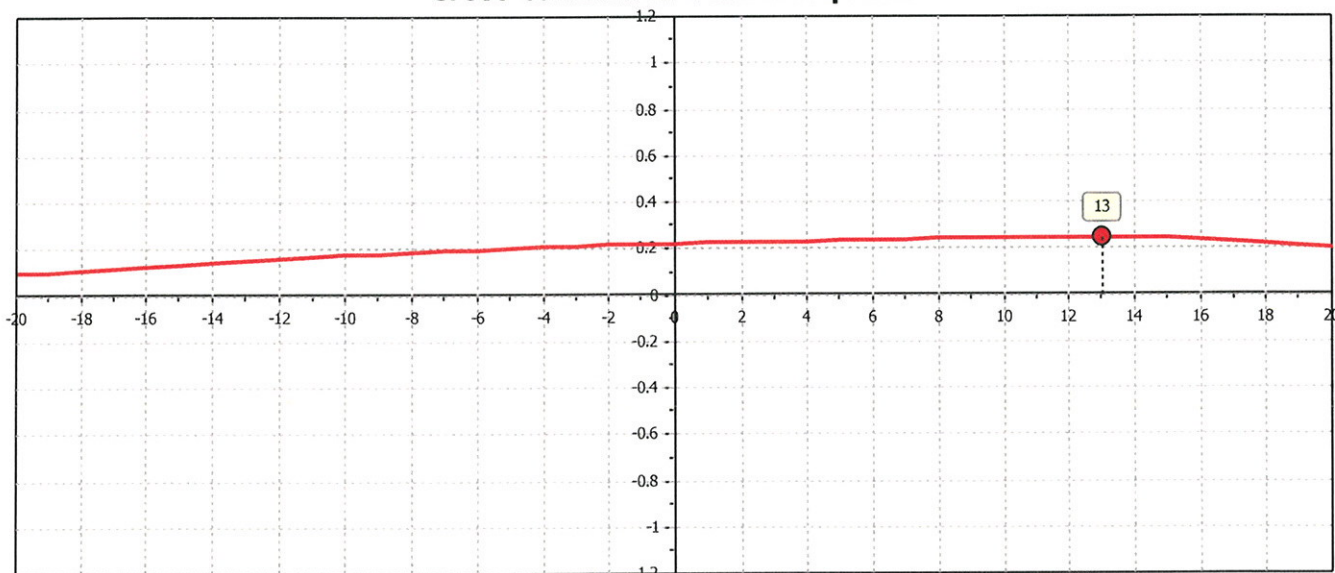
ALLEGATO N. 4

Project:
Location:



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s 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 q_c & f_s



CPT: CPTU1

Total depth: 19.98 m, Date: 05/07/2019
 Surface Elevation: 0.00 m

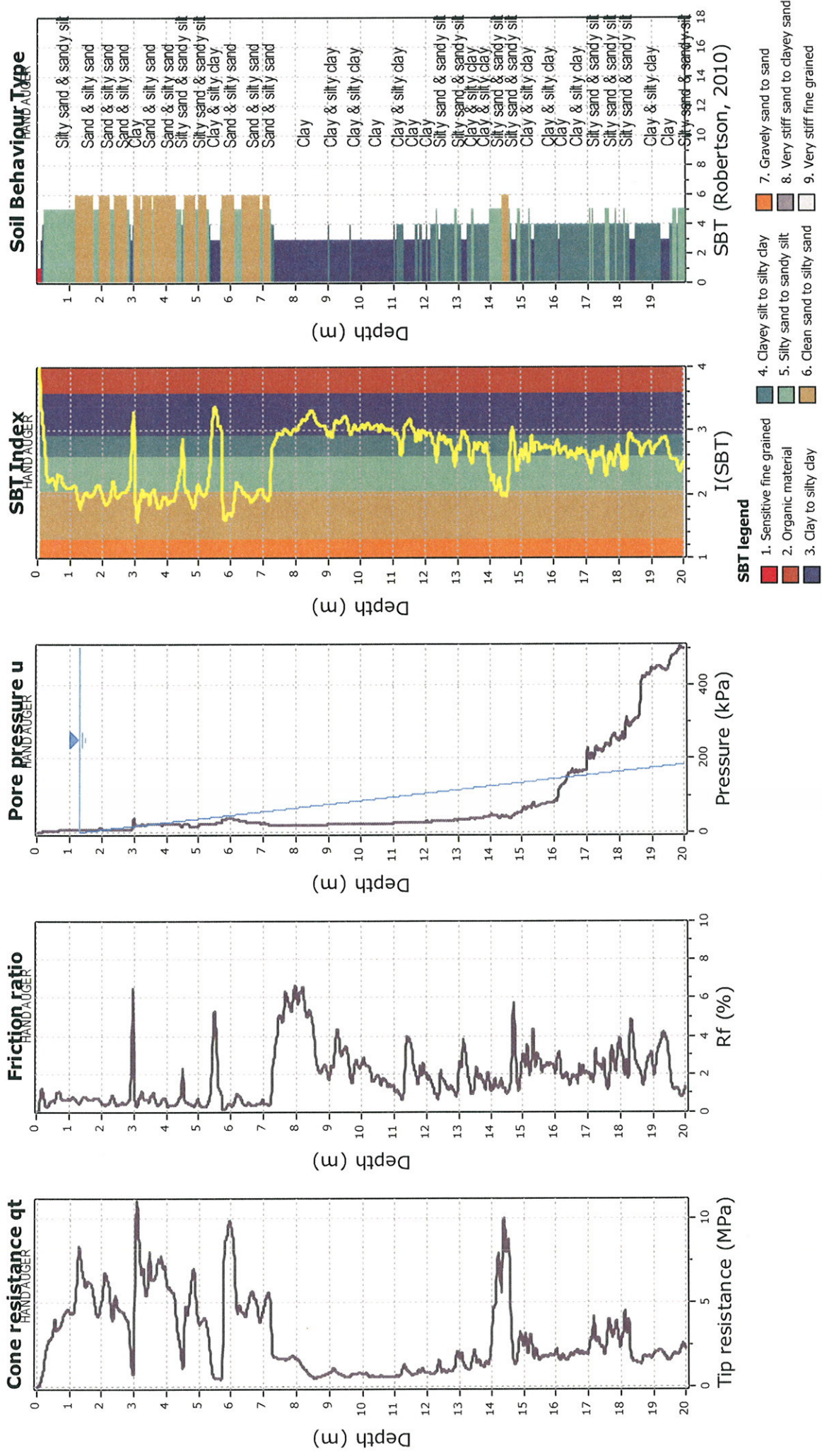
Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Unknown

