



GEOLOGI ASSOCIATI

Dr. Demetrio Bastianelli – Dr. Flavio Carlini

47843 Misano Adriatico – Via Repubblica, 75 - Tel/fax 0541 – 610614

P. IVA 04042090409

COMUNE DI MISANO ADRIATICO

Provincia di Rimini

PROGETTO DI ATTUAZIONE DEL PIANO PARTICOLAREGGIATO INDIVIDUATO SULLE TAVOLE DEL P.R.G. CON LA SIGLA C2-1 COMPRESO TRA LA VIA SALVO D'ACQUISTO, VIA DEL MARE E IL PARCHEGGIO DI VIA ALBERELLO.

Prioprietà: Montanari Maria - Montanari Massimo - Pozzi Maria - Venturi Giancarlo -
Pazzini Italia - Tirotti Giancarlo - Valverde Daniele - Valverde Fabio - Valverde Marco -
Valverde Michela - Valverde Rossella - Verni Marco - Verni Giovanna - Verni Paolo - Verni
Maria Elena - Carl Roul - Tausani Manuela - Trucchi Alessandro - Gabici Michele - Gabici
Richard - Gabici Valérie - Tirotti Romano - Tirotti Maria Luisa.

RELAZIONE GEOLOGICA

I PROFESSIONISTI:



I^a STESURA
Novembre 2019

INTEGRAZIONI

RIFERIMENTO
17/19

INDICE

- 1 PREMESSA
- 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO
- 3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO
- 4 ANALISI DEI RISCHI GEOMORFOLOGICI ED IDRAULICI
- 5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E STRATIGRAFIA
- 6 IDROGEOLOGIA
- 7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA
 - 7.1 Ambito di pericolosità sismica
 - 7.2 Magnitudo di riferimento
 - 7.3 Valutazione della risposta sismica locale
- 8 ANALISI DI III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO - VALUTAZIONE DELLA POSSIBILITA' DI OCCORRENZA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE
 - 8.1 Verifica della liquefazione – Calcolo del coefficiente di sicurezza
 - 8.2 Indice di liquefazione
- 9 EDIFICABILITA' DELL'AREA

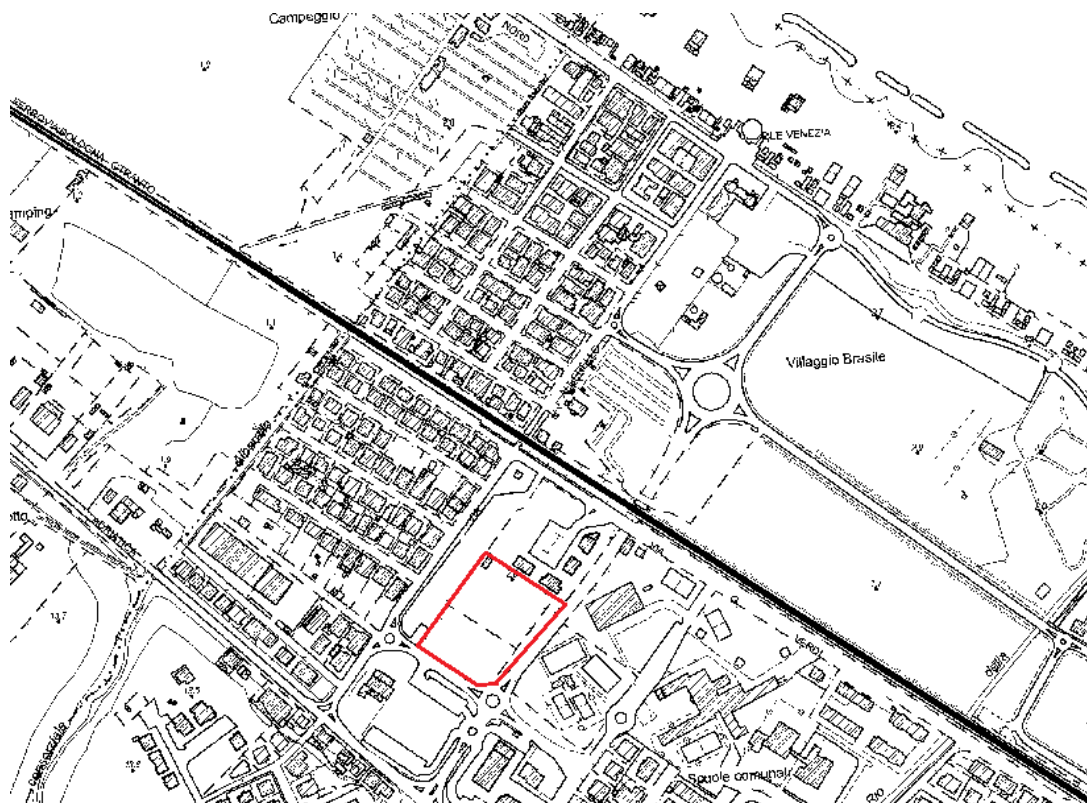
ALLEGATI

Grafici e tabulati dell'analisi HVSR

1 PREMESSA

Si è redatta la presente relazione geologica relativa al “*progetto di attuazione del Piano Particolareggiato individuato sulle tavole del P.R.G. con la sigla C2-1 compreso tra la Via Salvo D’Acquisto, Via del Mare e il parcheggio di Via Alberello.*”, in Comune di Misano Adriatico (RN).

L’area di interesse è topograficamente rappresentata nella Carta Tecnica Regionale sezione n° 268014 “Misano Adriatico” in scala 1:10.000 e più precisamente la zona in studio, ricade nella fascia litoranea compresa tra la S.S. 16 e la linea ferrovia BO-AN e a retro dell’area commerciale esistente. La quota è di circa +2.5 m s.l.m..



Corografia dell’area (fuori scala) - <https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it>

Lo studio è stato sviluppato nelle seguenti fasi:

- rilievo geomorfologico dell’area interessata ed analisi della cartografia tematica esistente;
- determinazione della stratigrafia del sottosuolo per mezzo di:
 - n° 4 prove penetrometriche statiche a punta meccanica CPT, spinte fino a profondità comprese tra -12.0 e -15.0 m p.c.;
 - n° 1 prova penetrometrica statica a punta elettrica CPTE, spinta fino alla profondità di -11.84 m p.c.;
- indagine sismica HVSR;
- analisi di III livello di approfondimento: valutazione della possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione, dato che il sito è interessato dalla presenza di sabbie immerse in falda.

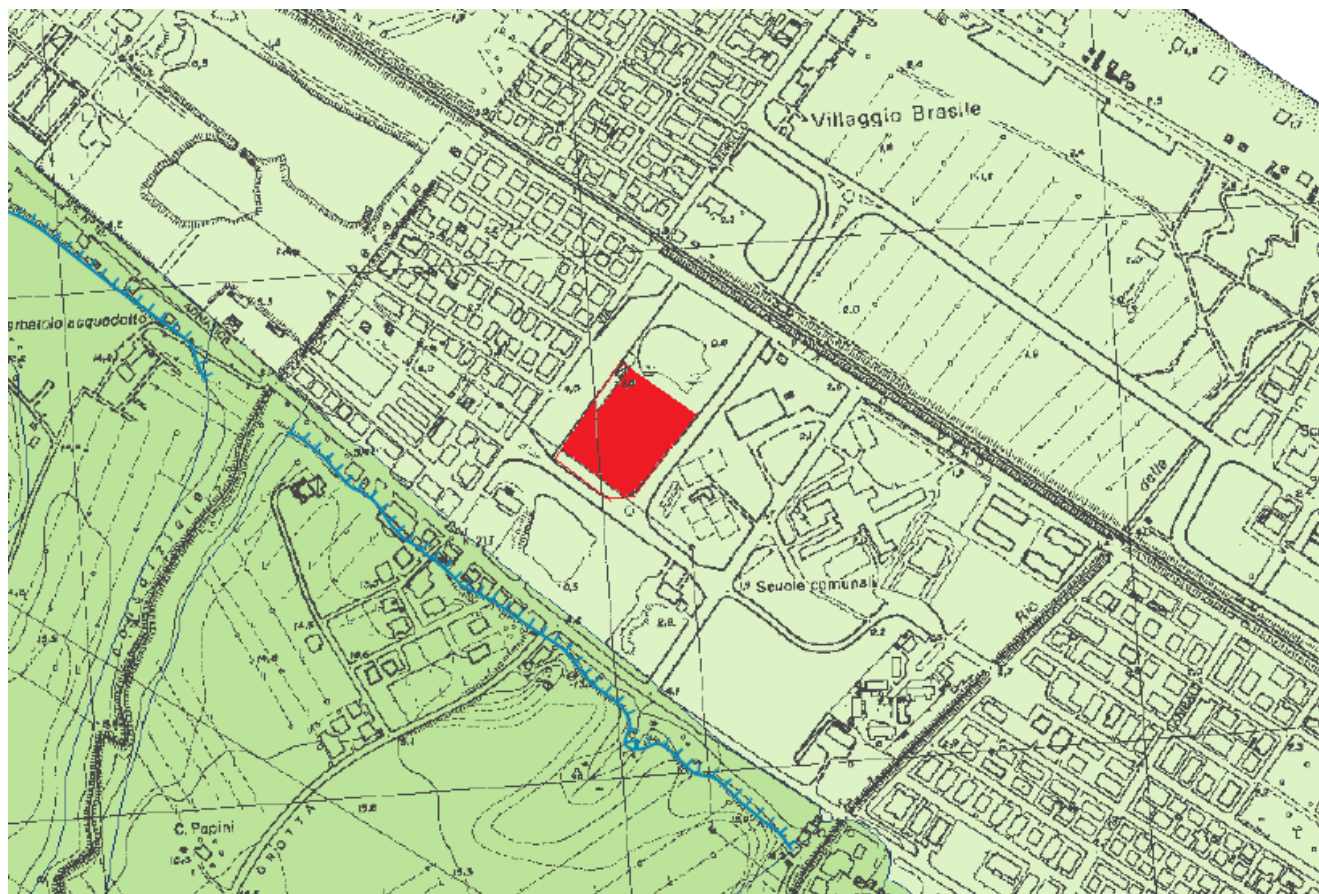
Lo studio è condotto in ottemperanza alla normativa regionale vigente:

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 29 APRILE 2019, N. 630: “**Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)**”, che rappresenta l’aggiornamento della deliberazione n. 2193/2015.

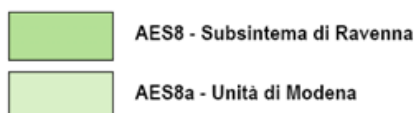
Lo studio ha lo scopo di fornire un parere in merito alla compatibilità delle previsioni urbanistiche con le condizioni geomorfologiche del territorio e di valutare la fattibilità degli interventi previsti nel rispetto dei criteri di sicurezza geologica e sismica, nonché delle esigenze di tutela delle componenti geologico-ambientali del sito.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Per l'analisi geologica di dettaglio ci si riferisce alla cartografia geologica e dei suoli a scala 1:10.000 del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (sezione n. 268010 "Misano Adriatico") che si riporta in stralcio:



Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano



L'area ricade nella zona di affioramento della Formazione **AES8a** di seguito descritta (come da legenda della C.G.R.):

AES8a - Unità di Modena

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive.

Olocene

I depositi descritti si sono formati, dal punto di vista sedimentario, durante i cicli di trasgressione e regressione marina ed in particolare nel caso in esame, durante la fase deposizionale olocenica.

L'Unità di Modena si estende fino alla paleofalesia costiera ubicata subito a monte della S.S. 16 Adriatica, dove affiorano invece le alluvioni del Subsistema di Ravenna AES8:

AES8 - Subsistema di Ravenna

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

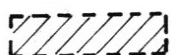
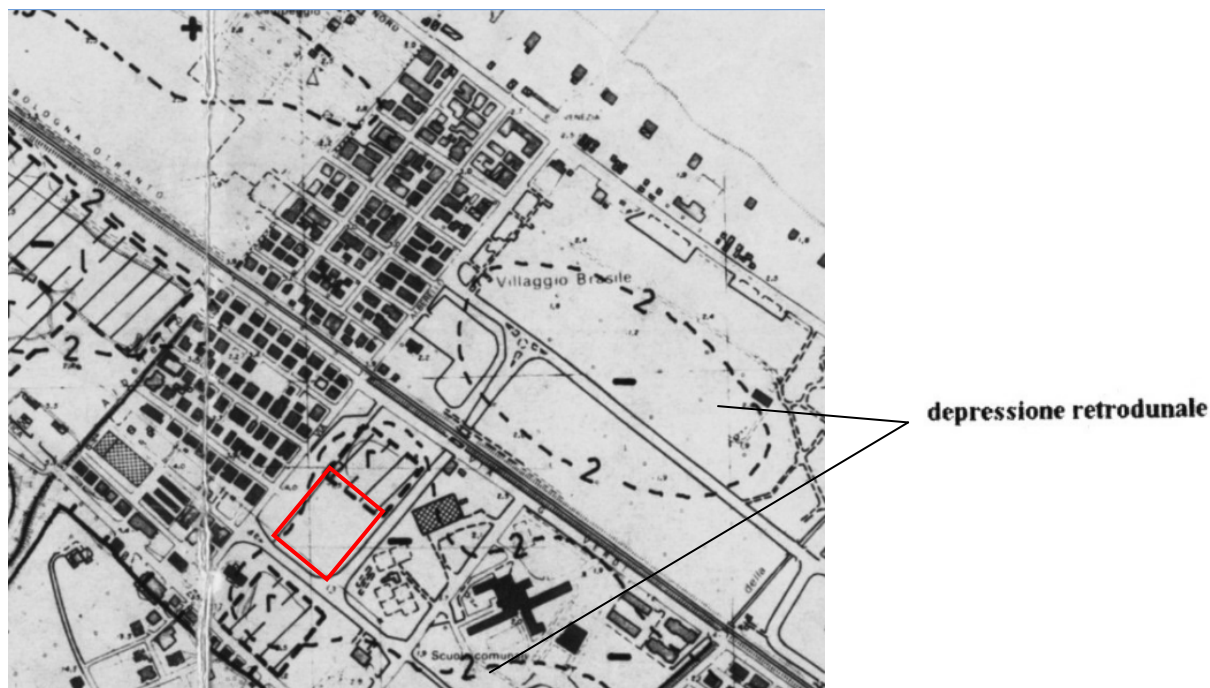
Pleistocene sup. - Olocene

Il substrato geologico è rappresentato dalla formazione argilloso-marnosa del Pliocene medio-sup. che costituisce la struttura dell'anfiteatro collinare di Misano Monte – Scacciano. Dall'analisi della Banca Dati Geognostici della Regione Emilia Romagna, i sondaggi profondi presenti nei pressi dell'area in studio, evidenziano un substrato a profondità di circa 40 metri dal p.c..

