



COMUNE DI SAN MAURO PASCOLI

PIANO DELL'ARENILE

ai sensi dell'art. 72 L.R. 24/2017

LOCALITÀ:	Arenile di San Mauro Mare
-----------	---------------------------

COMUNE	San Mauro Pascoli (FC)
--------	------------------------

COMMITTENTE:	Comune di San Mauro Pascoli
--------------	-----------------------------

RELAZIONE GEOLOGICA

Gennaio 2019

IL COMMITTENTE:	IL TECNICO:
Comune di San Mauro Pascoli	Dott. Geol. Aride Bucci

INDICE

CAP. I. PREMESSA	pag. 2
CAP. II NORMATIVA DI RIFERIMENTO	pag. 3
CAP. III GEOLOGIA DELLA COSTA	pag. 5
CAP. IV CARATTERISTICHE SEDIMENTI E GEOTECNICA	pag. 22
CAP. V CEDIMENTI EDOMETRICI	pag. 30
CAP. VI RISCHIO IDROGEOLOGICO	pag. 34
CAP. VII CRITICITA' COSTIERA	pag. 39
CAP. VIII RISPOSTA SISMICA LOCALE III LIVELLO	pag. 46
CAP. IX LIQUEFAZIONE	pag. 95
CAP. X CONCLUSIONI	pag. 98
CAP. XI ALLEGATI	pag. 100

PREMESSA

L'amministrazione comunale di San Mauro Pascoli mi ha incaricato con Determina Dirigenziale CIG. ZBC26137E9 di realizzare il presente elaborato che ha come oggetto lo studio geologico, ai sensi del dispositivo normativo nazionale e regionale vigente, inerente il Nuovo Piano dell'Arenile.

E' stato eseguito un rilevamento preliminare atto a delineare le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche dell'area.

È stato in seguito realizzato, secondo i disposti della Determina, un piano di indagini meccaniche e sismiche, nonché studi su campioni di terreno in laboratorio, al fine di approfondire le criticità attuali e future che incidono e incideranno sul tessuto urbano dell'ambito dell'area arenile.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- Legge 17 agosto 1942, n. 1150 (Bosetti e Gatti);
- legge n. 765 del 1967;
- AGI: raccomandazione sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977;
- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". D.M. 11 Marzo 1988;
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL.PP. n° 30483 24 Settembre 1988;
- Legge Regionale 20/2000; Disciplina generale sulla tutela ed uso del territorio;
- Ordinanza del Dipartimento della Protezione Civile e del Servizio Sismico Nazionale del 20 marzo 2003: "Nuove disposizioni per le costruzioni in zona sismica" pubblicata nella G.U. del 8 maggio 2003;
- LR 9/2002 Piani degli Arenili art. 3;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti: "Norme tecniche per le costruzioni" del 14 settembre 2005 geotecniche;
- Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica;
-

- DGR 1514/2012 e DGR 1919/2013;
- DGR 2193/2015;
- Direttiva 2007/60/CE e il D.lgs 49/2010 di recepimento;
- Variante di coordinamento PAI-PGRA" (DGR 2112/2016);
- Nuova legge Urbanistica Regionale - L.R. n°24 del 21 dicembre 2017

GEOLOGIA DELLA COSTA

L'area dell'Arenile del Comune di San Mauro Pascoli è posizionata geograficamente nella porzione meridionale della Provincia di Forlì Cesena all'interno del sistema sedimentario del Fiume Rubicone.

In termini cartografici, il sito è inquadrato nel Foglio 101 "Rimini" in scala 1:100.000 nel Foglio 256 "Rimini" in scala 1 : 50.000, della Carta Geologica d'Italia e nella porzione meridionale della Sezione n. 256020 della C.T.R. in scala 1:10.000.