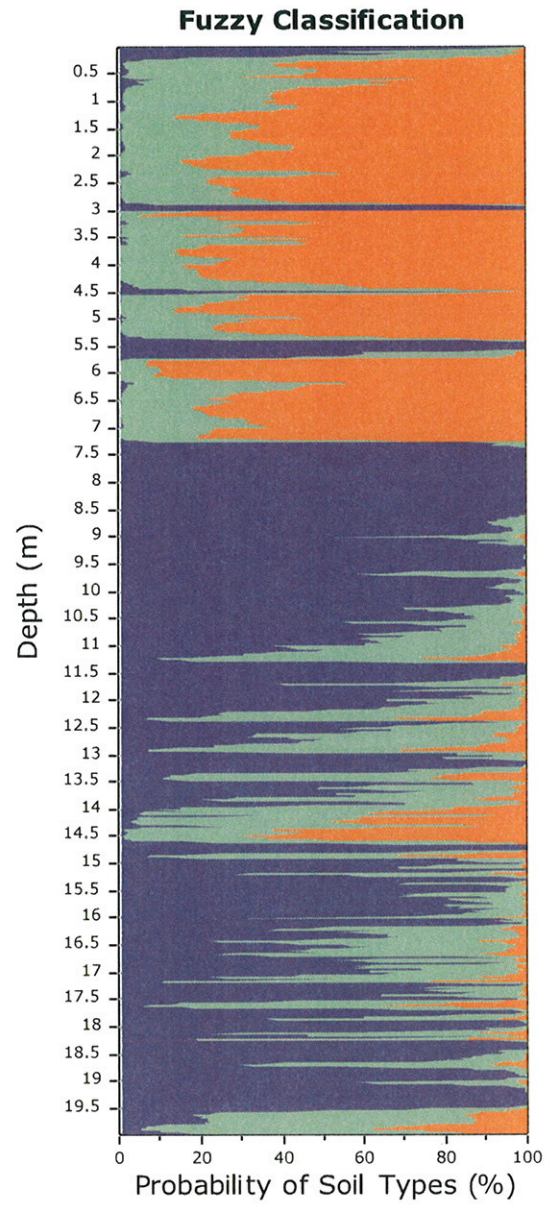
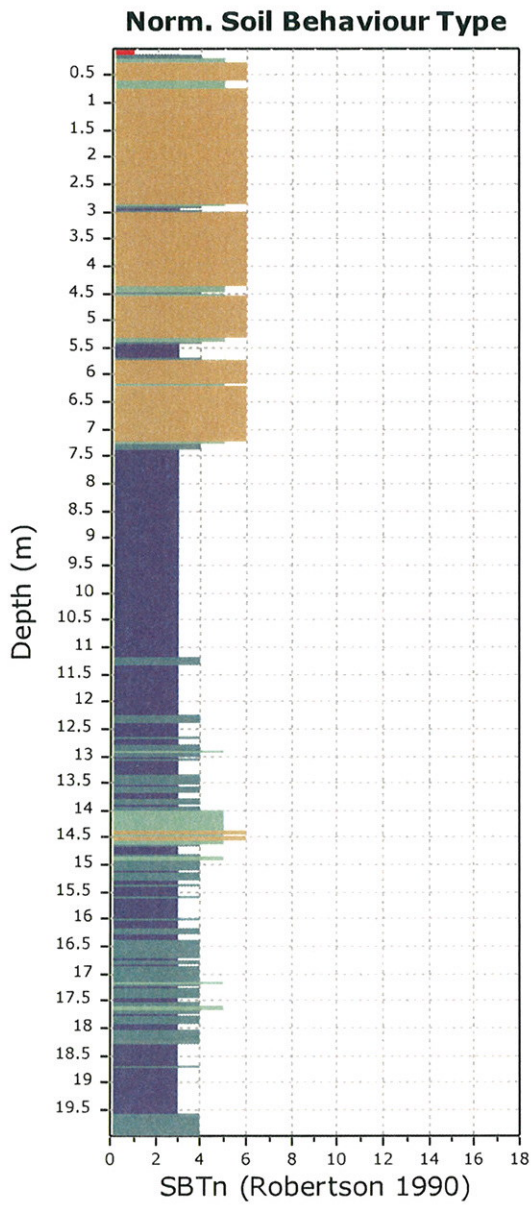
Cone Operator: Unknown

Project:

Location:



Project:
Location:



Allegato n. 5

DATI PLUVIOMETRICI

Dati di pioggia del
Servizio Idrografico

-Stazione di Rimini-

Anno	Durata						
	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	40 min	45 min
1934							
1935							
1936			10,2				
1937		13,8			16,5		
1938		11,0					
1939			16,6			23,6	
1940	12,0						
1941					20,0		
1942					23,0		
1943					15,0		
1944							
1945							
1946					20,0		
1947							
1948					26,0		
1949					34,8		
1950					32,4		
1951				14,0	19,6		
1952			17,4	14,2			52,2
1953	10,0		16,0				
1954							
1955			12,0				32,0
1956							
1957		14,2	21,4				
1958							
1959			20,6				
1960			11,0		28,0		
1961		11,4	14,0		63,0		
1962			20,4				
1963			15,2	16,6		25,0	
1964		10,2	20,4		18,0		
1965		17,4					
1966		12,0	11,6				
1967		12,8	14,0				
1968			19,0				26,0
1969				12,8			
1970							
1971							
1972							48,2
1973					20,2		
1974	13,5						
1975		12,4				26,4	
1976					38,0		
1977					13,0		
1978					45,0		
1979					16,8		
1980			12,0				

1981				24,8	
1982		15,0			
1983				11,0	
1984				16,4	
1985				16,0	
1986					25,8
1987				13,0	
1988				12,0	
1989				29,0	
1990		7.2		9.6	
1991		9.8		15.0	
1992		12.8		15.2	
1993		9.2		10.4	
1994		8.6		11.6	
1995		8.8		14.2	
1996		12.2		15.0	
1997		10.4		20.2	
1998		10.6			

dati di pioggia forniti dal Servizio Idrografico per la stazione di Rimini

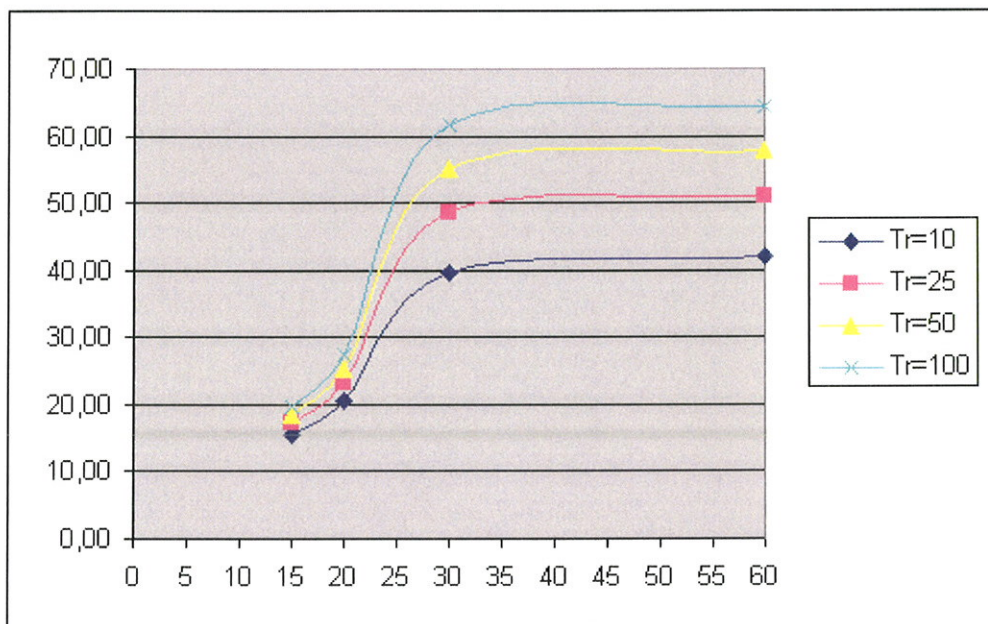
Analisi statistica dei dati di pioggia eseguita tramite il metodo di Gumbel (precipitazioni di durata inferiore a 1 ora).

Equazione curva delle precipitazioni: $H = a * t^n$

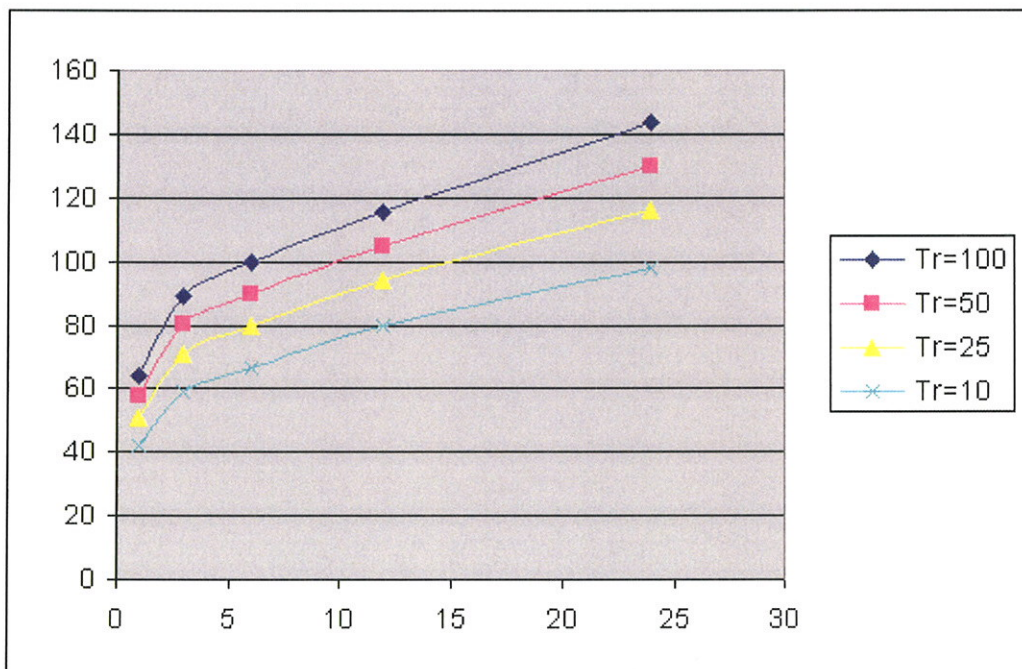
H = altezza precipitazione (in mm)

t = tempo durata precipitazione (in ore)

	15	20	30	60
	15 min	20 min	30 min	60 min
Tr=100	19,54	27,29	61,74	64,22514
Tr=50	18,37	25,28	55,15	57,63954
Tr=25	17,19	23,25	48,52	51,00496
Tr=10	15,60	20,52	39,59	42,06174



	<i>ORE</i>				
	1	3	6	12	24
Tr=100	64,23	89,25	99,48	115,72	143,44
Tr=50	57,64	80,22	89,76	105,00	129,96
Tr=25	51,00	71,13	79,95	94,21	116,37
Tr=10	42,06	58,87	66,74	79,66	98,06



CPT-based liquefaction triggering analysis for a single sounding

Enviroments - SC Hill=H Plain=P Coast=C

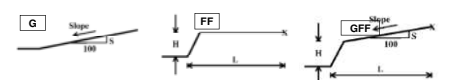
Computed constants: Rd = Blake ("B" 2007 - "Cetin" 2004 - "NCEER" - "Blake")

Table with 2 columns: Probabilità e potenziale di liquefazione, Probabilità e suscettibilità di liquefazione. Includes parameters like Probabilità, Pot di Liq, IPL, etc.