La carta geologica regionale evidenzia in prossimità dell'area, uno sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto, avente direzione appenninica.

3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Per delineare le caratteristiche geologico-morfologiche del sito, oltre alla C.G.R., si sono utilizzati gli elementi reperibili nella cartografia locale (*Carta geomorfologica della conoide del T. Conca a scala 1:10.000 – Geol. M. Zaghini 1995 eseguito per conto dell'Amm. Prov.le di Rimini*), che si riporta in stralcio in figura.



aree escavate (l=lago - v= conca inerbita- r= superfici ritombate)

Trattasi di un'area subpianeggiante, tipica delle zone sabbiose costiere, con leggere pendenze verso mare. Questo è il territorio emerso dopo la regressione marina verificatasi a partire da 6.000 anni fa a seguito delle fluttuazioni eustatiche-climatiche. Verso Sud-Ovest, a circa 200 m, è posizionata l'antica falesia costiera, in gergo denominata "Greppa", formatasi durante la massima fase di ingressione marina che con un salto morfologico di circa 10.0 m. delimita i terreni di sedimentazione marina depositatesi nell'ultima trasgressione Flandriana, a valle (IV ordine di terrazzo), dai depositi limoso-

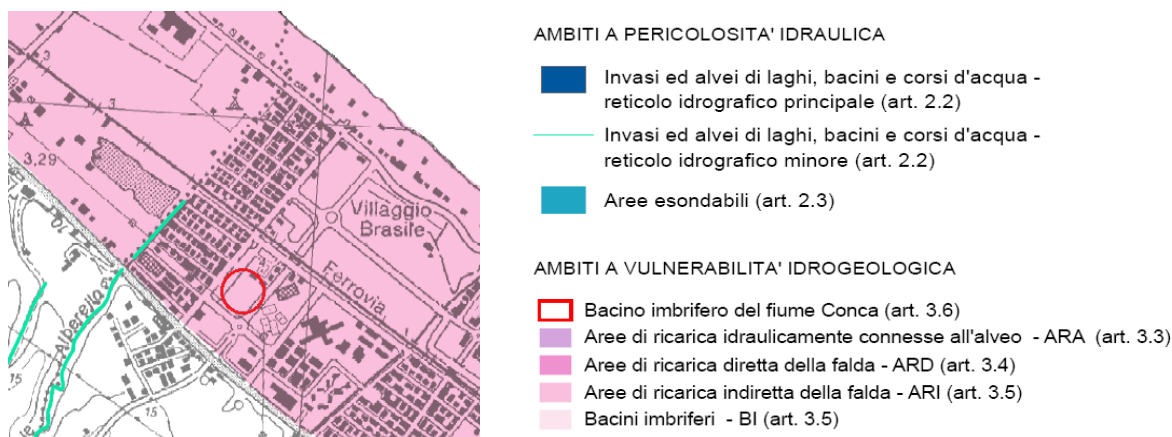
argillosi di natura continentale a monte (III ordine di terrazzo). Le pratiche agricole hanno occultato (ed a luoghi cancellato), gli aspetti tipici delle zone litoranee e di transizione fluvio-marina (cordoni dunali, tomboli costieri, depressioni retrodunali), tuttavia ancora individuabili con l'analisi del micro rilievo.

4 ANALISI DEI RISCHI GEOMORFOLOGICI ED IDRAULICI

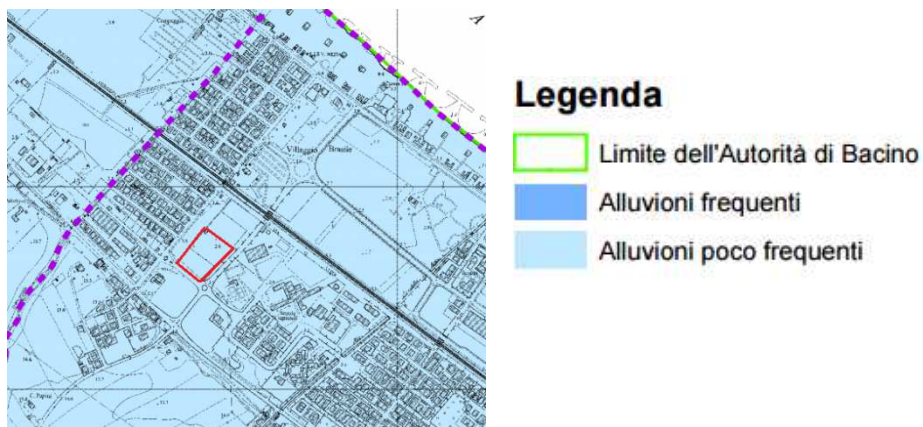
Essendo l'area pianeggiante non sussistono particolari rischi geomorfologici. L'area è ubicata tra il Rio Alberello che scorre circa 240 metri a NO e il Rio dell'Agina posto circa 400 metri a SE. Il primo, dalla S.S. 16 Adriatica è completamente intubato, mentre il secondo scorre incanalato con manufatto in c.a. per tutto il tratto urbano fino alla foce.

Per l'analisi dei rischi idraulici della zona e delle tutele e vincoli relativi alla falda ed al reticolo di superficie, si fa riferimento alle seguenti cartografie:

1. Carta Rischi Ambientali del P.T.C.P. della Provincia di Rimini - Tav. D1/3 (Variante 2012).



- il sito ricade nell'ambito di "ricarica indiretta della falda - ARI", art. 3.5 delle norme di piano (tutela della falda e della sua ricarica).
- Tavola S.A.6.** l'area in studio non è coinvolta in fasce di rispetto di pozzi ad uso idropotabile.
 - P.A.I. Autorità Interregionale di Bacino Marecchia – Conca Variante 2016 – Tavola unica del Comune di Misano Adriatico.** L'area ricade al di fuori della perimetrazione delle aree inondabili con tempi di ritorno fino a 500 anni.
 - P.A.I. Autorità Interregionale di Bacino Marecchia–Conca Variante 2016 – Tavola unica del Comune di Misano A. – Mappe della pericolosità – Reticolo secondario di Pianura P.G.R.A.).**



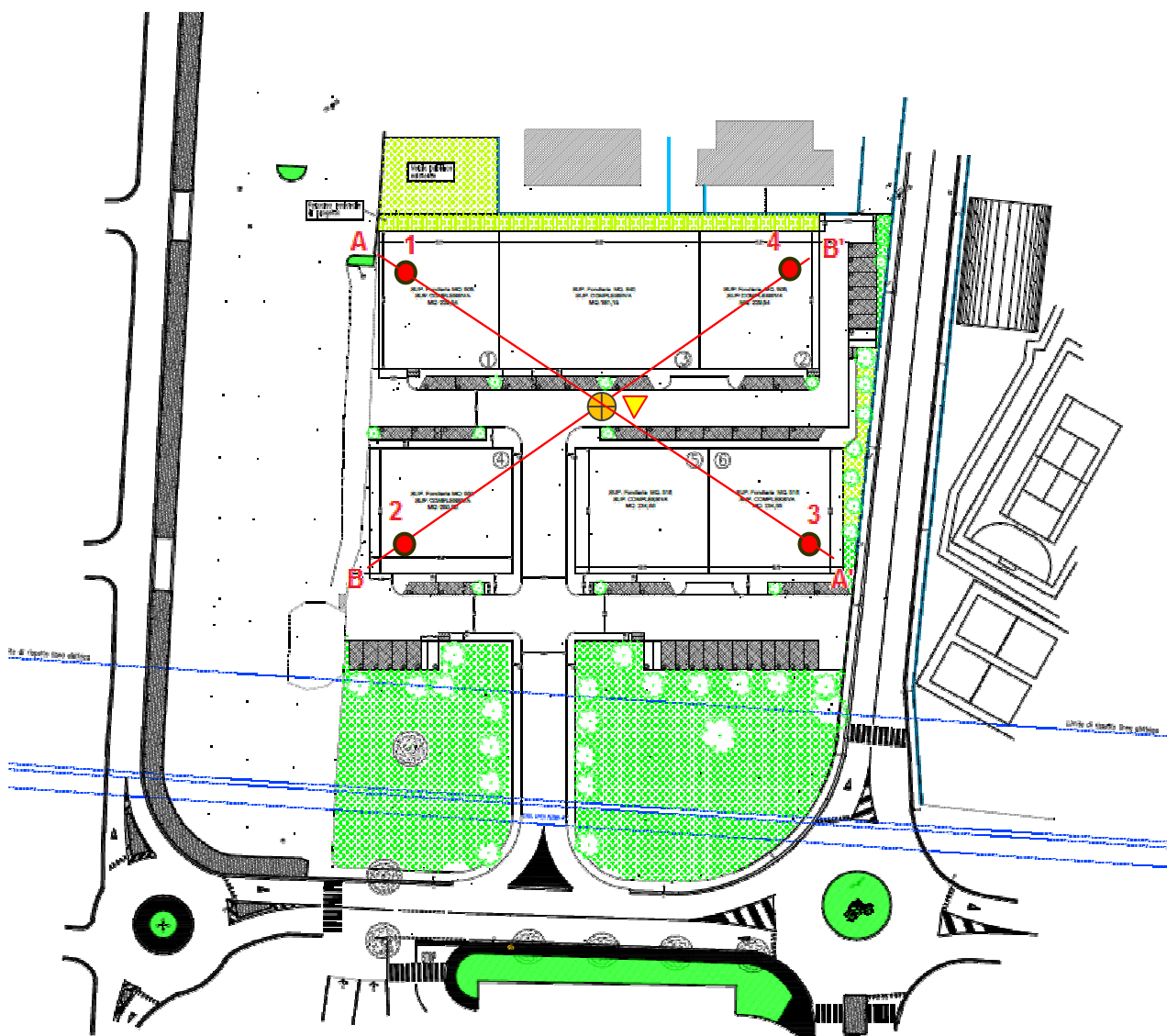
- L'area ricade nell'ambito delle "alluvioni poco frequenti" (media probabilità: P2 – tempo di ritorno fino a 100 anni) – Art. 21 punto 3 delle norme di piano.

Fermo restando il rispetto della normativa sopra riportata, a livello costruttivo non sussistono particolari ambiti di pericolosità geomorfologica od idraulica.

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE E STRATIGRAFIA

Per ricavare la stratigrafia del sottosuolo nell'area interessata dalle previsioni urbanistiche, si sono eseguite n° 4 prove penetrometriche statiche **CPT** (●) con strumento Pagani da 20 tonnellate ed utilizzo di punta meccanica Begemann e n° 1 prova penetrometrica statica a punta elettrica **CPTE** (⊕). Le prove, eseguite dalla Ditta GeoLab di Rimini, sono state spinte fino a profondità comprese tra -12.0 e -15.0 m p.c.. In corrispondenza della CPTE, è stata inoltre eseguita un'indagine di sismica passiva con microtremore **HVSR** (▼), di cui si parlerà al Cap. 7.

Di seguito è riportata la **planimetria a scala 1:1.000** delle previsioni urbanistiche dell'area in esame, con l'ubicazione delle indagini geognostiche e sismica effettuate e le tracce delle sezioni litostratigrafiche. Seguono i tabulati delle prove penetrometriche.