Fig. 1 – Inquadramento territoriale

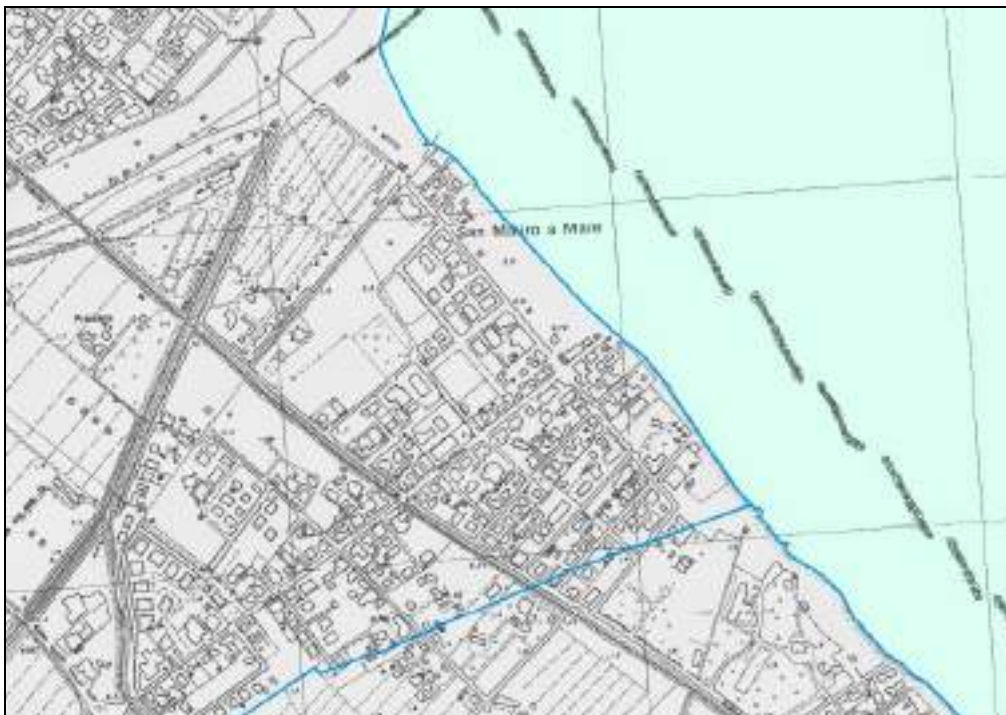


Fig. 2 – Inquadramento cartografico



Fig. 3 – Tratto dell'arenile di San Mauro Pascoli

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La Pianura Emiliano Romagnola, di cui il territorio di San Mauro Pascoli (FC) costituisce la propaggine sud orientale, è definita, dal punto di vista geologico, un bacino sedimentario subsidente connesso con l'evoluzione delle catene Alpina e Appenninica. In origine, infatti, l'area padana costituiva un grande golfo occupato dal Mar Adriatico che, in seguito ai movimenti orogenetici, ai movimenti eustatici marini e all'azione erosiva di fiumi e torrenti, si è riempito fino a divenire una vera e propria pianura alluvionale.

I sedimenti alluvionali, lagunari, deltizi e marini plio-quadernari della Pianura Emiliano-Romagnola hanno spessori notevoli (1000 – 2000 m), nonostante le limitate profondità del bacino padano (100 – 150 m), ciò a causa dei fenomeni naturali di subsidenza, in gran parte tettonica, che ha raggiunto il suo massimo nell'area ravennate.

Le vicende geologiche più recenti dell'area sono riconducibili all'inizio della glaciazione würmiano (60000 – 70000 anni fa). All'inizio del Würm, l'abbassamento della temperatura terrestre, innescò un'imponente regressione marina che portò il livello marino a circa 100m sotto di quello attuale. La regressione è documentata dal passaggio da forme fossili marine (Pleistocene sup.) a forme fossili di ambiente lagunare, per poi passare a sedimenti di tipo continentale.

I sedimenti continentali würmiani, dello spessore massimo di circa 50m, sono costituiti da limi sabbiosi e limi argillosi con intercalazioni sabbiose e argillose. Nell'ultimo stadio della glaciazione (17000 – 20000 anni fa), la linea di costa si trovava nell'area a mare tra Ancona e Pescara, perciò si può affermare che l'alto Adriatico era una vasta piana alluvionale.