Table with 2 columns: PL Overall Probability, Risk lev. Includes parameters like Risk lev., IPL, PL.

ALLEGATO N. 6 Robertson & Wride, agg. 2009

PROVA "CPTU 1 via Angeloni"



Potential flow failure if (N1)60 <= 10 and (qc)Nos >= 20 and (qc)Nnos >= 45

Table with 2 columns: Input parameter, Soil Classification. Includes parameters like Peak ground accel (g), Earthquake magnitude (M), etc.

Table with 2 columns: Soil Classification, Zone No. Includes parameters like Clay, Silty Clay, etc.

Table with 2 columns: Probabilità e potenziale di liquefazione, Probabilità e suscettibilità di liquefazione. Includes parameters like Probabilità, Pot di Liq, IPL, etc.

Table with 2 columns: PL Overall Probability, Risk lev. Includes parameters like Risk lev., IPL, PL.

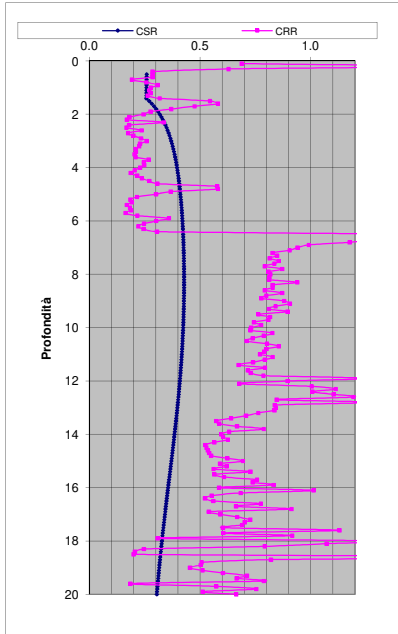
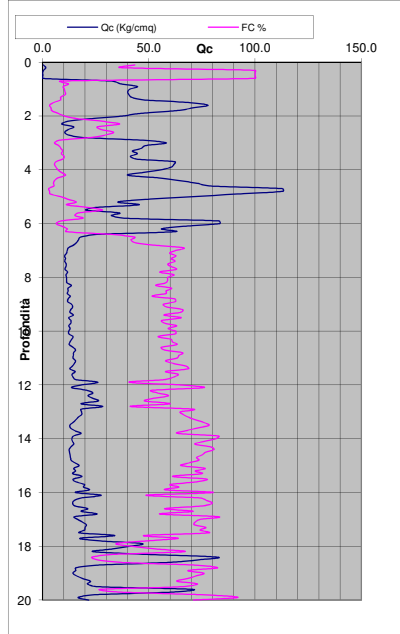
Table with 2 columns: Displacements Parameters, Parameters. Includes parameters like Displacements Parameters, Parameters.

Calcolo in condizioni di "free field" LDI = 4.499 Stot = 0.307 (mt) IPL = 14.73 PL = 52.96 LD = 0.00 (mt) PG = 1.00 SLiq = 5.1 (mt) LSN = 36.0

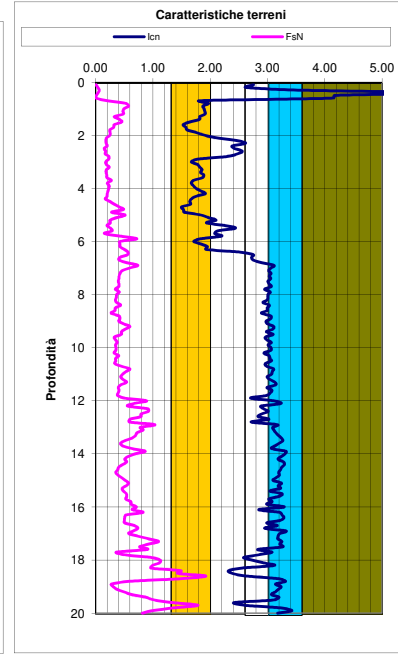
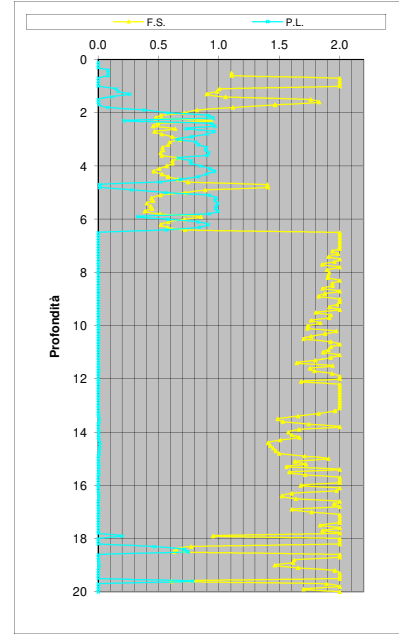
Main data table with columns: Depth (m), qc(N1)60, FSH, etc. Contains detailed soil profile data and test results for each depth interval.