Prova Penetrometrica Statica a punta elettrica

Prova n.: CPTE 1

Cantiere: Misano Adriatico (RN), via Alberello

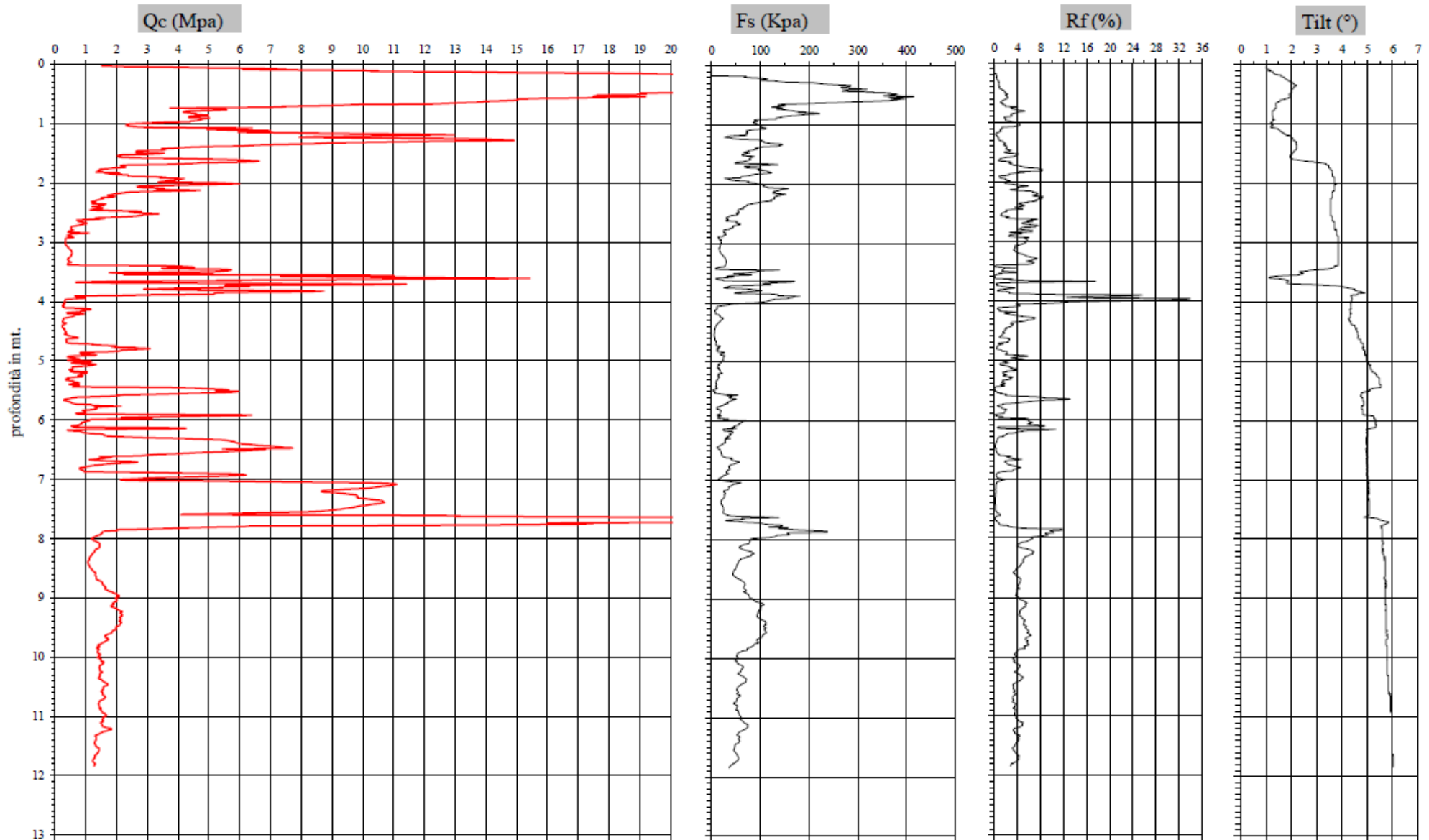
Data: Giugno 2019

Quota inizio: piano campagna

Liv.falda: -3,60 mt.



Pagani TG 63/200



Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT1

Cantiere: Misano Adriatico (RN), via Alberello

Data: Giugno 2019

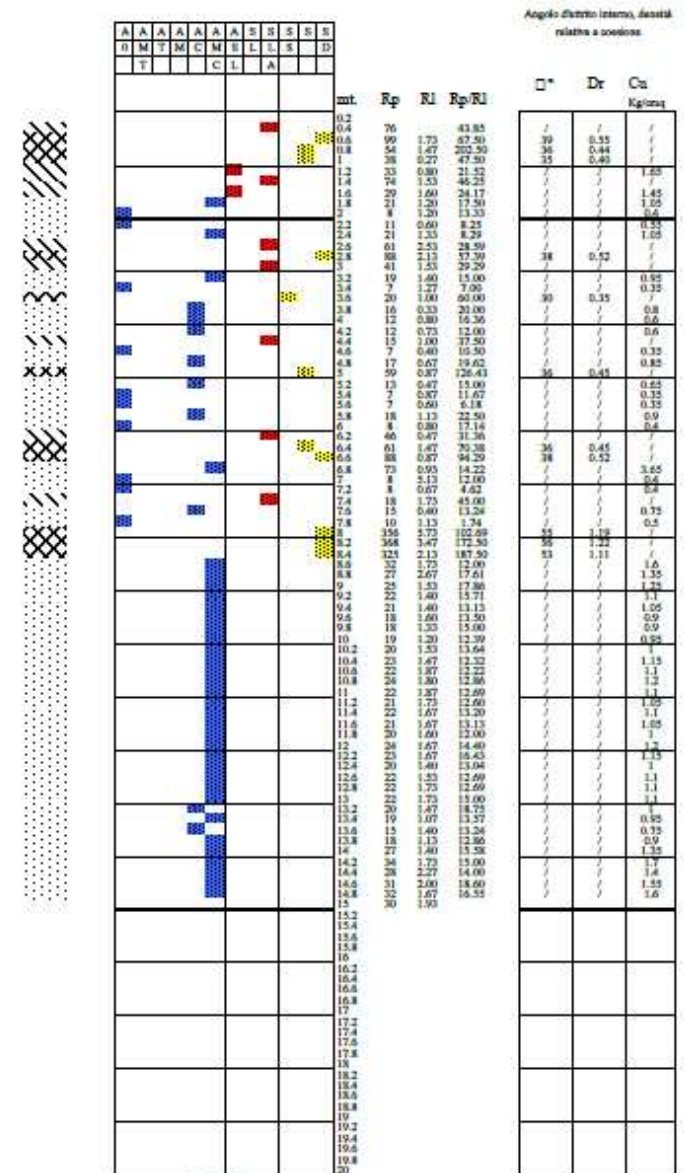
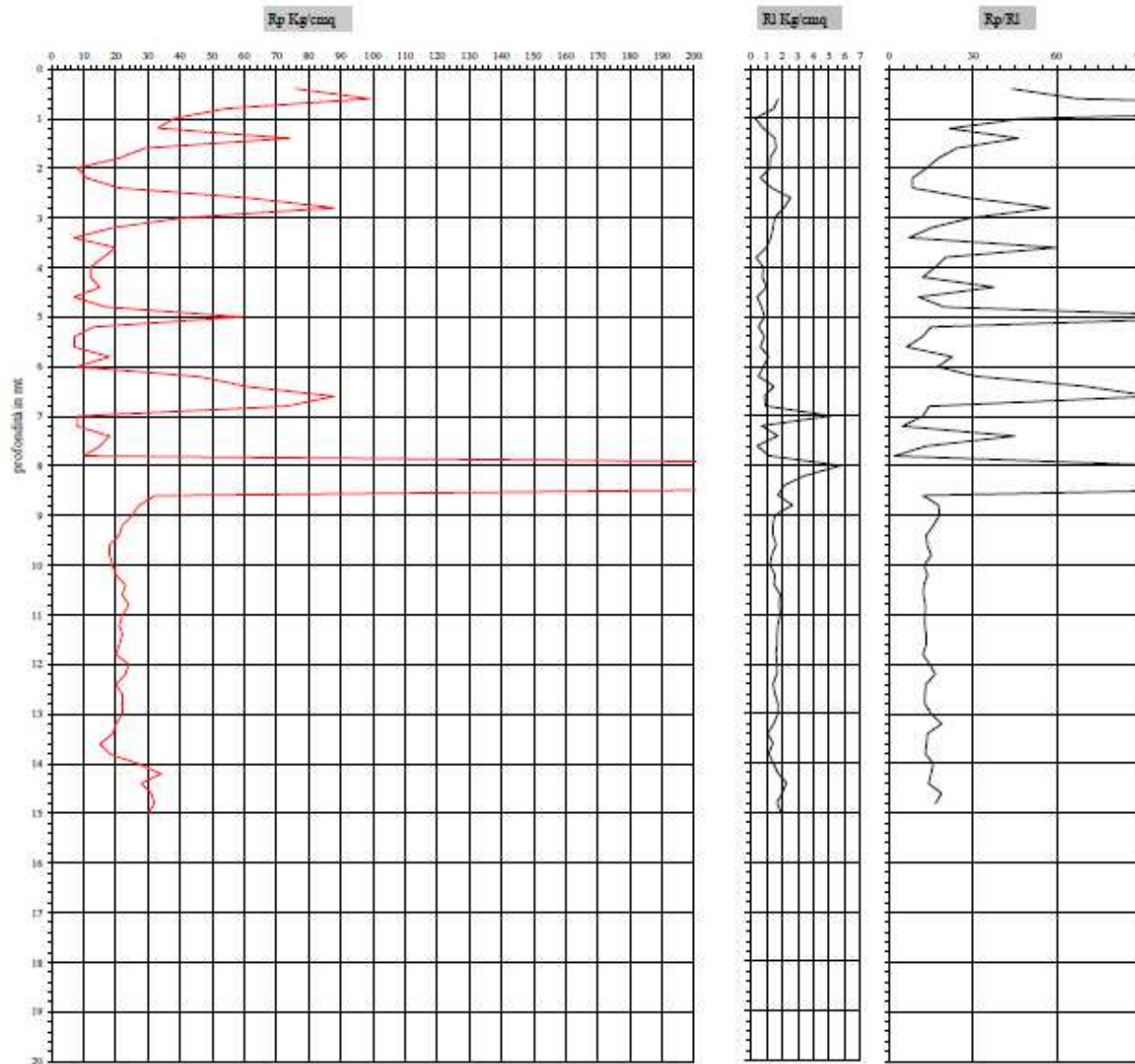
Quota inizio: piano campagna

Liv.falda: -3,40 mt. dal p.c.

Note:



Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



argilla
sabbia limosa argillosa
sabbia

Legenda:

AO argilla organica e terreni misti, AMT argilla molto tenera,
AT argilla tenera, AM argilla media, AC argilla compatta
AMC argilla molto compatta, ASL argilla sabbiosa limosa,
SL sabbia e limo, SLA sabbia limosa argillosa
SS sabbia sciolta, S sabbia, SD sabbia densa

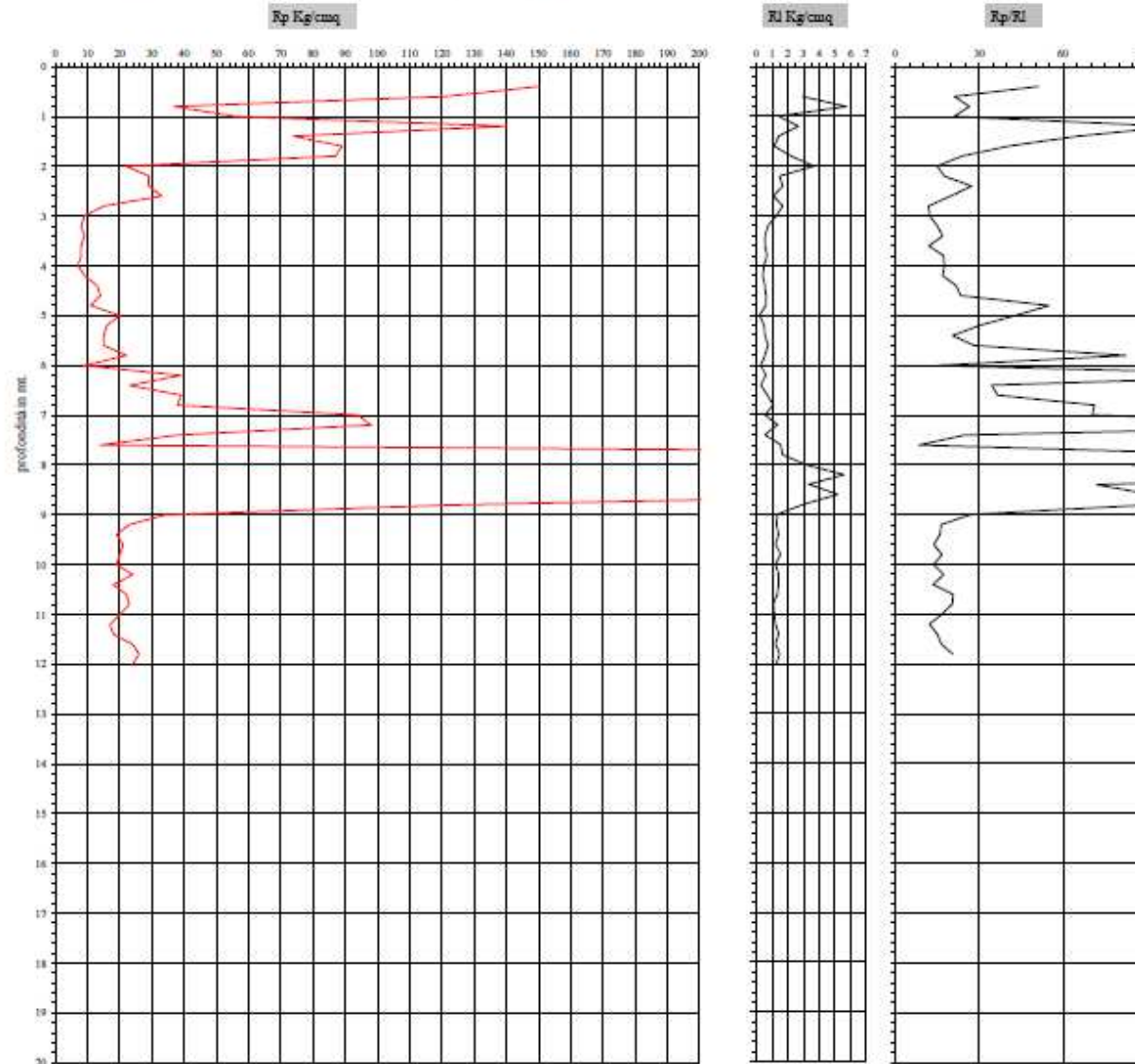
Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT2
Cantiere: Misano Adriatico (RN), via Alberello
Data: Giugno 2019

Quota inizio: piano campagna
Liv.falda: -3,70 mt. dal p.c.
Note:



Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



A A A A A A A A S S S S S S													Angolo elettrico interno, densità relativa e coesione			
D	M	T	M	C	M	S	L	L	S	D						
T						C	L	A						□*	Dr	Cu
										mt.	Rp	Ri	Rp/Ri	Kg/cm²		
										0.2						
										0.4	150	0.1	51.14	42	0.54	/
										0.6	121	2.93	21.10	/	/	6.05
										0.8	37	5.73	26.43	/	/	1.85
										1	36	1.40	21.00	37	0.49	2.3
										1.2	140	2.67	100.00	/	/	/
										1.4	74	1.40	64.29	/	/	/
										1.6	89	1.13	49.42	/	/	/
										1.8	87	2.20	21.73	/	/	4.33
										2	22	1.67	15.00	/	/	/
										2.2	20	1.47	17.40	/	/	1.42
										2.4	20	1.67	27.19	/	/	1.45
										2.6	33	1.07	19.80	/	/	1.62
										2.8	13	1.67	11.36	/	/	0.75
										3	9	1.27	13.27	/	/	0.45
										3.2	8	0.73	15.00	/	/	0.4
										3.4	9	0.55	16.38	/	/	0.45
										3.6	8	0.55	13.00	/	/	0.4
										3.8	8	0.67	17.14	/	/	0.4
										4	7	0.67	17.50	/	/	0.35
										4.2	9	0.60	16.88	/	/	0.45
										4.4	13	0.55	21.67	/	/	0.65
										4.6	14	0.60	23.33	/	/	0.7
										4.8	11	0.60	55.00	28	0.13	/
										5	20	0.20	42.86	/	/	/
										5.2	16	0.47	32.00	/	/	/
										5.4	15	0.53	26.43	/	/	0.3
										5.6	15	0.73	24.13	/	/	0.75
										5.8	22	0.53	82.50	/	/	/
										6	9	0.27	15.00	32	0.36	0.45
										6.2	30	0.60	146.25	35	0.40	/
										6.4	23	0.27	34.50	/	/	/
										6.6	30	0.67	36.56	/	/	/
										6.8	38	1.07	71.25	35	0.40	/
										7	94	0.53	75.50	38	0.54	/
										7.2	98	1.33	183.75	39	0.55	/
										7.4	38	0.53	24.78	/	/	1.9
										7.6	14	1.53	8.40	/	/	0.7
										7.8	409	1.67	130.53	38	1.32	/
										8	476	1.13	85.00	40	1.42	/
										8.2	298	3.60	179.40	40	1.40	/
										8.4	373	3.33	72.12	50	1.24	/
										8.6	276	3.20	92.00	50	0.99	/
										8.8	123	3.60	92.25	40	0.61	/
										9	34	1.33	26.34	/	/	1.9
										9.2	23	1.27	16.43	/	/	1.15
										9.4	19	1.40	15.83	/	/	0.95
										9.6	21	1.20	13.70	/	/	1.05
										9.8	20	1.33	14.67	/	/	1
										10	19	1.20	15.57	/	/	0.95
										10.2	24	1.40	17.14	/	/	1.2
										10.4	18	1.40	11.50	/	/	0.9
										10.6	22	1.20	15.14	/	/	1.1
										10.8	23	1.07	20.29	/	/	1.15
										11	20	1.13	16.67	/	/	/
										11.2	17	1.20	15.14	/	/	0.85
										11.4	18	1.40	15.00	/	/	0.9
										11.6	23	1.20	14.36	/	/	1.3
										11.8	26	1.47	20.53	/	/	1.3
										12	24	1.27			/	
										12.4					/	
										12.6					/	
										12.8					/	
										13					/	
										13.2					/	
										13.4					/	
										13.6					/	
										13.8					/	
										14					/	
										14.2					/	
										14.4					/	
										14.6					/	
										14.8					/	
										15.2					/	
										15.4					/	
										15.6					/	
										15.8					/	
										16					/	
										16.2					/	
										16.4					/	
										16.6					/	
										16.8					/	
										17					/	
										17.2					/	
										17.4					/	
										17.6					/	
										17.8					/	
										18.2					/	
										18.4					/	
										18.6					/	
										18.8					/	
										19					/	
										19.2					/	
										19.4					/	
										19.6					/	
										19.8					/	
										20					/	

Legenda:

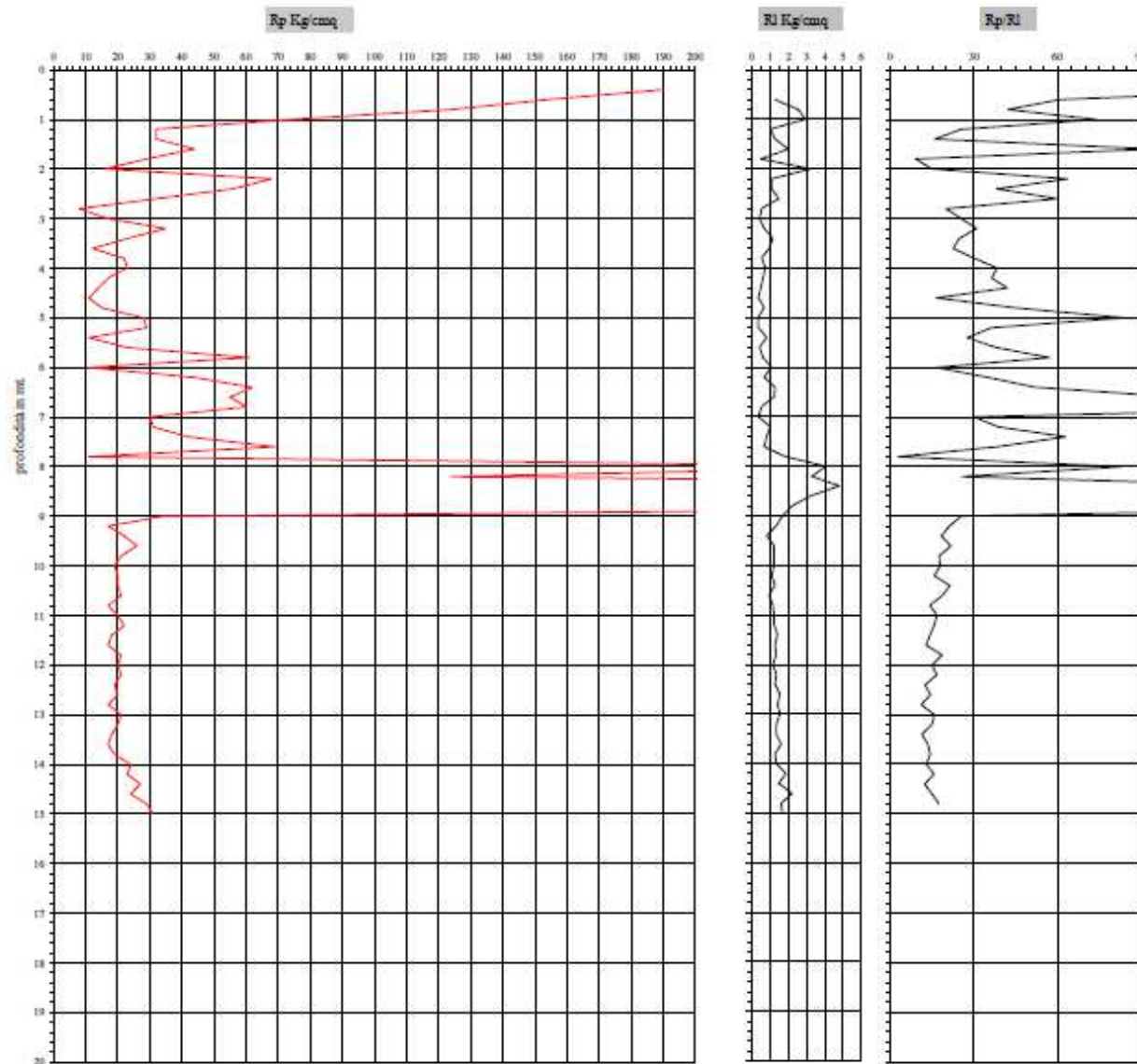
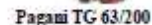


AO argilla organica e terreni molli; AMT argilla molto tenera;
AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta
AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa;
SL sabbia e limo; SLA sabbia limosa argillosa
SS sabbia sciolta; S sabbia; SD sabbia densa

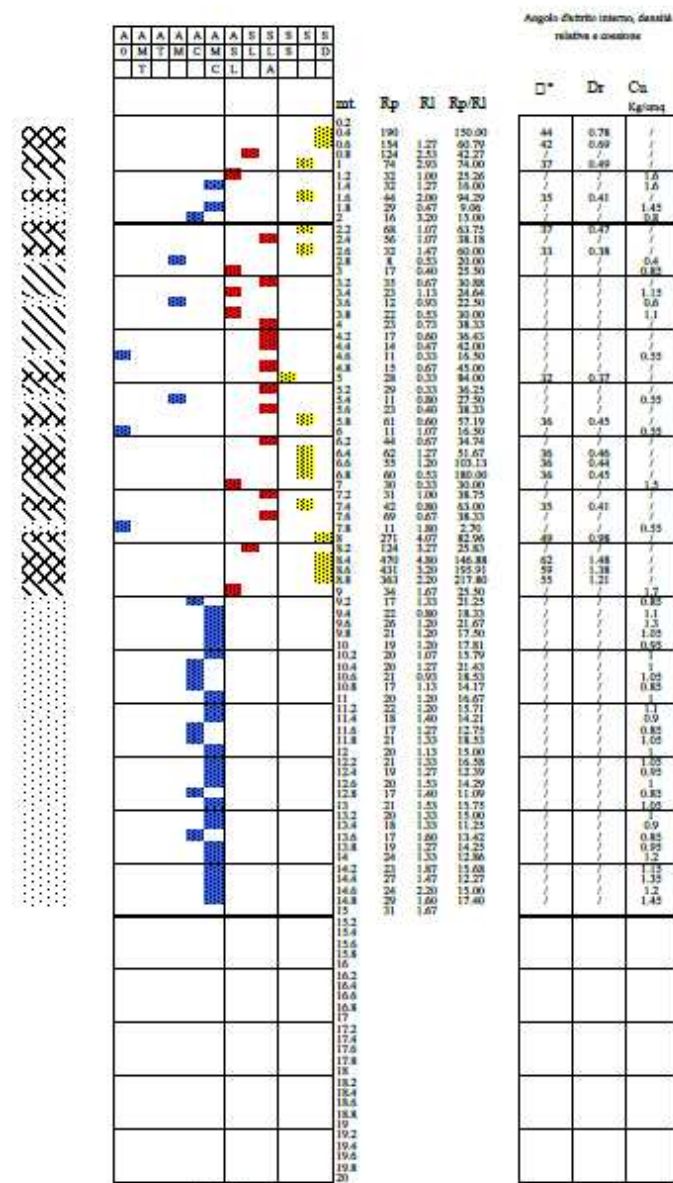
Prova Penetrometrica Statica

Caniere: Misano Adriatico (RN), via Alberello
Data: Giugno 2019

Quota inizio: piano campagna
Liv.falda: -3,80 mt. dal p.c.
Note:



Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Legenda

AO argilla organica e terreni misti; AMT argilla molto tenera;
AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta
AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa;
SL sabbia e limo; SLA sabbia limoso argillosa
SS sabbia sciolta; S sabbia; SD sabbia densa