Poi, ad iniziare da 150000 – 17000 anni fa, si entrò in una fase interglaciale, che innescò una trasgressione eustatica a scala mondiale (trasgressione flandriana, Olocene), piuttosto veloce, che portò il livello marino a stabilizzarsi in zona. Pertanto la vasta pianura alluvionale che si era istaurata nell'alto Adriatico fu via via invasa e ricoperta dalle acque marine, con nuove condizioni di sedimentazione. I primi sedimenti trasgressivi sono documentati a partire da 25m dal p.c..

Le sabbie si distribuivano lungo le sabbie e nelle zone immediatamente antistanti, mentre un'attiva sedimentazione di limi e argille si aveva al largo delle zone costiere, a causa dell'apporto dei fiumi (ambiente lagunare). L'apporto diminuiva allontanandosi dalla costa fin quasi ad annullarsi nella parte centrale della piattaforma continentale, lasciando scoperti i depositi würmiani.

Il territorio risulta quindi, secondo quanto detto, suddiviso in una zona, ad ovest di Cesena, non raggiunta dalla trasgressione olocenica, pertanto costituita da sedimenti marini mio - pliocenici, e una zona, da est fino alla costa, in cui si trovano sedimenti trasgressivi, sabbia di spiaggia e limi argillosi lagunari.

Dal 1° millennio A.C., ha inizio una nuova fase regressiva, tuttora in atto, non di tipo eustatico ma deposizionale, che ha portato la linea di costa fino alla posizione attuale. Dando origine ai depositi olocenici recente.

Per descrivere le litologia affiorante e i litotipi presenti a livello locale si sono utilizzare le note illustrative del Foglio 256 scala 1 : 50.000, realizzate da ISPRA nell'ambito di progetto cartografico geologico d'Italia

In sintesi nell'area in esame affiorano le seguenti unità:

AES8 - Subsintema di Ravenna (Pleistocene superiore–Olocene; post circa 20.000 anni fa)

Tale unità affiora nella maggior parte del Foglio 256, si sviluppa in condizioni di piana inondabile e rappresenta l'intero spessore dei sedimenti, prevalentemente fini, deposti nell'ultimo postglaciale, in parte al di sopra dell'esteso corpo ghiaioso attribuito all'unità di Vignola.

I depositi affioranti estesamente sono fini e vanno dalla sabbia media all'argilla e ai limi, deposti in ambiente di piana alluvionale sviluppata a valle dei conoidi; solo nelle aree a sud dell'autostrada A1 sono presenti depositi ghiaiosi di conoide. A valle dei conoidi il territorio presenta una inclinazione verso NNE, interrotta solo da blande ondulazioni positive allungate in senso N-S e NNE-SSO.

I depositi sono il prodotto della sedimentazione prevalentemente verticale dovuta a processi di tracimazione di corsi d'acqua sinuosi che si sviluppano a valle dei corsi braided caratteristici delle conoidi pedemontane. I processi di posizionali hanno portato alla formazione di argini naturali prevalentemente sabbiosi e piane inondabili limose argillose, mentre la migrazione dei meandri ha condotto alla deposizione di corpi sabbiosi nastriformi allungati nel senso di scorrimento delle acque. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 metri; l'età è pleistocenica superiore-olocenica, le datazioni con il metodo C14 della base dell'unità oscillano tra 15000 e 9000 anni fa. Il

tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche.

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica viene distinta, all'interno del Subsistema di Ravenna, l'Unità di Modena (AES8a).

AES8a - Unità di Modena (Olocene; post IV-VII sec. d.C.)

Unità di rango inferiore che costituisce la parte sommitale del Subsistema di Ravenna, definita sulla base della presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, di colore grigio-giallastro.

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, e di conoide. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 8 metri; il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C.

SVG – Arenarie e argille di Savignano (Pleistocene inferiore)

Questa formazione è costituita da una alternanza di argille sottili, grigie chiare, beige all'alterazione, e arenarie sottili e molto sottili, fini e finissime, poco cementate, piano parallele, lenticolari a scala dell'affioramento. Il rapporto arenaria/pelite A/P, generalmente $\ll 1$, è crescente verso l'alto e lateralmente verso SO. La potenza della formazione è di almeno 200 metri.