10.2	14.3	0.32	202	111.75	10.8	10.76	2.62	2.94	2.94	5.40	1.00	n.a.	L	Clay	54.4	2.00	1.00	10.77	n.a.	n.a.	0.90	0.419	0.98	n.a.	1.00	0.495	0.826	1.97	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.487	0.000	0.0	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	n.a.	n.a.	0.00	0.54	2.47	0.0	0.00	0.45	0.00
10.3	13.7	0.40	204	112.77	10.1	10.12	3.46	3.03	3.03	5.39	1.00	n.a.	L	Clay	60.4	2.00	1.00	10.13	n.a.	n.a.	0.90	0.418	0.97	n.a.	1.00	0.471	0.787	1.86	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.317	0.000	0.0	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	n.a.	n.a.	0.00	0.52	2.38	0.0	0.00	0.44	0.00
10.4	12.9	0.25	206	113.79	9.3	9.32	3.21	3.04	3.04	5.00	1.00	n.a.	L	Clay	61.1	2.00	1.00	9.33	n.a.	n.a.	0.90	0.418	0.97	n.a.	1.00	0.441	0.737	1.70	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.084	0.001	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.50	2.27	0.0	0.00	0.42	0.00
10.5	12.5	0.35	208	114.81	8.9	8.89	3.37	3.07	3.07	4.86	1.00	n.a.	L	Clay	63.2	2.00	1.00	8.90	n.a.	n.a.	0.89	0.417	0.97	n.a.	1.00	0.425	0.709	1.76	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0001	0.000	2.954	0.002	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.49	2.20	0.0	0.00	0.41	0.00
10.6	14.4	0.34	210	115.82	10.4	10.36	2.73	2.96	2.96	5.28	1.00	n.a.	L	Clay	55.9	2.00	1.00	10.37	n.a.	n.a.	0.89	0.416	0.97	n.a.	1.00	0.480	0.801	1.92	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.402	0.000	0.0	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	n.a.	n.a.	0.00	0.53	2.42	0.0	0.00	0.45	0.00
10.7	15.6	0.45	212	116.84	11.2	11.24	3.35	2.98	2.98	5.81	1.00	n.a.	L	Clay	57.4	2.00	1.00	10.37	n.a.	n.a.	0.89	0.416	0.96	n.a.	1.00	0.513	0.855	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.000	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.55	2.54	0.0	0.00	0.46	0.00
10.8	14.6	0.60	214	117.86	10.3	10.33	4.78	3.10	3.10	5.78	1.00	n.a.	L	Clay	65.8	2.00	1.00	10.34	n.a.	n.a.	0.89	0.415	0.96	n.a.	1.00	0.479	0.799	1.93	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.407	0.000	0.0	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	n.a.	n.a.	0.00	0.53	2.41	0.0	0.00	0.45	0.00
10.9	14.5	0.53	216	118.88	10.2	10.17	4.29	3.08	3.08	5.60	1.00	n.a.	L	Clay	64.1	2.00	1.00	10.17	n.a.	n.a.	0.89	0.414	0.96	n.a.	1.00	0.473	0.789	1.91	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.368	0.000	0.0	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	n.a.	n.a.	0.00	0.52	2.39	0.0	0.00	0.44	0.00
11	14.3	0.48	218	119.90	9.9	9.85	3.92	3.07	3.07	5.39	1.00	n.a.	L	Clay	63.3	2.00	1.00	10.17	n.a.	n.a.	0.88	0.413	0.96	n.a.	1.00	0.461	0.770	1.86	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.285	0.001	0.0	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	n.a.	n.a.	0.00	0.51	2.35	0.0	0.00	0.44	0.00
11.1	15.5	0.44	220	120.92	10.8	10.78	3.27	2.99	2.99	5.61	1.00	n.a.	L	Clay	59.9	2.00	1.00	10.79	n.a.	n.a.	0.88	0.412	0.96	n.a.	1.00	0.496	0.827	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.000	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.54	2.48	0.0	0.00	0.45	0.00
11.2	15.0	0.48	222	121.94	10.2	10.21	3.76	3.05	3.05	5.50	1.00	n.a.	L	Clay	61.7	2.00	1.00	10.22	n.a.	n.a.	0.88	0.411	0.95	n.a.	1.00	0.475	0.792	1.92	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.403	0.000	0.0	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	n.a.	n.a.	0.00	0.52	2.40	0.0	0.00	0.44	0.00
11.3	14.0	0.54	224	122.96	9.3	9.35	4.57	3.13	3.13	5.31	1.00	n.a.	L	Clay	67.5	2.00	1.00	9.35	n.a.	n.a.	0.88	0.410	0.95	n.a.	1.00	0.442	0.738	1.80	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.156	0.001	0.0	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	n.a.	n.a.	0.00	0.50	2.27	0.0	0.00	0.42	0.00
11.4	12.8	0.44	226	123.98	8.3	8.33	4.14	3.14	3.14	4.78	1.00	n.a.	L	Clay	68.5	2.00	1.00	8.34	n.a.	n.a.	0.87	0.410	0.95	n.a.	1.00	0.404	0.673	1.67	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0001	0.000	2.831	0.002	0.0	0.00	0.11	0.11	0.11	0.11	n.a.	n.a.	0.00	0.47	2.12	0.0	0.00	0.40	0.00
11.5	15.4	0.40	228	125.00	10.2	10.22	3.02	2.99	2.99	5.31	1.00	n.a.	L	Clay	57.9	2.00	1.00	10.23	n.a.	n.a.	0.87	0.409	0.95	n.a.	1.00	0.475	0.793	1.94	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.432	0.000	0.0	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	n.a.	n.a.	0.00	0.52	2.40	0.0	0.00	0.44	0.00
11.6	13.9	0.41	230	126.01	9.0	8.98	3.54	3.08	3.08	4.93	1.00	n.a.	L	Clay	63.7	2.00	1.00	8.99	n.a.	n.a.	0.87	0.408	0.95	n.a.	1.00	0.428	0.715	1.75	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0001	0.000	3.065	0.001	0.0	0.00	0.07	0.07	0.07	0.07	n.a.	n.a.	0.00	0.49	2.22	0.0	0.00	0.42	0.00
11.7	14.3	0.39	232	127.03	9.2	9.20	3.28	3.05	3.05	4.96	1.00	n.a.	L	Clay	61.8	2.00	1.00	9.20	n.a.	n.a.	0.86	0.407	0.94	n.a.	1.00	0.437	0.728	1.79	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.143	0.001	0.0	0.00	0.06	0.06	0.06	0.06	n.a.	n.a.	0.00	0.50	2.25	0.0	0.00	0.42	0.00
11.8	15.6	0.39	234	128.05	10.1	10.10	2.90	2.99	2.99	5.23	1.00	n.a.	L	Clay	57.5	2.00	1.00	10.11	n.a.	n.a.	0.86	0.405	0.94	n.a.	1.00	0.471	0.785	1.94	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.425	0.000	0.0	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	n.a.	n.a.	0.00	0.52	2.38	0.0	0.00	0.44	0.00
11.9	26.0	0.50	236	129.07	17.9	18.16	2.13	2.70	2.70	7.84	0.94	n.a.	L	Clay	40.7	2.00	1.00	18.18	n.a.	n.a.	0.86	0.404	0.94	n.a.	1.00	0.753	1.256	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.000	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.69	3.40	0.0	0.00	0.59	0.00
12	18.2	0.89	238	130.09	11.9	11.89	5.61	3.10	3.10	6.63	1.00	n.a.	L	Clay	65.5	2.00	1.00	11.90	n.a.	n.a.	0.86	0.403	0.94	n.a.	1.00	0.536	0.895	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.000	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.56	2.63	0.0	0.00	0.48	0.00
12.1	13.7	0.67	240	131.11	8.4	8.37	5.97	3.24	3.24	5.10	1.00	n.a.	L	Clay	75.8	2.00	1.00	8.38	n.a.	n.a.	0.85	0.402	0.94	n.a.	1.00	0.405	0.676	1.68	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0001	0.000	2.910	0.002	0.0	0.00	0.09	0.09	0.09	0.09	n.a.	n.a.	0.00	0.48	2.13	0.0	0.00	0.40	0.00
12.2	21.0	0.56	242	132.13	13.7	13.73	3.01	2.89	2.89	6.66	1.00	n.a.	L	Clay	51.1	2.00	1.00	13.74	n.a.	n.a.	0.85	0.401	0.94	n.a.	1.00	0.602	1.004	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.000	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.61	2.88	0.0	0.00	0.51	0.00
12.3	23.7	0.91	244	133.15	15.6	15.61	4.27	2.93	2.93	7.82	1.00	n.a.	L	Clay	54.1	2.00	1.00	15.62	n.a.	n.a.	0.85	0.400	0.93	n.a.	1.00	0.667	1.112	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.000	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.65	3.12	0.0	0.00	0.55	0.00
12.4	21.4	0.92	246	134.17	13.8	13.77	4.86	3.01	3.01	7.25	1.00	n.a.	L	Clay	59.3	2.00	1.00	13.78	n.a.	n.a.	0.84	0.399	0.93	n.a.	1.00	0.603	1.006	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.000	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.61	2.89	0.0	0.00	0.51	0.00
12.5	23.8	0.79	248	135.19	15.4	15.45	3.71	2.90	2.90	7.56	1.00	n.a.	L	Clay	51.9	2.00	1.00	15.46	n.a.	n.a.	0.84	0.398	0.93	n.a.	1.00	0.661	1.103	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.000	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.64	3.10	0.0	0.00	0.54	0.00
12.6	26.2	0.79	250	136.20	17.0	17.02	3.32	2.84	2.84	8.00	1.00	n.a.	L	Clay	48.1	2.00	1.00	17.03	n.a.	n.a.	0.84	0.396	0.93	n.a.	1.00	0.715	1.192	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.000	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n.a.	n.a.	0.00	0.67	3.29	0.0	0.00	0.57	0.00
12.7	18.1	0.60	252	137.22	11.1	11.07	2.29	2.72	2.72	8.05	0.95	n.a.	L	Clay	41.3	2.00	1.00	18.53	n.a.	n.a.	0.83	0.394	0.92	n.a.	1.00	0.764	1.275	2.00	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0000	0.000	3.542	0.00															