Prova Penetrometrica Statica

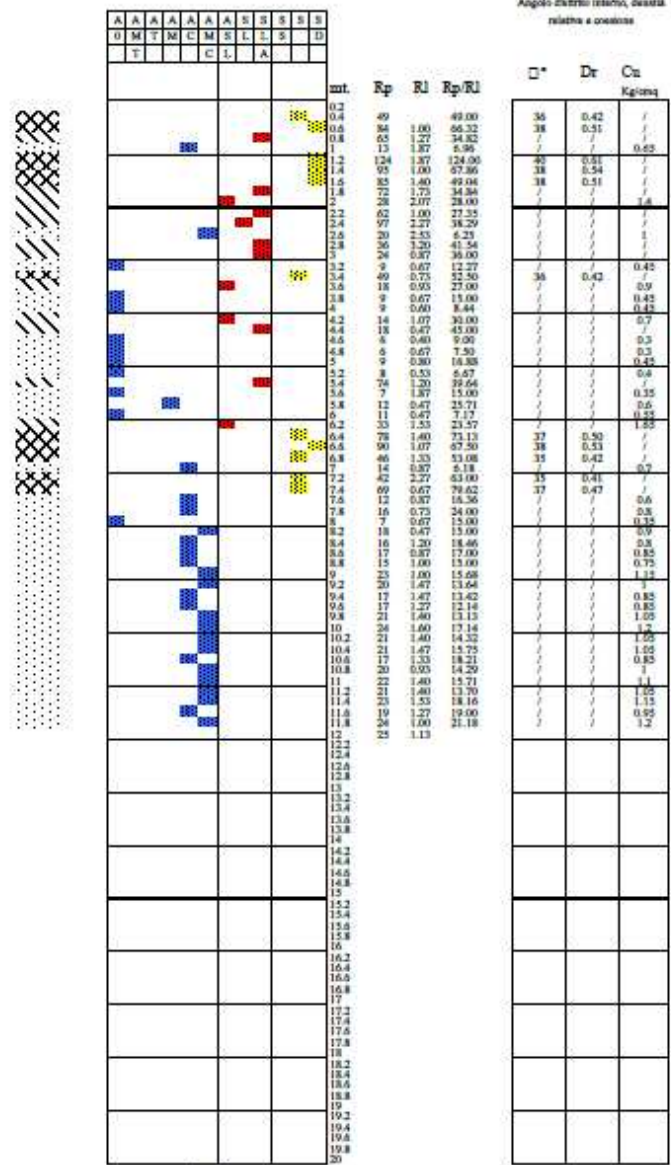
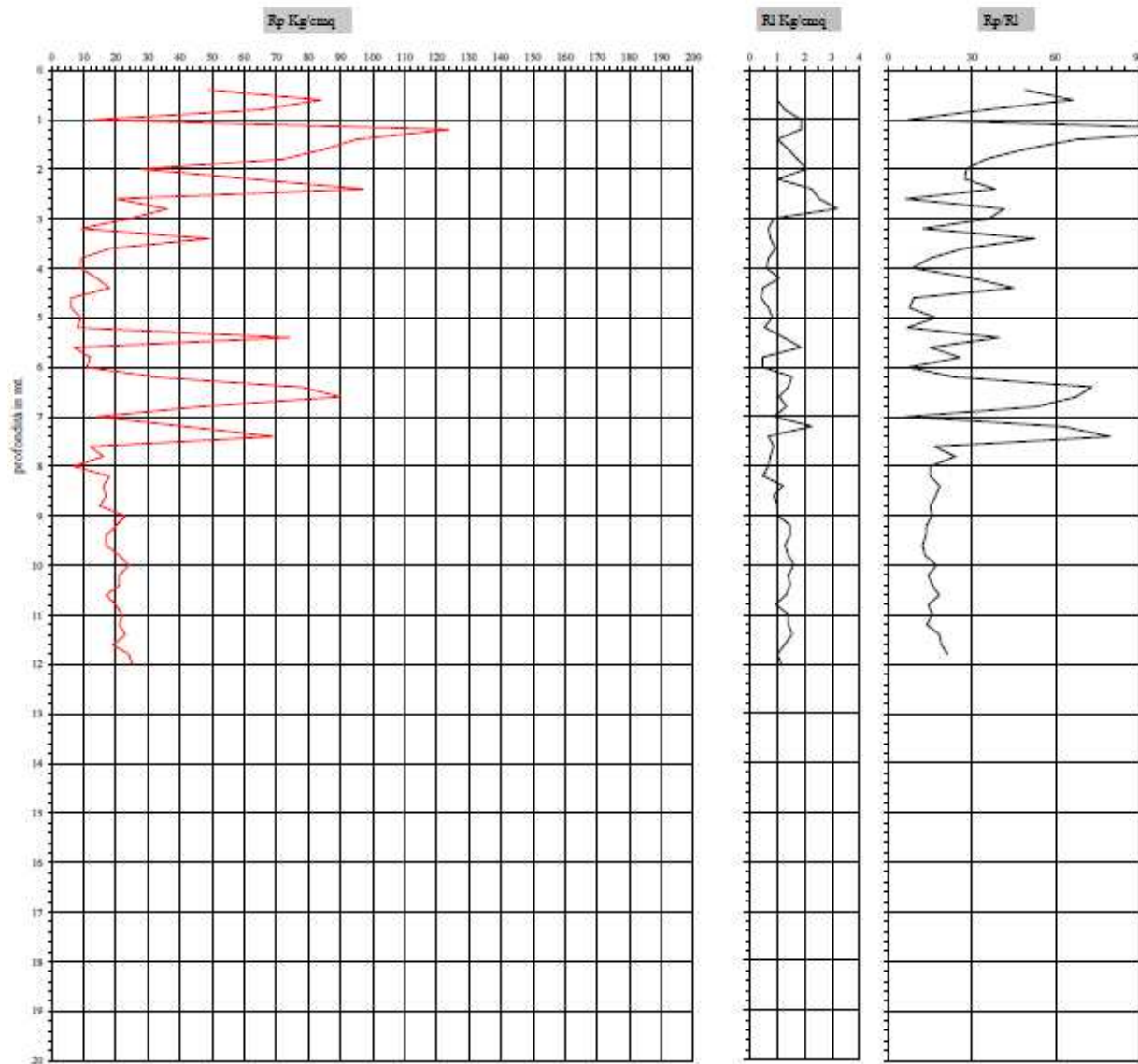
Prova n.: CPT4
Cantiere: Misano Adriatico (RN), via Alberello
Data: Giugno 2019

Quota inizio: piano campagna
Liv.falda: -3,30 mt. dal p.c.
Note:



Pagani TG 63/200

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Legenda:

AO argilla organica e terreni misti; AMT argilla molto tenera;
AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta;
AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa;
SL sabbia e limo; SLA sabbia limosa argillosa;
SS sabbia sciolta; S sabbia; SD sabbia densa

Dall'analisi geologica e geognostica effettuata e sulla base del rapporto Rp/Rl (così come proposto da Schmertmann ed altri Autori), è possibile differenziare il terreno nei litotipi principali che vengono di seguito descritti:

LIV.	PROVA	PROF. mt. p.c.	LITOLOGIA
R	CPT 1 CPT 2 CPT 3 CPT 4 CPTE 1	0.0-7.8 0.0-6.4 0.0-6.0 0.0-6.0 0.0-6.2	Materiale di riporto estremamente eterogeneo (variabile da argille organiche ad argille variamente consistenti con interstrati di sabbie e sabbie limose e più o meno addensate o ghiaia). (probabile riempimento di area di ex cava - v. nota).
A	CPT 1 CPT 2 CPT 3 CPT 4 CPTE 1	Non rilevato 6.4-7.6 6.0-7.8 6.0-7.6 6.2-7.0	Sabbie e sabbie limose mediamente addensate
B	CPT 1 CPT 2 CPT 3 CPT 4 CPTE 1	7.8-8.6 7.6-9.0 7.8-9.0 Non rilevato 7.0-7.8	Livello ghiaioso mediamente addensato.
C	CPT 1 CPT 2 CPT 3 CPT 4 CPTE 1	8.6- 15.00 9.0- 12.00 9.0- 15.00 7.6- 12.00 7.8- 11.84	Argille ed argille limoso-sabbiose da mediamente consistenti a consistenti

- **Nota:** la cartografia reperita e consultata non evidenzia nell'area in esame la presenza di un lago di cava riempito come risulta invece nelle aree attigue (v. pag. 4). L'andamento delle prove penetrometriche risulta difforme dall'andamento di prove effettuate in aree limitrofe caratterizzate dagli stessi ambienti deposizionali ma soprattutto corrisponde all'andamento di prove geognostiche effettuate da questo Studio nelle aree adiacenti di cava poi completamente ritombate. Pertanto, sulla base di queste considerazioni, si ritiene che anche l'area in studio sia stata soggetta in passato ad escavazione e successivo ritombamento.

6 IDROGEOLOGIA

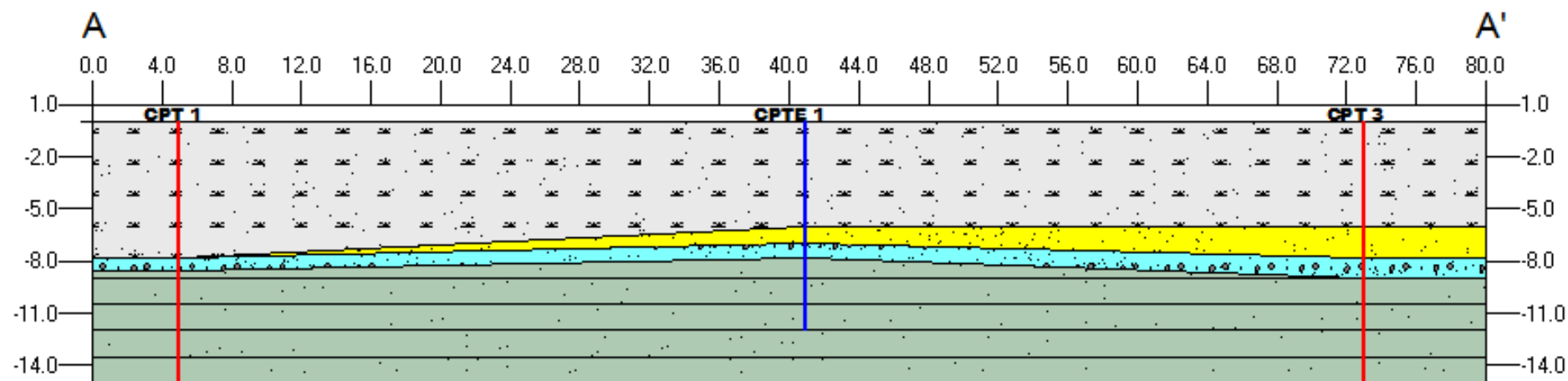
Nel periodo di svolgimento delle indagini geognostiche (Giugno 2019). si sono rilevati, all'interno dei fori penetrometrici, i seguenti livelli piezometrici:

- CPT 1: -3.40 m dal p.c.; CPT 2: -3.70 m dal p.c.; CPT 3: -3.80 m dal p.c.;
- CPT 4: -3.30 m dal p.c.; CPTE 1: -3.60 m dal p.c..

Per quanto riguarda i caratteri idrogeologici dell'area, la **falda freatica** permea i depositi sabbiosi superficiali di ambiente litoraneo ed è in stretto rapporto con il livello medio marino; pertanto **la piezometrica nelle aree limitrofe, si rileva a quote prossime al piano campagna.**

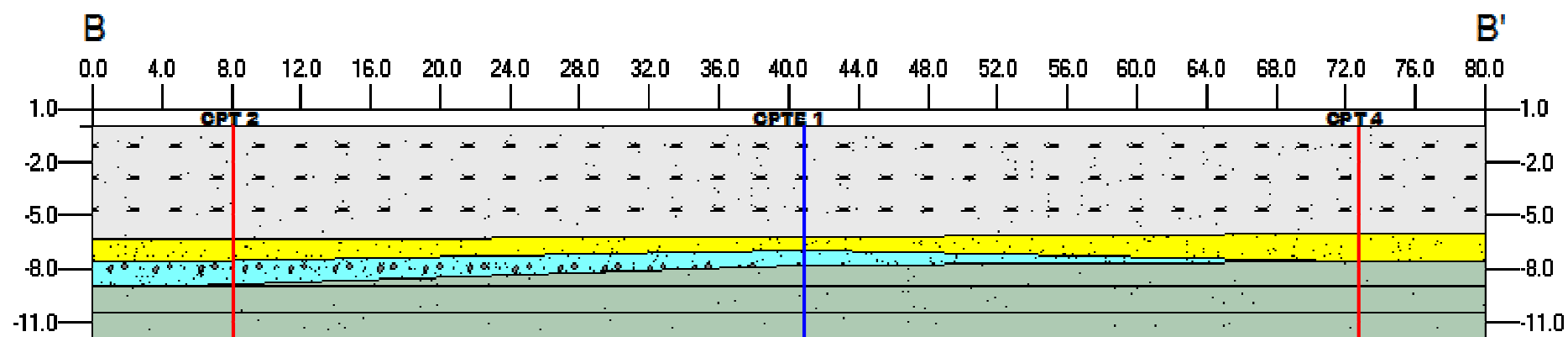
I livelli rilevati nei fori penetrometrici sono da attribuirsi all'abbassamento della falda operato dalle pompe del vicino sottopasso stradale e ferroviario, per cui, nelle verifiche geologiche o strutturali occorre considerare il livello piezometrico a -1.5/2.0 m p.c..

Seguono le **sezioni litostratigrafiche** interpretative.



LEGENDA:

- Livello R
- Livello A
- Livello B
- Livello C



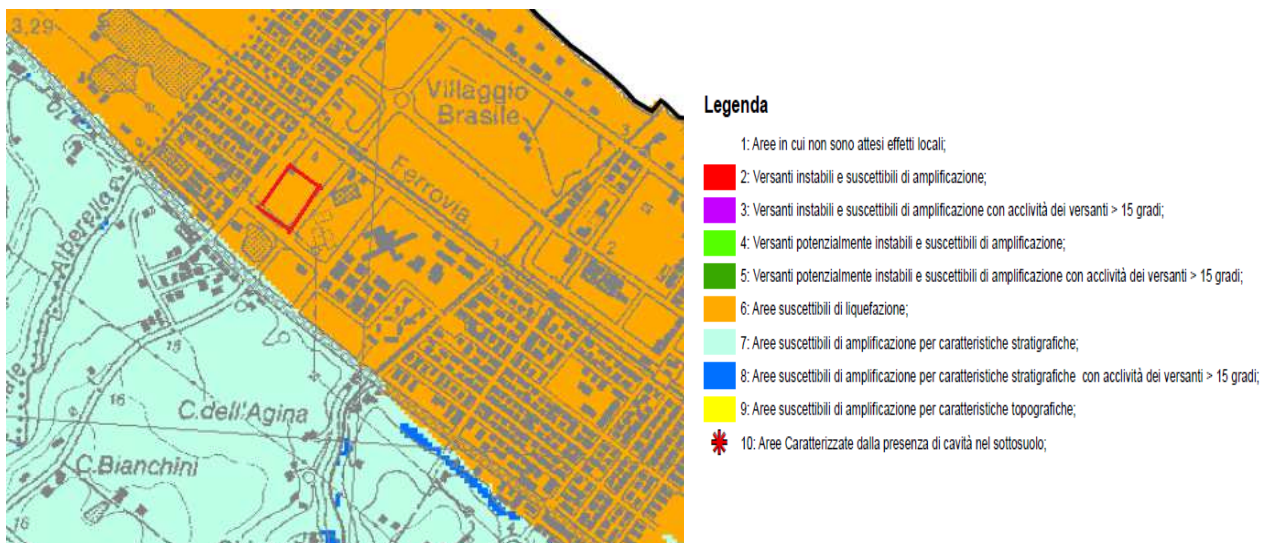
7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

Nei capitoli precedenti è stato definito il modello geologico dell'area oggetto d'interesse, ora si procede alla sua caratterizzazione sismica.

7.1 Ambito di pericolosità sismica

Relativamente a tale ambito si è consultata la seguente cartografia:

Carta Sistema Ambientale del P.T.C.P. della Provincia di Rimini (Tav. S.A. 112/2 - Rischio sismico – Carta provinciale delle zone suscettibili degli effetti locali): in tale carta l'area in studio ricade interamente nell'ambito di “aree suscettibili di liquefazione”:



Al Cap. 8 verrà svolto il calcolo del potenziale di liquefazione delle sabbie.