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



PROVA CPTU 1 via Angeloni



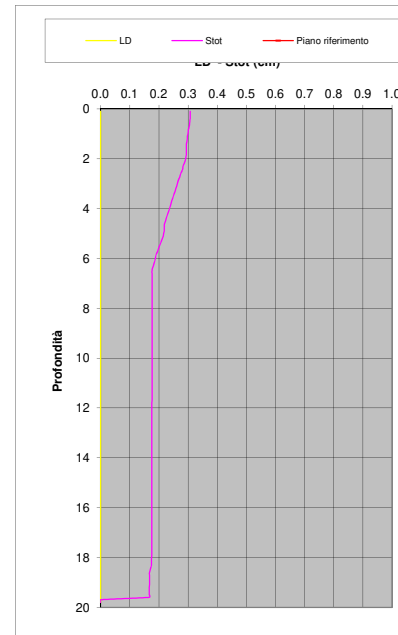
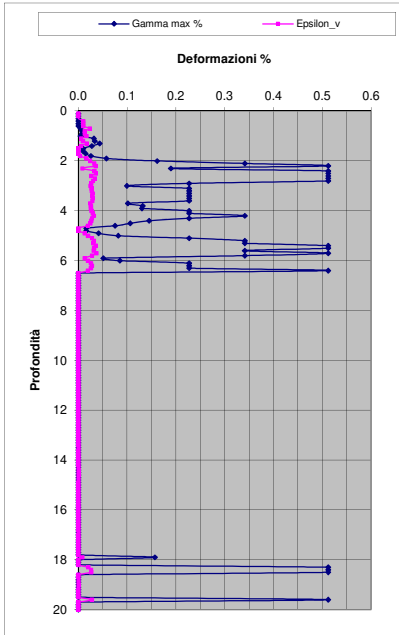
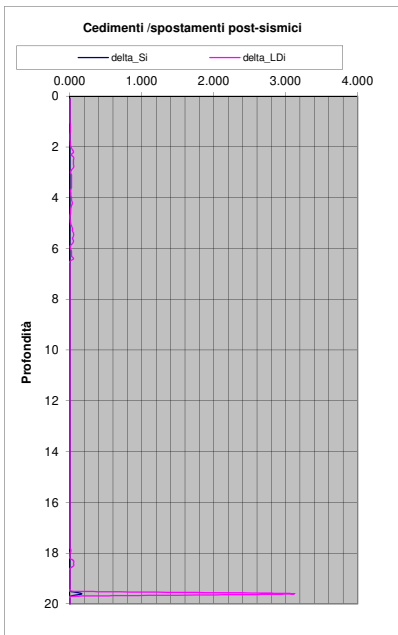
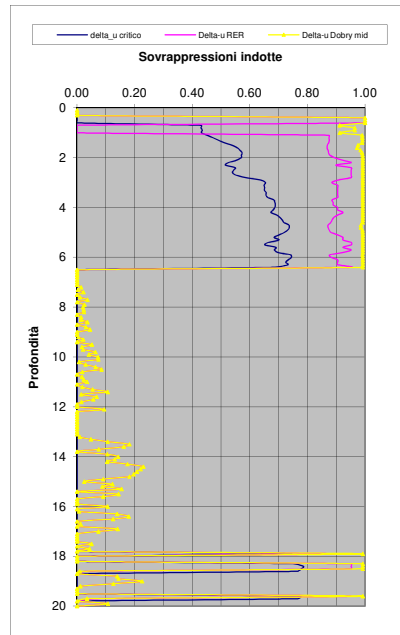
Soil Classification	Zone No.*	Range of CPT Index I_c Values
Organic Clay Soils	2	$I_c > 3.60$
Clays	3	$2.95 < I_c < 3.60$
Silt Mixtures	4	$2.60 < I_c < 2.95$
Sand Mixtures	5	$2.05 < I_c < 2.60$
Sands	6	$1.31 < I_c < 2.05$
Gravelly Sands	7	$I_c < 1.31$

After Robertson and Wride (1998).
*Note: Zone number per Robertson SBT (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/cmq)
- FC = Fine content - passante 0.074 mm (%)
- FsN= Attrito laterale (Kg/cmq)
- F= rapporto di frizione
- Qtn= parametro di resist. alla punta normal.
- Icn= 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 σ = fatt. correttivo per sovraccarico-profondità (ad)
- K α = 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_{max} = deformazione di taglio massima indotta dal sisma (%)
- ev = vertical reconsolidation strain
- Δs_i = cedimento i-esimo dello strato (mt)
- Su = S_u / σ'_{vc} resistenza totale non drenata - strati coesivi (ad)
- Sur = S_{ur} / σ'_{vc} resistenza totale residua non drenata - strati coesivi (ad)
- qc1N-sr= Resist. alla penetraz. corretta all'FC e normalizzata
- Sr = S_r / σ'_{vc} resistenza residua - strati incoerenti (ad)
- Ruc= $\Delta u / \sigma'_{vc}$ critico - stima sogliadi innesco fenomeni di instabilità/liquefazione
- Δu RER $\Delta u / \sigma'_{vc}$ sovrappressioni circ. 112/2007 - tabella 2 R.E.R.
- Δu Dobry M. $\Delta u / \sigma'_{vc}$ Dobry et al. 1984 "mean" x sabbie-Robertson '09 x argille
- Δu Dobry L. $\Delta u / \sigma'_{vc}$ Dobry et al. 1984 "lower bound" x sabbie-Robertson '09 x argille
- Δu Dobry U. $\Delta u / \sigma'_{vc}$ Dobry et al. 1984 "Upper bound" x sabbie-Robertson '09 x argille
- Stot= Cedimento post-sismico totale (mt)
- LDI= Lateral Displacement Index (mt)
- Dr= Densità relativa (ad)
- θ = angolo di attrito interno (deg)
- OCR= rapporto di sovraconsolidazione (sabbie e argille) (ad)
- St= coefficiente di sensitività delle argille (ad)
- LSN= Liquefaction Severity Number (ad)



IPL= 14.73

PL= 52.96

LDI = 4.499 Stot = 0.307 (mt)

LD = 0.00 (mt)

SLiq = 5.10 (mt)

LSN = 36.05 PG= 1.00

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, settlement can cause structural damage
40-50	Major expression of liquefaction, undulations and damage to ground surface, severe total and differential settlements of structures
>50	Severe damage, extensive evidence of liquefaction as surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services.

* Table based on table 13.1 from I&T report: Liquefaction Vulnerability Study

Probability	Description of the risk of liquefaction-induced ground failure
$0.9 < P_G$	extremely high to absolutely certain
$0.7 < P_G \leq 0.9$	high
$0.3 < P_G \leq 0.7$	medium
$0.1 < P_G \leq 0.3$	low
$P_G \leq 0.1$	extremely low to none

CPT-based liquefaction triggering analysis for a single sounding

Enviroments: SC Hill=H Plain=P Coast=C
Behaviour: Sand like-S

Computed constants: Rd = 1.0 (IB' 2007 - 'Cetin' 2004 - 'NCEER' - 'Blake')

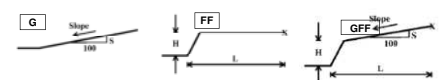
Table with 2 columns: Probabilità e potenziale di liquefazione, Probabilità e suscettibilità di liquefazione. Includes parameters like MSF, NCEER, and various probability values.

Table with 2 columns: PL Overall Probability, Risk Lev. Includes parameters like IPL, PL, and risk levels.

ALLEGATO N. 6

Robertson & Wride, agg. 2009

PROVA "CPTU 1 via Dannunzio"



Potential flow failure if (N1)60 <= c10 and (qc)N <= 65
No flow liquefaction if (qc)N <= 65

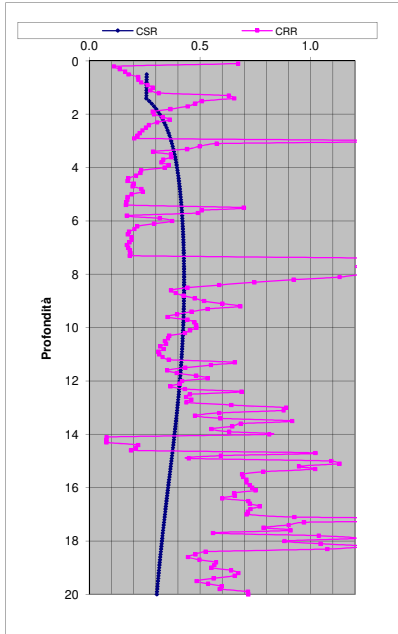
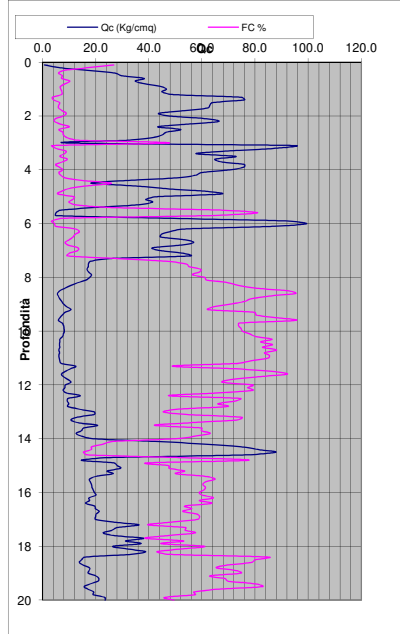
Table with 2 columns: LsN, LsN Expression. Shows severity levels from >50 to <10.