7.2 Magnitudo di riferimento

La magnitudo massima storica stimata sulla base del catalogo aggiornato DBMI15* è la seguente:

► CPTI15-DBMI15 homepage

1916 agosto 16 07:06:14.00

Riminese

EqID 19160816_0706_000

	Rif	Lat	Lon	Io	Mw	ErMw	Profond.
★ CPTI15	CFTI4med	44.019	12.737 MM	8	5.82 ± 0.08 Wmim		
▣ Macro	CFTI4med	44.019	12.737 bx4	8	5.71 ± 0.10 bxn		
Instr	-				6.14 ± 0.17 Pry_msmb		

MDP set di CFTI4med

NMDP 257 Imax 8 MCS

* Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15

7.3 Valutazione della risposta sismica locale

E' stata eseguita un' indagine sismica con metodologia di sismica passiva a stazione singola H/V. L'ubicazione dell'indagine è riportata in planimetria a pag. 7. Il rapporto dell'indagine è invece riportato in allegato. Si è rilevata una **Vs30 (0.0 – 30.0) = 211 m/s**.

Con riferimento alla DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE 29 APRILE 2019, N. 630 "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di Microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica" ed in particolar modo all'ALLEGATO A2 Comma A2.1.2 - PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA (PIANURA 1) per il **calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica** si ha:

PIANURA 1: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di un'importante discontinuità stratigrafica responsabile di un contrasto di impedenza significativo, tale da essere considerato coincidente con il tetto del substrato rigido, a profondità ≤ 100 m da p.c.;

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,9
SA3	3,2	3,2	3,0	2,7	2,5	2,2
SA4	3,1	3,0	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$), **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Vs30 (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5
SI2	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1
SI3	3,4	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Per quanto riguarda l'**effetto topografico** (A.2.2), essendo il sito completamente pianeggiante, questo effetto risulta trascurabile.

Il comune di Misano Adriatico viene dato con accelerazione massima di picco al suolo **a_{refg} = 0,184g** (10% di probabilità di superamento in 50 anni). Applicando il fattore di amplificazione del **Peak Ground Acceleration (PGA)** della tabella sopra riportata si ottiene un'**accelerazione massima attesa al sito** **a_{max} = 0,184 * 1,7 = 0,312 g**.

8 ANALISI DI III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO – VALUTAZIONE DELLA POSSIBILITA' DI OCCORRENZA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

Ai sensi dell'Allegato A3 della Deliberazione della Giunta Regionale sopra riportata si procede alla valutazione della possibilità di occorrenza dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di sollecitazioni intense, come si verifica durante un evento sismico, all'interno di un deposito incoerente saturo, i gradienti di pressione che si generano possono essere tali da produrre elevati flussi idrici all'interno dello scheletro. Se il fenomeno si manifesta in depositi incoerenti a granulometria relativamente fine (per es. sabbie fini), la larghezza limitata dei vuoti dello scheletro tenderà ad ostacolare il flusso idrico, con il conseguente sviluppo di elevate pressioni neutre.

8.1 Verifica della liquefazione - Calcolo del coefficiente di sicurezza

Per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione vengono impiegate le procedure che, nell'Ingegneria Geotecnica Sismica, vengono denominati “*metodi semplificati*”. Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un **coefficiente di sicurezza F_s** , dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilitabile nello strato (CRR) e lo sforzo di taglio indotto dal sisma (CSR):

$$F_s = \frac{(CRR)}{(CSR)}$$

- *Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1. In questo lavoro viene considerato **non liquefacibile** un deposito in cui sia $F_s \geq 1.2$ (vedi Allegato A3).*

La **resistenza al taglio mobilitata nel terreno (CRR)** è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato e principalmente del suo stato di addensamento. Per il calcolo, nel rispetto della normativa regionale, si utilizza il metodo di **Boulanger e Idriss** (2014). La procedura di calcolo si basa sulla seguente equazione:

$$CRR = \exp \left[\frac{qc_{1ncs}}{113} + \left(\frac{qc_{1ncs}}{1000} \right)^2 - \left(\frac{qc_{1ncs}}{140} \right)^3 + \left(\frac{qc_{1ncs}}{137} \right)^4 - 2.8 \right]$$

Il parametro qc_{1n} è essere stimato in maniera iterativa attraverso formule e procedure consultabili in letteratura.

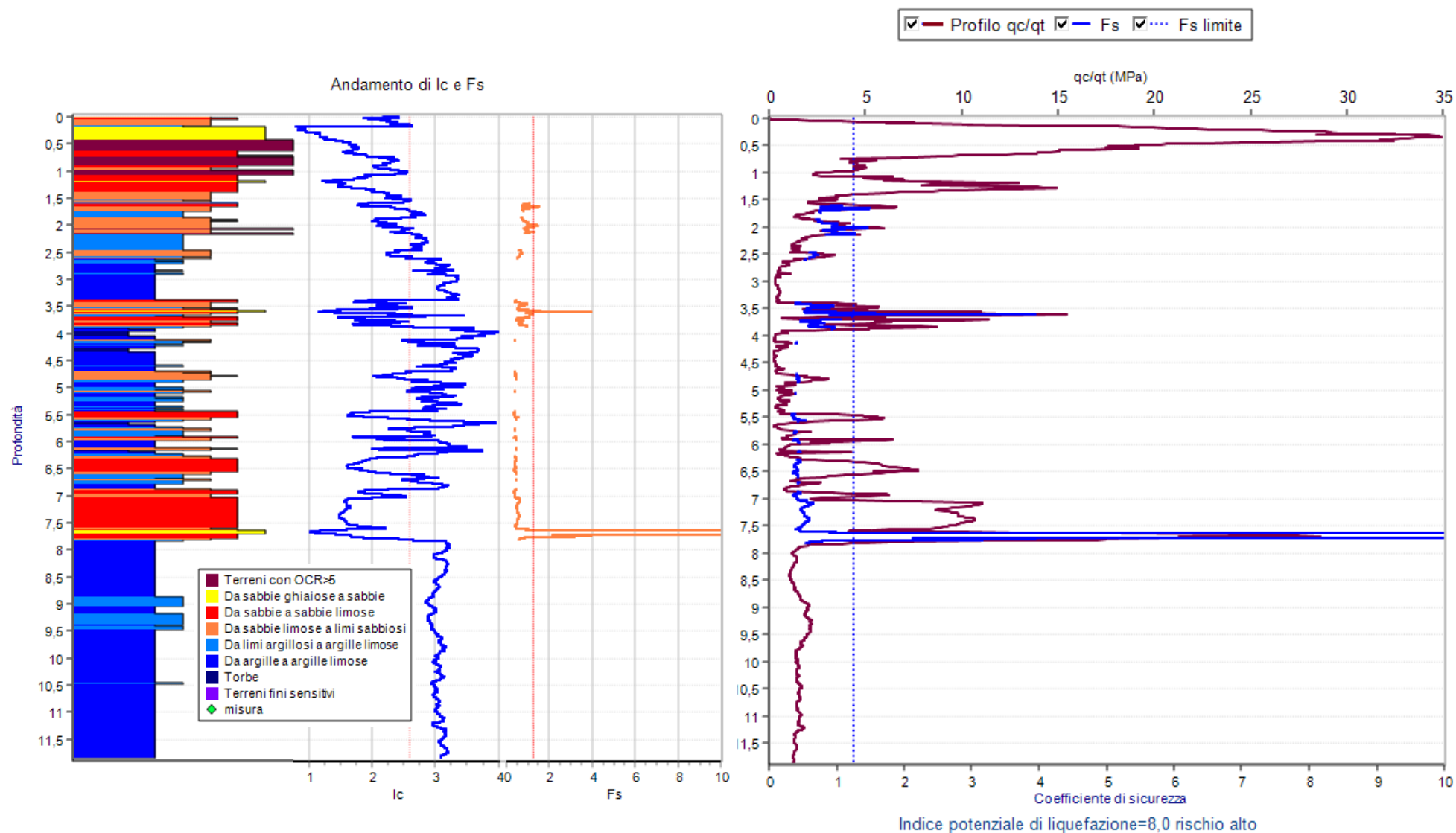
Lo **sforzo di taglio indotto dal sisma (CSR)** dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica – v. par. 7.3 – e magnitudo di progetto – v. par. 7.2) e viene ricavato attraverso la relazione:

$$T = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF}; \text{ dove:}$$

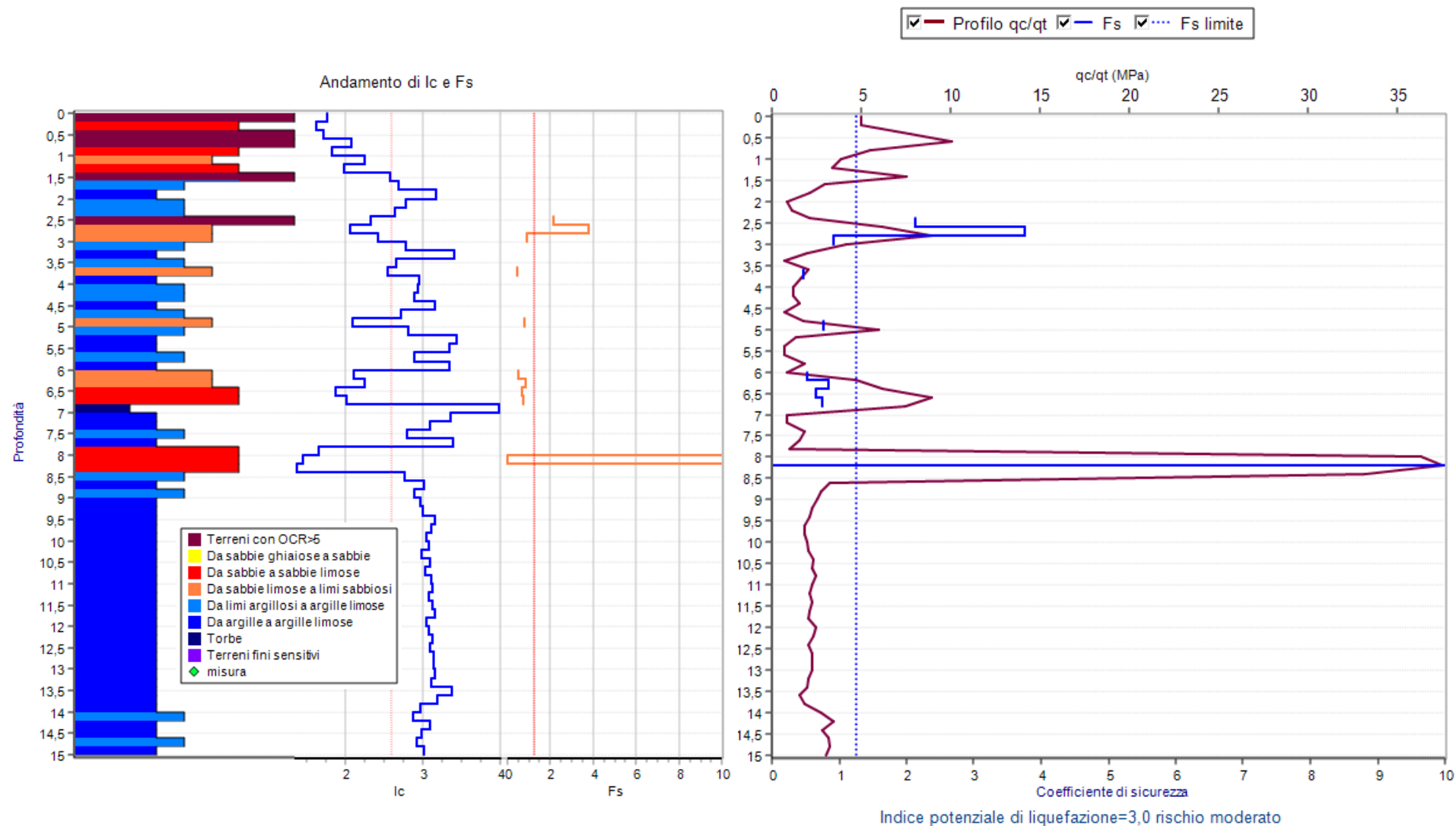
- $a_{\max}$ = accelerazione sismica massima;
 g = accelerazione di gravità = 980.7 cm/s²;
 σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;
 σ'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;
 r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo le correlazioni empiriche proposte da **Boulanger & Idriss** (2014);
 MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con formule consultabili in letteratura.

La falda è stata considerata a -1.6 m. dal p.c. attuale. I risultati di calcolo mostrano sottolivelli con valori di F_s inferiore a 1.2 fino alla profondità di -7.5 m. p.c.. come mostrano i diagrammi dei risultati di calcolo riferiti alle 5 prove penetrometriche eseguite e di seguito riportati.

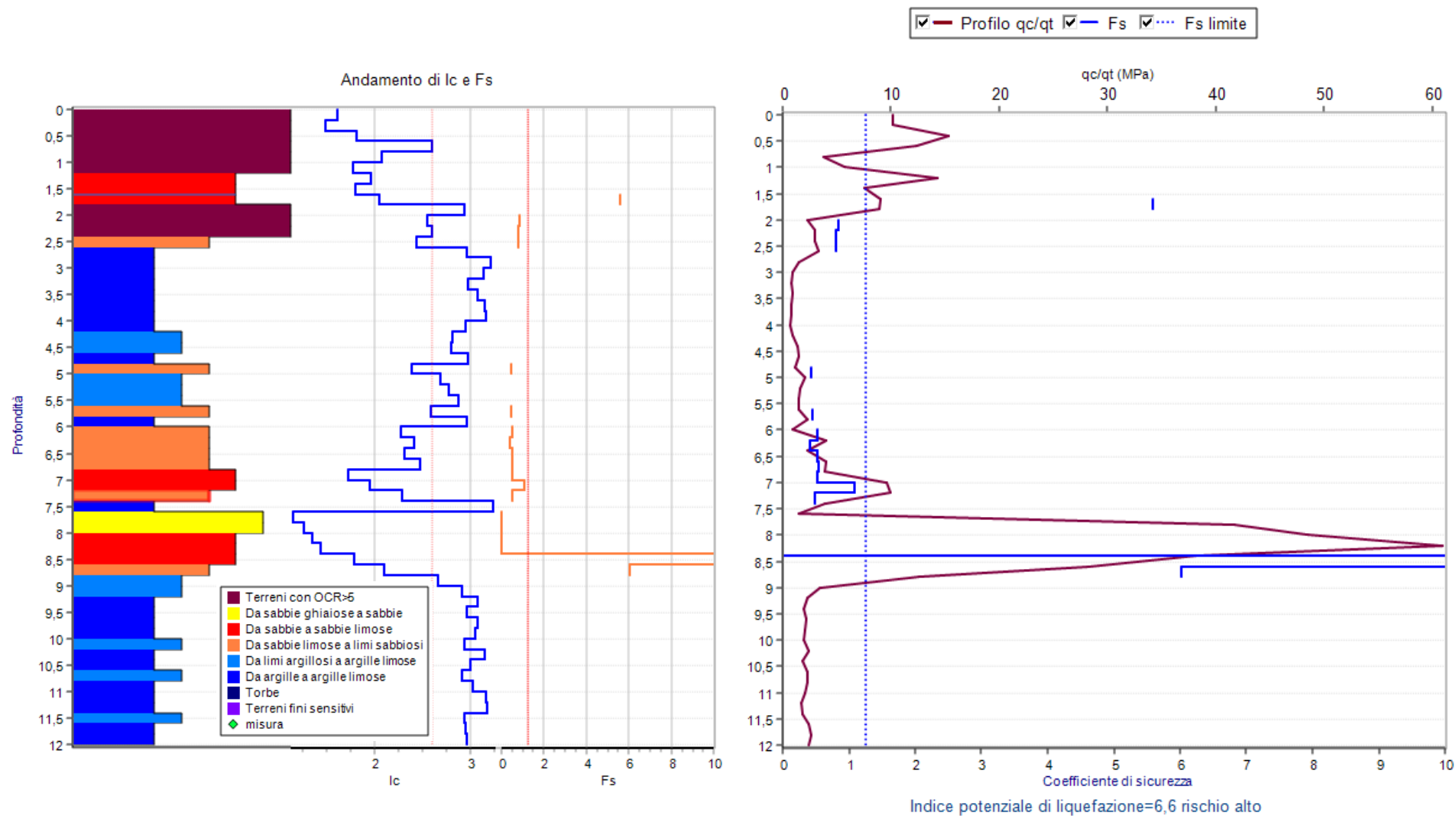
VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE - PROVA PENETROMETRICA CPTE 1



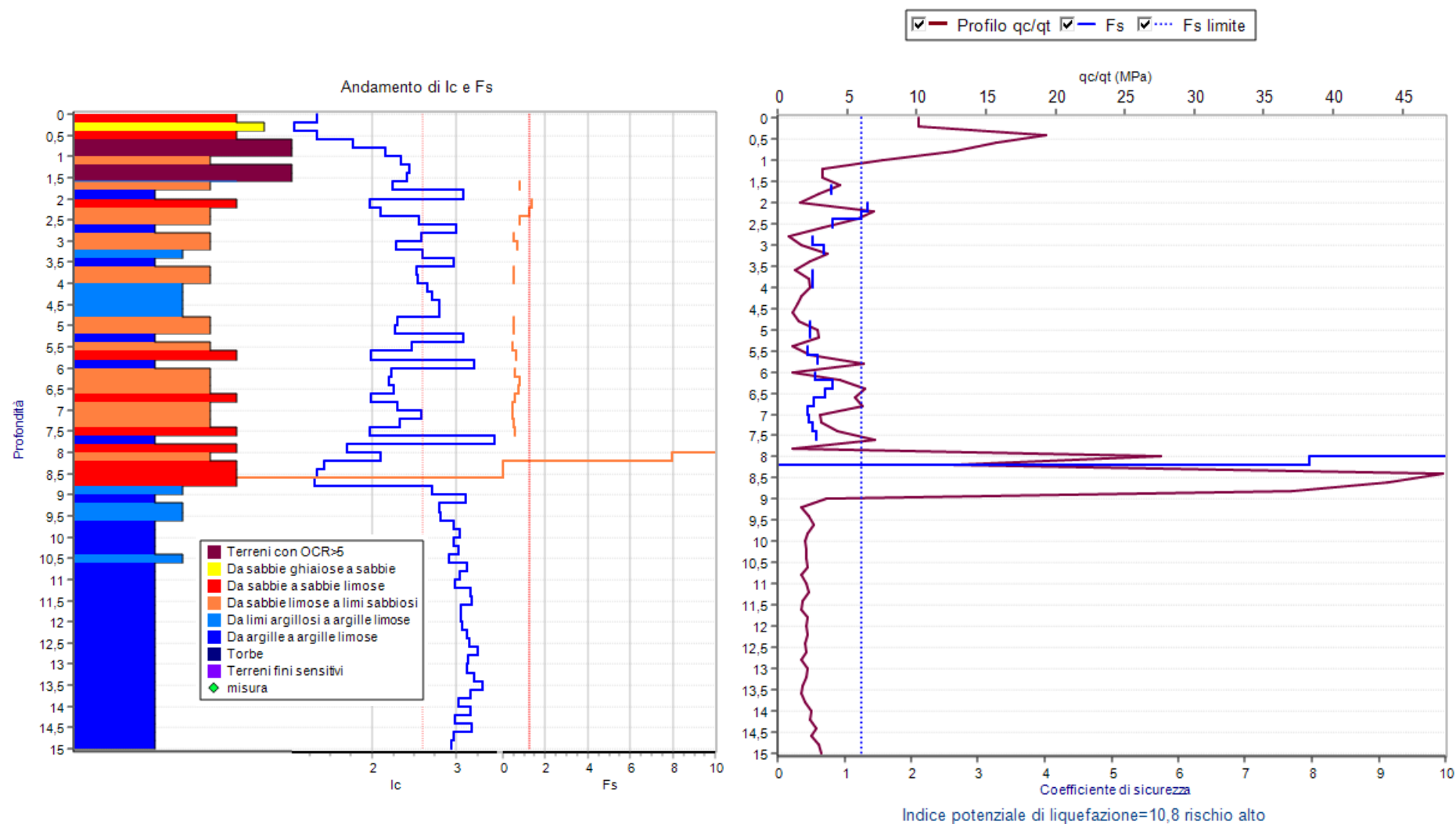
VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE - PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 1



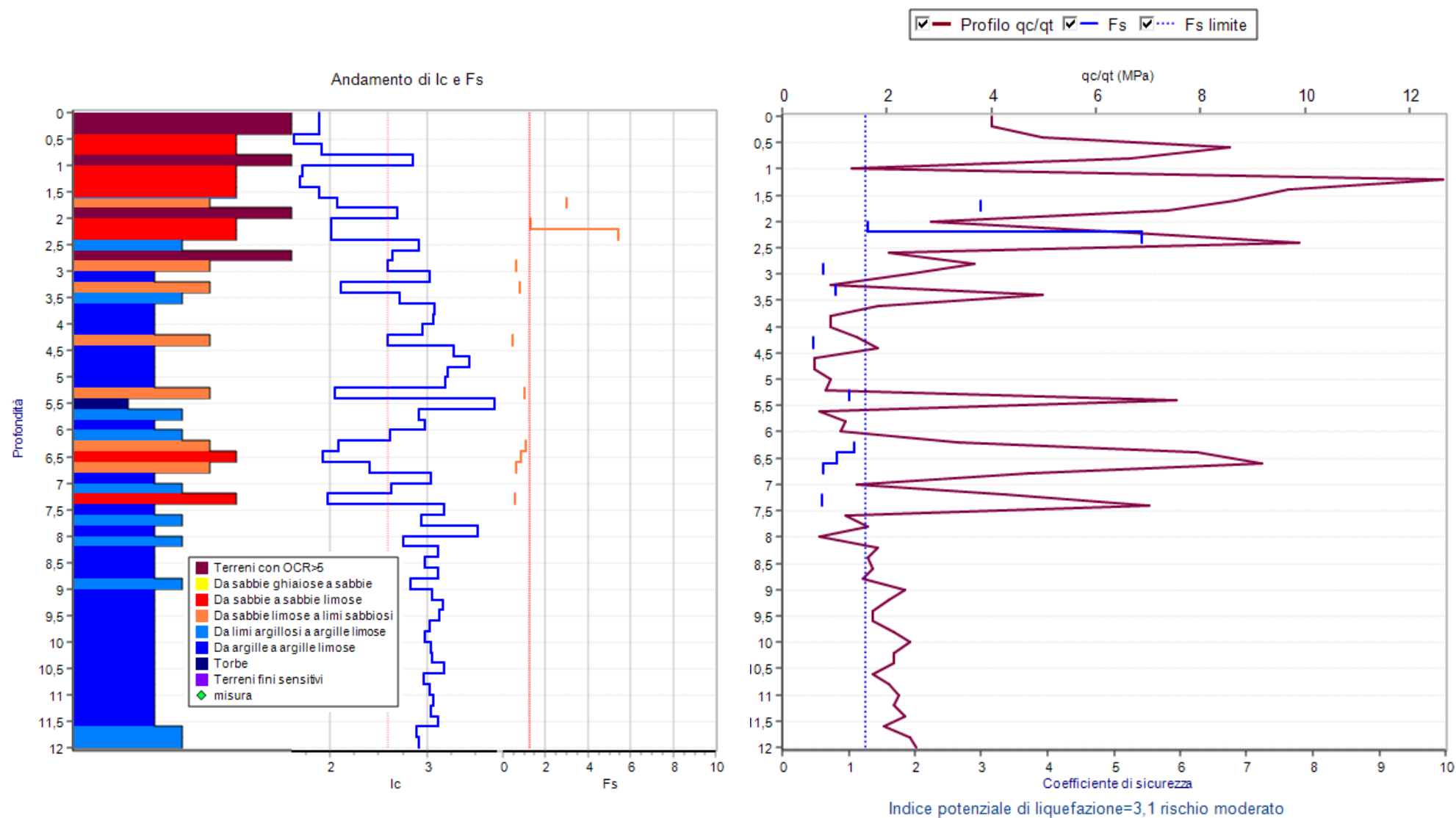
VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE - PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 2



VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE - PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 3



VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE - PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 4



8.2 Indice di liquefazione

Una stima del rischio di liquefazione complessivo lungo una verticale di calcolo viene fornita dal parametro **indice di liquefazione (IL)** (Iwazaki). Tale indice viene definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \sum_{i=1}^n FW(z) \Delta z$$

dove:

n = numero degli intervalli di calcolo di F_s lungo la verticale;

F vale (Sonmez 2003) 0 per $F_s \geq 1.2$

$2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18.427 \cdot F_s)$ per $1.2 > F_s \geq 0.95$

$1 - F_s$ per $F_s \leq 0.95$;

Δz = spessore dell'intervallo di calcolo;

$W(z) = 10 - 0.5z$, con z = profondità di calcolo (massimo 20 m).

In base al valore di **IL** ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso le seguenti classi di pericolosità (Sonmez, 2003):

IL	Rischio di liquefazione
IL=0	Non liquefacibile
$0 < IL \leq 2$	Potenziale basso
$2 < IL \leq 5$	Potenziale moderato
$5 < IL \leq 15$	Potenziale alto
$15 < IL$	Potenziale molto alto

Dai calcoli risultano i seguenti **indici di liquefazione**:

- CPT 1: IL = 3.0 - Potenziale di rischio moderato
- CPT 2: IL = 6.6 - Potenziale di rischio alto
- CPT 3: IL = 10.8 - Potenziale di rischio alto
- CPT 4: IL = 3.1 - Potenziale di rischio moderato
- CPTe 1: IL = 8.0 - Potenziale di rischio alto

9 EDIFICABILITA' DELL'AREA

L'area, sub pianeggiante, ricade nella zona di affioramento della Formazione AES8a della C.G.R.; trattasi di terreni di sedimentazione marina depositatesi nell'ultima trasgressione Flandriana (IV ordine di terrazzo), a valle della paleofalesia, sovrastanti i depositi limo-argillosi di natura continentale (III ordine di terrazzo), affioranti a monte della medesima. La **stratigrafia** del sottosuolo è descritta e illustrata e al **Cap. 5**.

Dall'analisi svolta ai capitoli 3 e 4, si ricava che l'area non ricade in particolari ambiti di pericolosità geomorfologica e idraulica. Le previsioni urbanistiche dovranno rispettare la normativa del PTCP e del PAI a cui si è fatto riferimento.

La caratterizzazione sismica dell'area è svolta al **Cap. 7**.

Essendo presenti depositi sabbiosi immersi in falda, al **Cap. 8** è stato svolto il III livello di approfondimento ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale 29 aprile 2019, n. 630: "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)", che rappresenta l'aggiornamento della deliberazione n. 2193/2015.