Main data table with columns: Depth (m), qc(N), F41, F42, F43, F44, F45, F46, F47, F48, F49, F50, F51, F52, F53, F54, F55, F56, F57, F58, F59, F60, F61, F62, F63, F64, F65, F66, F67, F68, F69, F70, F71, F72, F73, F74, F75, F76, F77, F78, F79, F80, F81, F82, F83, F84, F85, F86, F87, F88, F89, F90, F91, F92, F93, F94, F95, F96, F97, F98, F99, F100. Includes various soil parameters and test results.

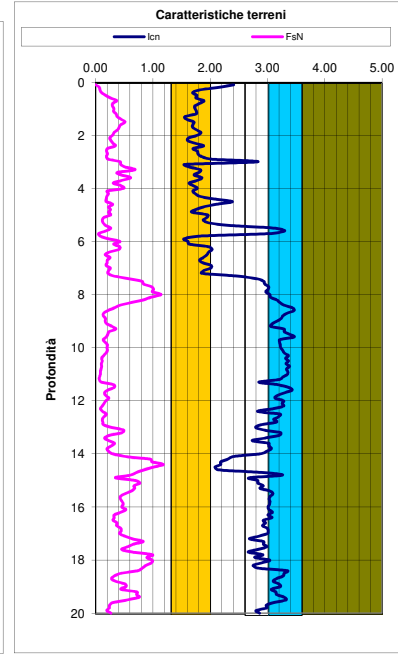
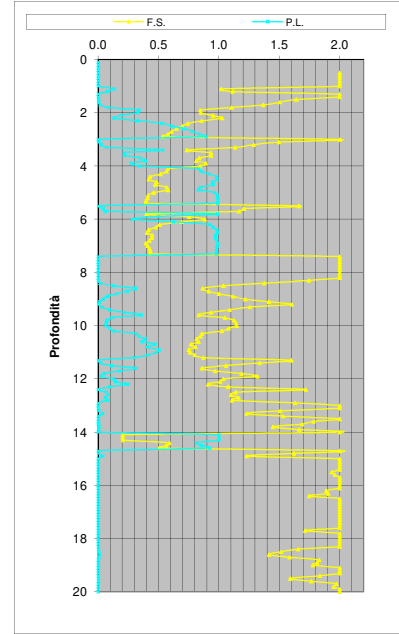
Main data table (continued) showing soil profile details, layer descriptions, and test results for depths from 0.1 to 10.1 meters. Includes columns for soil type, layer name, and various test parameters.

10.2	7.5	0.18	202	111.75	4.8	4.76	3.33	3.29	3.29	3.00	1.00	n.a.	C	Clay	80.4	2.00	1.00	4.76	n.a.	n.a.	n.a.	0.90	0.419	0.98	n.a.	1.00	0.258	0.430	1.03	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0017	0.000	1.122	0.131	0.0	0.01	0.50	0.50	0.50	0.50	n.a.	n.a.	0.00	0.36	1.53	0.0	0.00	0.31	0.00
10.3	6.5	0.14	204	112.77	3.8	3.90	3.15	3.36	3.36	2.51	1.00	n.a.	C	Clay	86.4	2.00	1.00	3.80	n.a.	n.a.	n.a.	0.90	0.418	0.97	n.a.	1.00	0.215	0.359	0.88	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0041	0.000	0.477	0.317	0.1	0.07	0.72	0.72	0.72	0.72	n.a.	n.a.	0.00	0.33	1.35	0.0	0.00	0.28	0.00
10.4	6.4	0.11	206	113.79	3.7	3.73	2.42	3.31	3.31	2.39	1.00	n.a.	C	Clay	82.1	2.00	1.00	3.74	n.a.	n.a.	n.a.	0.89	0.418	0.97	n.a.	1.00	0.212	0.354	0.85	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0044	0.000	0.430	0.334	0.2	0.07	0.72	0.72	0.72	0.72	n.a.	n.a.	0.00	0.33	1.35	0.0	0.00	0.28	0.00
10.5	6.3	0.12	208	114.81	3.5	2.54	2.82	3.36	3.36	2.35	1.00	n.a.	C	Clay	86.6	2.00	1.00	3.55	n.a.	n.a.	n.a.	0.90	0.417	0.97	n.a.	1.00	0.204	0.340	0.81	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0053	0.001	0.284	0.388	0.2	0.09	0.80	0.80	0.80	0.80	n.a.	n.a.	0.00	0.32	1.30	0.0	0.00	0.27	0.00
10.6	6.4	0.10	210	115.82	3.6	3.62	2.39	3.32	3.32	2.33	1.00	n.a.	C	Clay	82.8	2.00	1.00	3.63	n.a.	n.a.	n.a.	0.89	0.416	0.97	n.a.	1.00	0.207	0.346	0.83	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0049	0.000	0.356	0.361	0.2	0.08	0.77	0.77	0.77	0.77	n.a.	n.a.	0.00	0.32	1.31	0.0	0.00	0.27	0.00
10.7	6.1	0.11	212	116.84	3.3	3.27	2.66	3.38	3.38	2.19	1.00	n.a.	C	Clay	88.1	2.00	1.00	3.28	n.a.	n.a.	n.a.	0.89	0.416	0.96	n.a.	1.00	0.191	0.319	0.77	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0071	0.001	0.070	0.472	0.2	0.11	0.89	0.89	0.89	0.89	n.a.	n.a.	0.00	0.31	1.25	0.0	0.00	0.26	0.00
10.8	6.4	0.10	214	117.86	3.5	3.47	2.32	3.33	3.33	2.25	1.00	n.a.	C	Clay	83.6	2.00	1.00	3.48	n.a.	n.a.	n.a.	0.89	0.415	0.96	n.a.	1.00	0.200	0.334	0.81	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0057	0.001	0.250	0.401	0.2	0.09	0.82	0.82	0.82	0.82	n.a.	n.a.	0.00	0.32	1.29	0.0	0.00	0.27	0.00
10.9	6.0	0.08	216	118.88	3.2	3.17	2.16	3.35	3.35	2.08	1.00	n.a.	C	Clay	85.4	2.00	1.00	3.17	n.a.	n.a.	n.a.	0.89	0.414	0.96	n.a.	1.00	0.186	0.311	0.75	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0080	0.001	0.202	0.505	0.2	0.11	0.92	0.92	0.92	0.92	n.a.	n.a.	0.00	0.31	1.22	0.0	0.00	0.26	0.00
11	6.2	0.09	218	119.90	3.2	3.22	2.16	3.35	3.35	2.10	1.00	n.a.	C	Clay	84.9	2.00	1.00	3.22	n.a.	n.a.	n.a.	0.88	0.413	0.96	n.a.	1.00	0.188	0.314	0.76	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0075	0.001	0.039	0.484	0.2	0.11	0.90	0.90	0.90	0.90	n.a.	n.a.	0.00	0.31	1.23	0.0	0.00	0.26	0.00
11.1	6.5	0.07	220	120.92	3.4	3.41	1.66	3.27	3.27	2.13	1.00	n.a.	C	Clay	78.6	2.00	1.00	3.42	n.a.	n.a.	n.a.	0.88	0.412	0.96	n.a.	1.00	0.198	0.330	0.80	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0060	0.001	0.219	0.413	0.2	0.09	0.83	0.83	0.83	0.83	n.a.	n.a.	0.00	0.32	1.27	0.0	0.00	0.27	0.00
11.2	7.0	0.07	222	121.94	3.8	3.78	1.40	3.20	3.20	2.25	1.00	n.a.	C	Clay	72.8	2.00	1.00	3.79	n.a.	n.a.	n.a.	0.88	0.411	0.95	n.a.	1.00	0.215	0.358	0.87	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0041	0.000	0.527	0.299	0.1	0.06	0.71	0.71	0.71	0.71	n.a.	n.a.	0.00	0.33	1.35	0.0	0.00	0.28	0.00
11.3	12.4	0.11	224	122.96	8.1	8.07	1.04	2.85	2.85	3.82	1.00	n.a.	C	Clay	48.8	2.00	1.00	8.08	n.a.	n.a.	n.a.	0.88	0.410	0.95	n.a.	1.00	0.295	0.656	1.60	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0001	0.000	2.729	0.003	0.0	0.00	0.12	0.12	0.12	0.12	n.a.	n.a.	0.00	0.47	2.08	0.0	0.00	0.40	0.00
11.4	10.5	0.32	226	123.98	6.4	6.44	3.52	3.19	3.19	3.82	1.00	n.a.	C	Clay	72.5	2.00	1.00	6.44	n.a.	n.a.	n.a.	0.87	0.410	0.95	n.a.	1.00	0.328	0.548	1.06	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0004	0.000	2.084	0.019	0.0	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25	n.a.	n.a.	0.00	0.42	1.82	0.0	0.00	0.31	0.00
11.5	6.4	0.13	228	125.00	4.8	4.79	4.73	3.37	3.37	3.19	1.00	n.a.	C	Clay	87.3	2.00	1.00	4.79	n.a.	n.a.	n.a.	0.87	0.409	0.95	n.a.	1.00	0.259	0.432	1.11	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0016	0.000	0.478	0.109	0.0	0.00	0.48	0.48	0.48	0.48	n.a.	n.a.	0.00	0.37	1.54	0.0	0.00	0.36	0.00
11.6	7.1	0.21	230	126.01	3.7	3.68	3.96	3.43	3.43	2.54	1.00	n.a.	C	Clay	92.1	2.00	1.00	3.68	n.a.	n.a.	n.a.	0.87	0.409	0.95	n.a.	1.00	0.210	0.350	0.88	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0045	0.000	0.478	0.109	0.1	0.06	0.74	0.74	0.74	0.74	n.a.	n.a.	0.00	0.33	1.33	0.0	0.00	0.28	0.00
11.7	7.5	0.16	232	127.03	4.3	4.26	2.80	3.29	3.29	2.70	1.00	n.a.	C	Clay	80.5	2.00	1.00	4.27	n.a.	n.a.	n.a.	0.86	0.407	0.94	n.a.	1.00	0.236	0.394	0.97	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0025	0.000	0.915	0.180	0.0	0.01	0.58	0.58	0.58	0.58	n.a.	n.a.	0.00	0.35	1.44	0.0	0.00	0.29	0.00
11.8	9.5	0.18	234	128.05	5.5	5.47	2.48	3.17	3.17	3.20	1.00	n.a.	C	Clay	70.9	2.00	1.00	5.47	n.a.	n.a.	n.a.	0.86	0.405	0.94	n.a.	1.00	0.288	0.481	1.19	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0009	0.000	1.646	0.050	0.0	0.00	0.36	0.36	0.36	0.36	n.a.	n.a.	0.00	0.39	1.66	0.0	0.00	0.33	0.00
11.9	10.6	0.23	236	129.07	6.2	6.22	2.53	3.13	3.13	3.54	1.00	n.a.	C	Clay	67.7	2.00	1.00	6.23	n.a.	n.a.	n.a.	0.86	0.404	0.94	n.a.	1.00	0.319	0.533	1.32	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0005	0.000	2.030	0.021	0.0	0.00	0.27	0.27	0.27	0.27	n.a.	n.a.	0.00	0.41	1.79	0.0	0.00	0.35	0.00
12	8.5	0.18	238	130.09	4.6	4.58	2.93	3.28	3.28	2.87	1.00	n.a.	C	Clay	79.1	2.00	1.00	4.59	n.a.	n.a.	n.a.	0.86	0.403	0.94	n.a.	1.00	0.250	0.417	1.03	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0019	0.000	1.154	0.124	0.0	0.00	0.51	0.51	0.51	0.51	n.a.	n.a.	0.00	0.36	1.50	0.0	0.00	0.30	0.00
12.1	8.4	0.15	240	131.11	4.4	4.43	2.49	3.25	3.25	2.73	1.00	n.a.	C	Clay	77.2	2.00	1.00	4.44	n.a.	n.a.	n.a.	0.85	0.402	0.94	n.a.	1.00	0.244	0.406	1.01	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0021	0.000	1.068	0.143	0.0	0.01	0.54	0.54	0.54	0.54	n.a.	n.a.	0.00	0.35	1.47	0.0	0.00	0.30	0.00
12.2	7.7	0.12	242	132.13	3.9	3.88	2.19	3.28	3.28	2.43	1.00	n.a.	C	Clay	79.1	2.00	1.00	3.88	n.a.	n.a.	n.a.	0.85	0.401	0.94	n.a.	1.00	0.219	0.385	0.91	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0036	0.000	0.690	0.245	0.1	0.03	0.66	0.66	0.66	0.66	n.a.	n.a.	0.00	0.33	1.37	0.0	0.00	0.28	0.00
12.3	9.0	0.09	244	133.15	4.8	4.76	1.33	3.10	3.10	2.65	1.00	n.a.	C	Clay	65.3	2.00	1.00	4.77	n.a.	n.a.	n.a.	0.85	0.400	0.93	n.a.	1.00	0.258	0.430	1.08	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0016	0.000	1.297	0.097	0.0	0.00	0.47	0.47	0.47	0.47	n.a.	n.a.	0.00	0.37	1.53	0.0	0.00	0.31	0.00
12.4	14.2	0.12	246	134.17	8.5	8.53	1.04	2.83	2.83	3.98	0.99	n.a.	C	Clay	47.5	2.00	1.00	8.54	n.a.	n.a.	n.a.	0.84	0.399	0.93	n.a.	1.00	0.411	0.686	1.72	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0001	0.000	2.995	0.001	0.0	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	n.a.	n.a.	0.00	0.48	2.15	0.0	0.00	0.41	0.00
12.5	9.5	0.19	248	135.19	5.1	5.07	2.68	3.22	3.22	3.05	1.00	n.a.	C	Clay	74.5	2.00	1.00	5.07	n.a.	n.a.	n.a.	0.84	0.398	0.93	n.a.	1.00	0.271	0.452	1.14	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0012	0.000	1.498	0.067	0.0	0.00	0.41	0.41	0.41	0.41	n.a.	n.a.	0.00	0.38	1.59	0.0	0.00	0.32	0.00
12.6	9.3	0.15	250	136.20	4.8	4.83	2.19	3.19	3.19	2.86	1.00	n.a.	C	Clay	72.4	2.00	1.00	4.84	n.a.	n.a.	n.a.	0.84	0.398	0.93	n.a.	1.00	0.261	0.435	1.10	1.67	0.000	0.000	0.000	0.100	0.000	0.0015	0.000	1.371	0.085	0.0	0.00	0.45	0.45	0.45	0.45	n.a.	n.a.	0.00	0.37	1.55	0.0	0.00	0.31	0.00
12.7	9.8	0.12	252	137.22	5.2	4.87	2.11																																															

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



PROVA CPTU 1 via Dannunzio



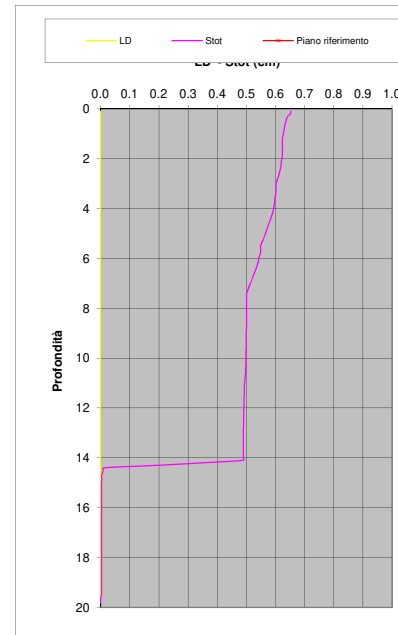
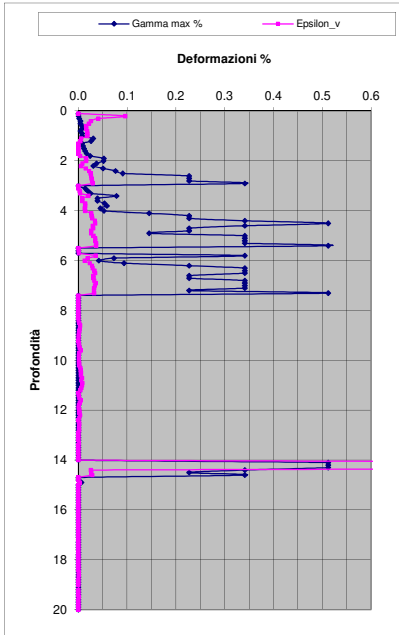
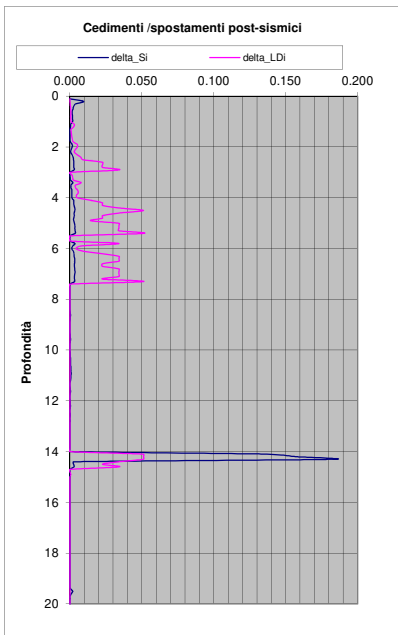
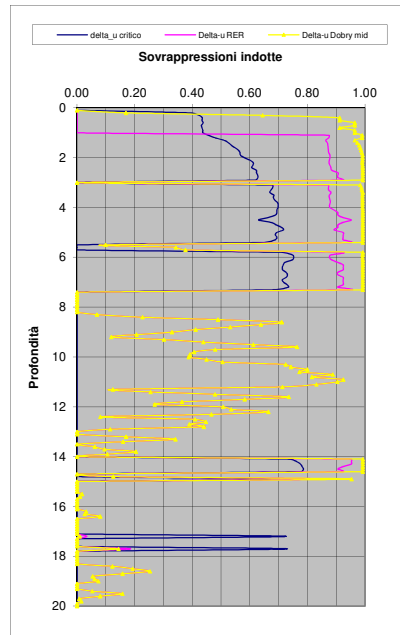
Soil Classification	Zone No.*	Range of CPT Index I_c Values
Organic Clay Soils	2	$I_c > 3.60$
Clays	3	$2.95 < I_c < 3.60$
Silt Mixtures	4	$2.60 < I_c < 2.95$
Sand Mixtures	5	$2.05 < I_c < 2.60$
Sands	6	$1.31 < I_c < 2.05$
Gravelly Sands	7	$I_c < 1.31$