- *Per quanto espresso al Cap. 5, si ritiene che l'area in studio sia stata soggetta in passato ad escavazione e successivo ritombamento fino ad una profondità variabile da -6.4 a -7.8 m dal p.c., pertanto per gli edifici, si dovranno prevedere fondazioni profonde che raggiungano il "livello C" di lunghezza e diametro dipendenti dai carichi trasmessi dalle strutture in progetto.*
- *Dai calcoli svolti al Cap. 8, complessivamente l'area in studio presenta un rischio alto di liquefazione delle sabbie fino alla profondità di -7.5 m. dal p.c. attuale. Questo giustifica ulteriormente la scelta di fondazioni profonde, che nella progettazione dovranno tenere conto delle problematiche geotecniche (es. attrito negativo in termini di portanza, etc).*
- *Relativamente alla falda i livelli rilevati nei fori penetrometrici sono da attribuirsi all'abbassamento operato dalle pompe del vicino sottopasso stradale e ferroviario, per cui, nelle verifiche strutturali occorre considerare il livello piezometrico a -1.5/2.0 m p.c..*
- *Vista l'eterogeneità stratigrafica rilevata, in fase di progetto dovranno essere approfondite le indagini in sito al di sotto dell'area di sedime degli edifici.*

GEOLOGI ASSOCIATI – Novembre 2019

ALLEGATO: Grafici e tabulati dell'analisi HVSR

MISURA HVSR

Instrument: TEN-0035/01-08

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 01/07/18 16:22:32 End recording: 01/07/18 16:40:32

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h18'00". Analyzed 91% trace (manual window selection)

Sampling rate: 256 Hz

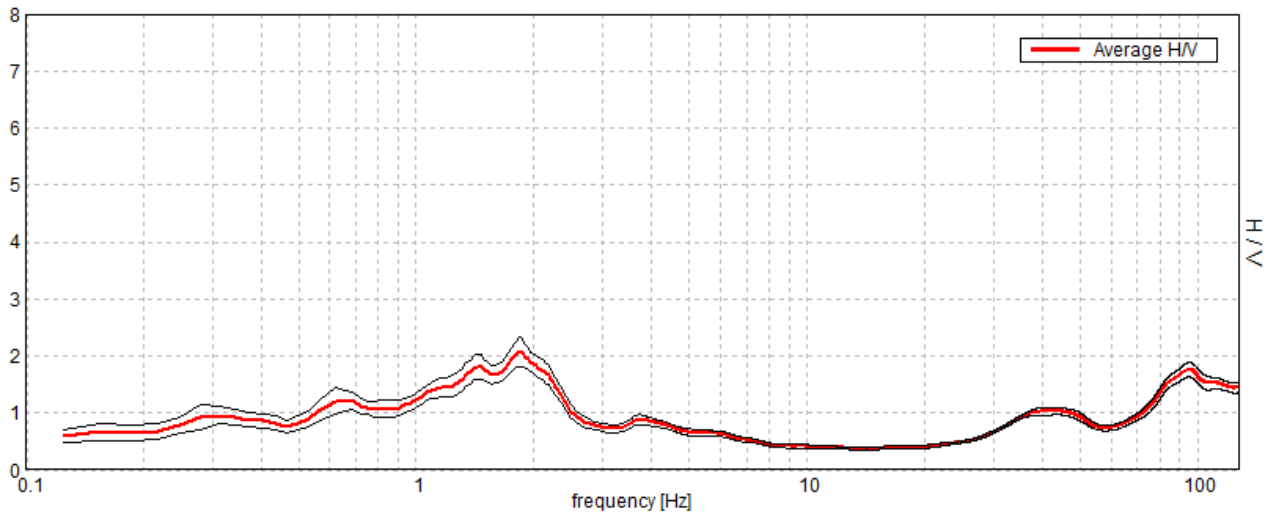
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

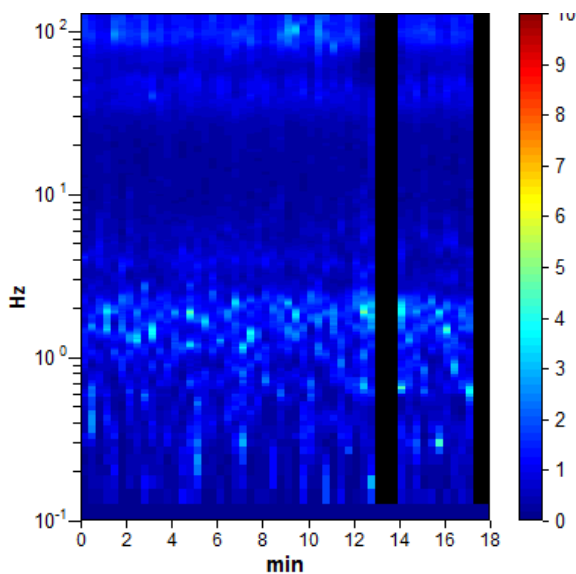
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

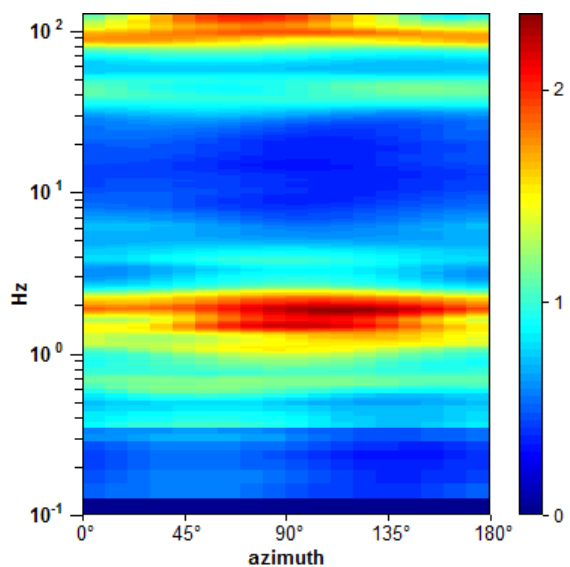
Max. H/V at 1.84 ± 13.8 Hz (in the range 0.0 - 128.0 Hz).



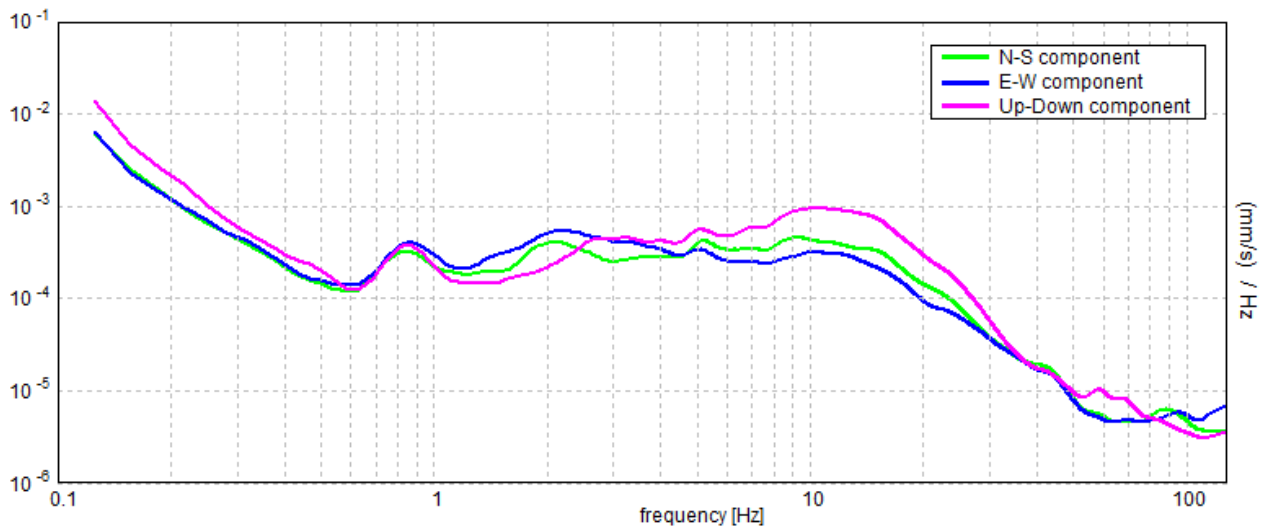
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

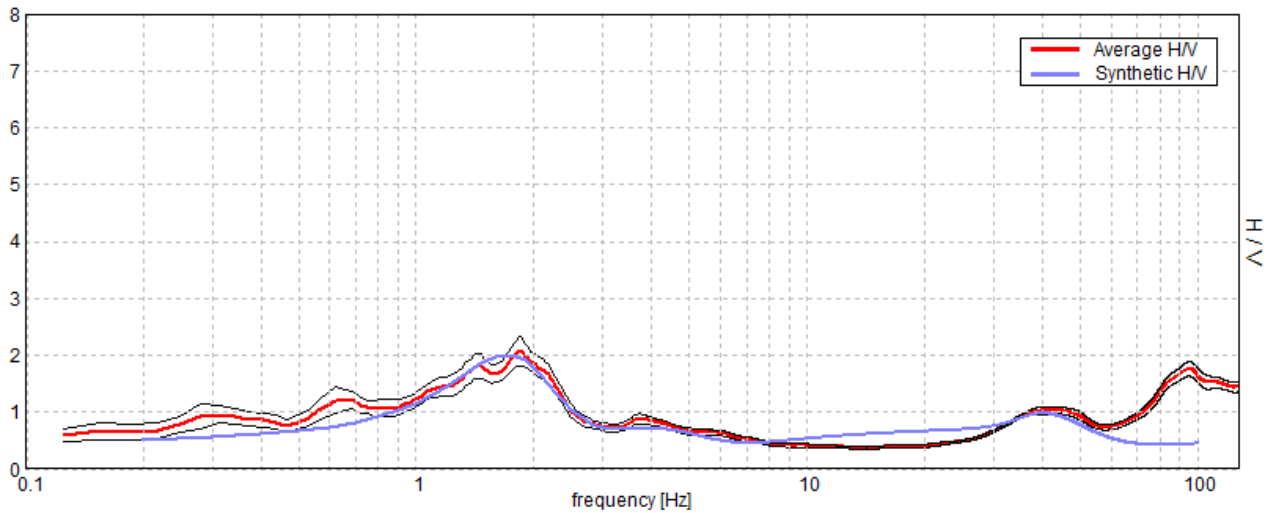


SINGLE COMPONENT SPECTRA



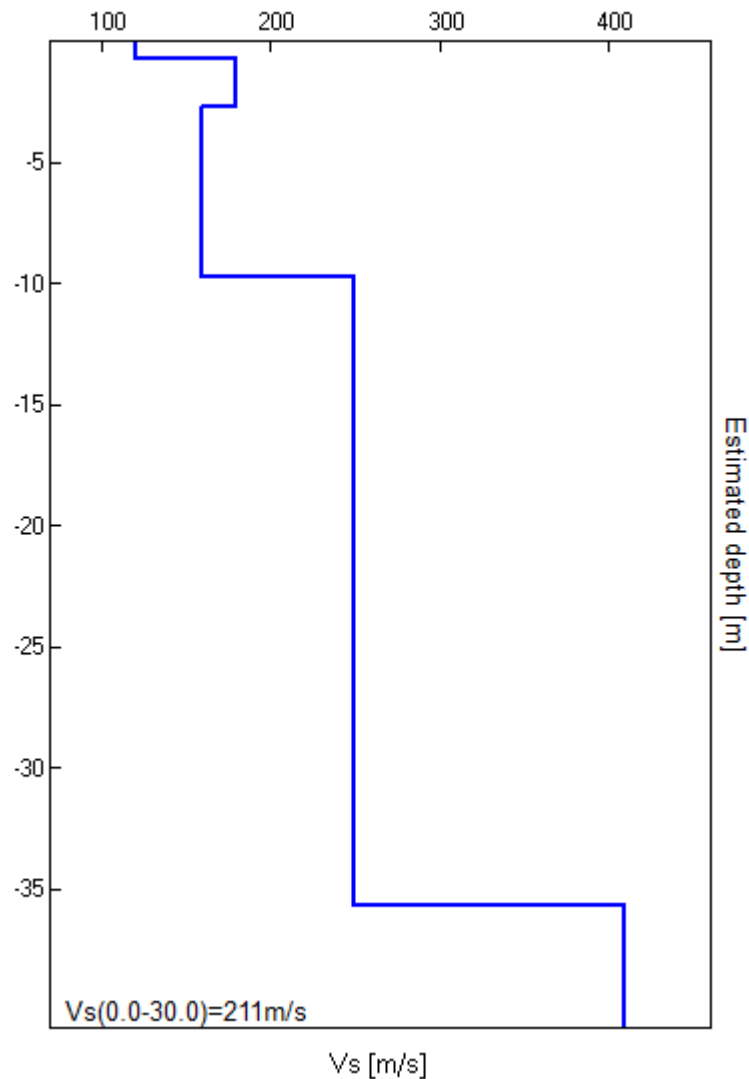
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.84 ± 13.8 Hz (in the range 0.0 - 128.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.70	0.70	120	0.40
2.70	2.00	180	0.40
9.70	7.00	160	0.40
35.70	26.00	250	0.40
inf.	inf.	410	0.40

Vs(0.0-30.0)=211m/s



Si riportano di seguito i **tabulati del METODO SESAME 2005** (Site EffectS assessment using AMbient Exitations) applicati alla curva. Trattasi di un progetto di ricerca internazionale sull'utilizzo di strumentazioni sismiche idonee alla registrazione del rumore ambientale che costituisce il presupposto fondamentale per una corretta applicazione del metodo Nakamura. In tale tabulato i premi tre parametri debbono essere tutti verificati in quanto rappresentano la correttezza della misura, mentre gli ulteriori sei non debbono essere necessariamente tutti verificati in quanto evidenziano picchi non significativi dal punto di vista sismico. Un bedrock roccioso, per esempio, potrebbe dare tutti NO in quanto non presenterebbe picchi significativi.

Max. H/V at 1.84 ± 13.8 Hz (in the range 0.0 - 128.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1806.9 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 90 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.563 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.07 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 7.48262 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$13.79607 < 0.18438$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2619 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

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