After Robertson and Wride (1998).
*Note: Zone number per Robertson SBT (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/cmq)
- FC = Fine content - passante 0.074 mm (%)
- FsN= Attrito laterale (Kg/cmq)
- F= rapporto di frizione
- Qtn= parametro di resist. alla punta normal.
- Icn= Soil behaviour index normalized (ad)
- qc1N-cs= Resist. alla pentrez. 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)
- Kα= 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 -esimo dello strato (mt)
- Su= S_u / σ'_{vc} resistenza totale non drenata - strati coesivi (ad)
- Sur= S_{ur} / σ'_{vc} resistenza totale residua non drenata - strati coesivi (ad)
- qc1N-sr= Resist. alla pentrez. corretta all'FC e normalizzata
- Sr= S_r / σ'_{vc} resistenza residua - strati incoerenti (ad)
- Ruc= $\Delta u / \sigma'_{vc}$ critico - stima sogliadi innesco fenomeni di instabilità/liquefazione
- Δu RER $\Delta u / \sigma'_{vc}$ sovrappressioni circ. 112/2007 - tabella 2 R.E.R.
- Δu Dobry M. $\Delta u / \sigma'_{vc}$ Dobry et al. 1984 "mean" x sabbie-Robertson '09 x argille
- Δu Dobry L. $\Delta u / \sigma'_{vc}$ Dobry et al. 1984 "lower bound" x sabbie-Robertson '09 x argille
- Δu Dobry U. $\Delta u / \sigma'_{vc}$ Dobry et al. 1984 "Upper bound" x sabbie-Robertson '09 x argille
- Stot= Cedimento post-sismico totale (mt)
- LDI= Lateral Displacement Index (mt)
- Dr= Densità relativa (ad)
- θ= angolo di attrito interno (deg)
- OCR= rapporto di sovraconsolidazione (sabbie e argille) (ad)
- St= coefficiente di sensitività 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, settlement can cause structural damage
40-50	Major expression of liquefaction, undulations and damage to ground surface, severe total and differential settlements of structures
>50	Severe damage, extensive evidence of liquefaction as surface, severe total and differential settlements affecting structures, damage to services.

Probability	Description of the risk of liquefaction-induced ground failure
$0.9 < P_G$	extremely high to absolutely certain
$0.7 < P_G \leq 0.9$	high
$0.3 < P_G \leq 0.7$	medium
$0.1 < P_G \leq 0.3$	low
$P_G \leq 0.1$	extremely low to none

IPL= 16.53 PL= 62.52 LDI = 1.309 Stot = 0.652 (mt) LD = 0.00 (mt) SLiq = 7.10 (mt) LSN = 64.15 PG= 1.00

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

I metodi di calcolo della liquefacibilità 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 cm/s^2 ;

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

σ_{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.:

	Sand:	Clay:
	$MSF = 6.9 \exp\left(-\frac{M_w}{4}\right) - 0.058$	$MSF = 1.12 \exp\left(-\frac{M_w}{4}\right) + 0.828$
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:**

$$CRR_{7.5} = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50 \quad CRR_{7.5} = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

- **argille $I_c > 2.60$:** $CRR_{7.5} = 0.074 (Q_m)^{0.7}$ (Robertson 2008) o analogamente: $0.8 \cdot Su / \sigma_{v0}'$ (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 specifico 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

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

dove:

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

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

σ_{v0} (kg/cmq) = pressione verticale totale;

σ_{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:

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

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

$$Q = \left(\frac{q_c - \sigma_{vc}}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma_{vc}'} \right)^n \text{ e si ricalcola } I_c \text{ con la relazione:}$$

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

- se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$.
- si applica un fattore correttivo KH che tiene conto dello spessore degli strati sabbiosi:

$$K_H = 1.0 + 0.25[(H/d_c)/17 - 1.77]^2$$

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

- 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:

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

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

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

K σ = $(\sigma'_v/P_a)^{-0.25} \leq 1.0$ (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 α = (fatt. correttivo per sforzi di taglio) e ξ_R = parametro di stato -sabbie

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

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

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

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

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

$$\xi_R = \frac{1}{Q - \ln \left(\frac{100(1 + 2K_\sigma)\sigma'_{vc}}{3P_a} \right)} - \left(0.478(q_{c1N})^{0.264} - 1.063 \right) e^{-\alpha} \quad \begin{matrix} \alpha \leq 0.35 \\ -0.6 \leq \xi_R \leq 0.1 \end{matrix}$$

-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 "Fsl" 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:

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

La "susceptibilità 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:

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

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:

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

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

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

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

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

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

$$LDI = \int_0^{z_{max}} \gamma_{max} \cdot dz \quad \text{"G"} \text{ Gently sloping} \quad \frac{LD}{LDI} = S + 0.2 \quad (\text{for } 0.2\% < S < 3.5\%) \quad \text{"F"} \text{ Free face} \quad \frac{LD}{LDI} = 6 \cdot \left(\frac{L}{H}\right)^{-0.8} \quad (\text{for } 4 < L/H < 40)$$

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

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.

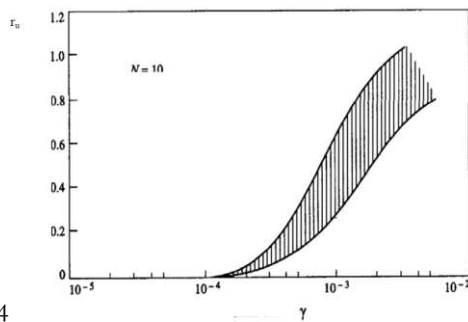
$$S_{v-1D} = \int_0^{z_{max}} \varepsilon_v \cdot dz \quad \text{Idriss-Boulanger, 2008 - sabbie sature: } \varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp\left(2.551 - 1.147(q_{c1Ncs})^{0.264}\right) \cdot \min(0.08, \gamma_{max})$$

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

a _{max} [g]	ε _v		
	(N ₁) ₆₀ = 10	(N ₁) ₆₀ = 20	(N ₁) ₆₀ = 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 _{max} [%]	r _u
5 · 10 ⁻²	0.2
1 · 10 ⁻¹	0.4
2 · 10 ⁻¹	0.6
4 · 10 ⁻¹	0.8
5	0.95

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

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

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

OCR sabbie (Mayne, 2005):

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

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

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

Ø (Kulhawy-Mayne 1990): $\phi' = 17.6^\circ + 11.0^\circ \cdot \log(q_{n1}) - 2.8 (\text{dev. std.}) - (9.33Dr^3 - 5.122Dr^2 + 3.753Dr - 0.013)$ (correz. Chen - Juang)

ALLEGATO N. 7 – PARAMETRI SISMICI

via angeloni - riccione

WGS84: Lat 44.021464 - Lng 12.631525

ED50: Lat 44.022404 - Lng 12.632480



Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stati limite



Classe Edificio

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



Vita Nominale 50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.049	2.431	0.274
Danno (SLD)	50	0.064	2.535	0.277
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.184	2.485	0.296
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.238	2.522	0.310
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			