FAA – Argille azzurre (Pliocene inf. e medio)

Le argille azzurre sono principalmente costituite da argille, argille marnose, localmente siltose, marne argillose e siltose, grigio e grigio-azzurre, talora grigio plumbeo, a stratificazione mal distinguibile per bioturbazione marcata. Sono presenti locali intercalazioni di arenarie fini in strati sottili e medi. Si distinguono essenzialmente due litofacies in funzione del rapporto arenaria/pelite (A/P): pelitico-arenacea e arenacea.

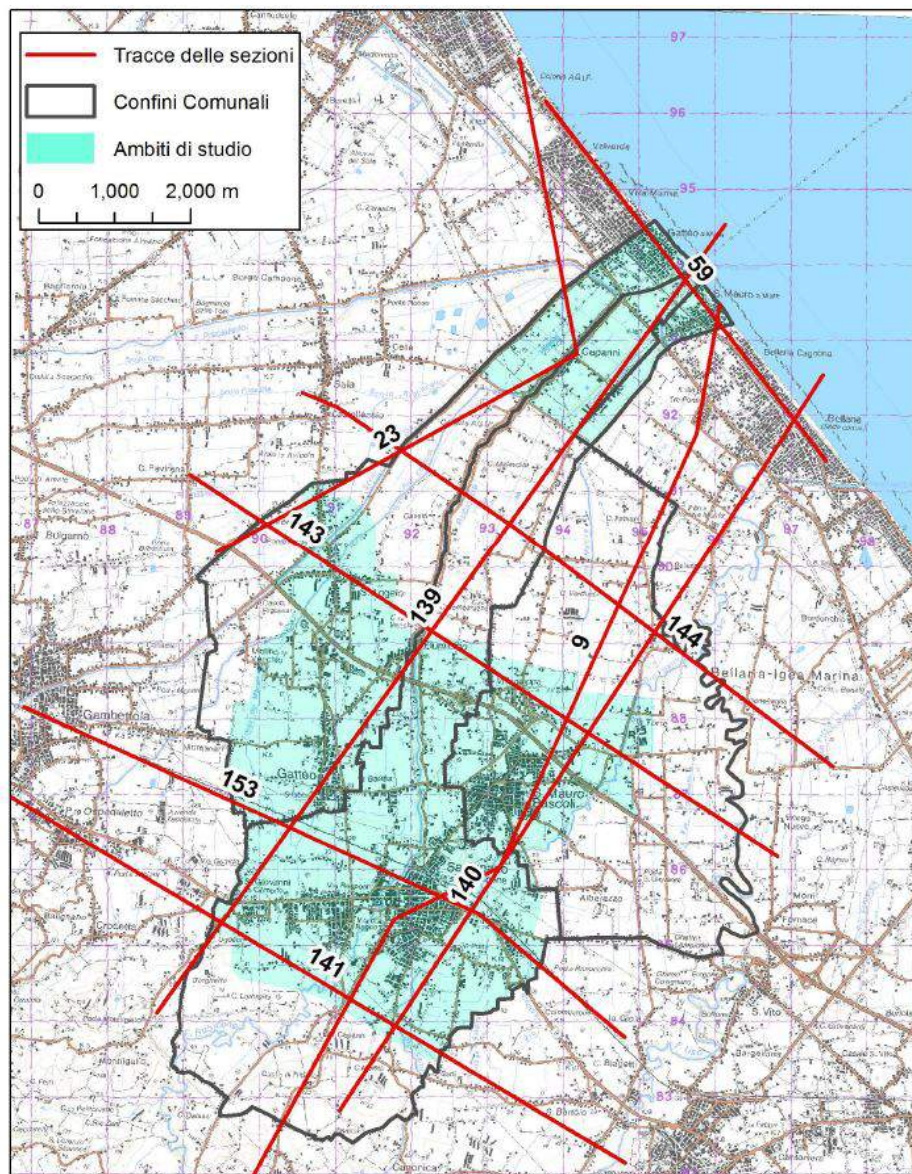


Fig. 4 – Sezioni geologiche banca dati Regione Emilia Romagna

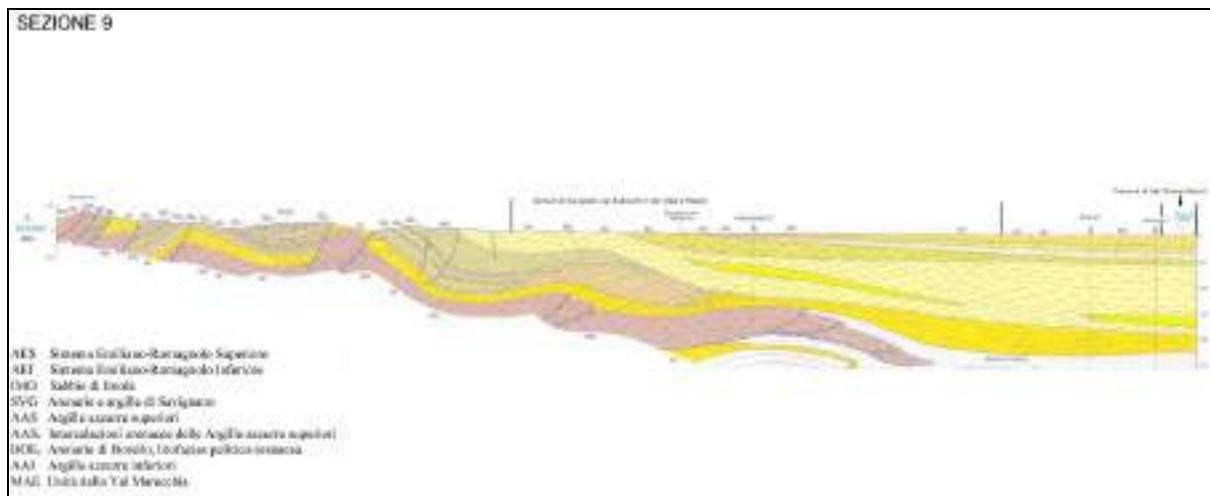


Fig. 5 – Sezione geologica 9 ER

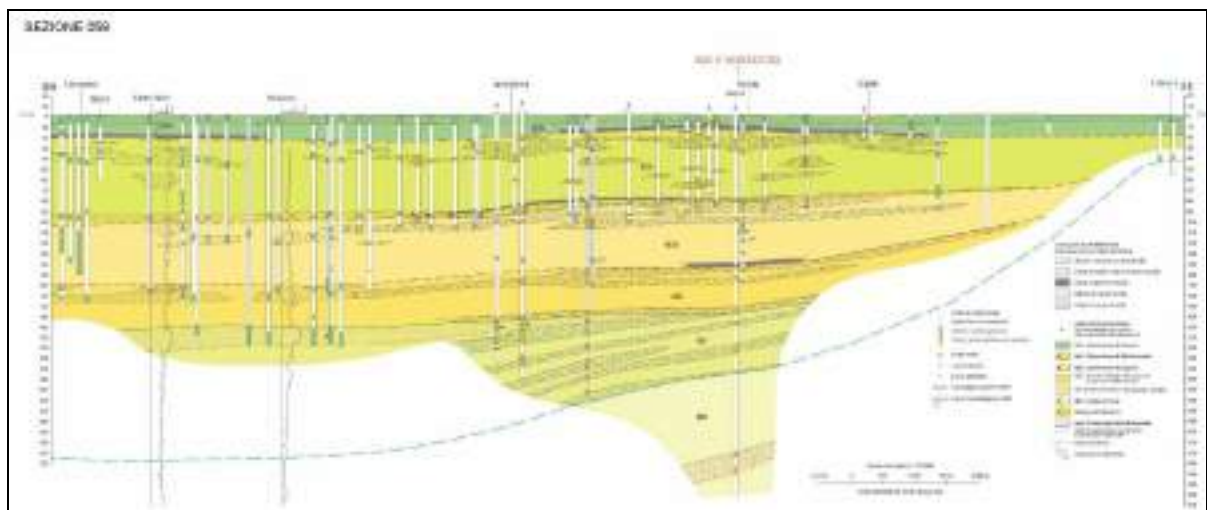
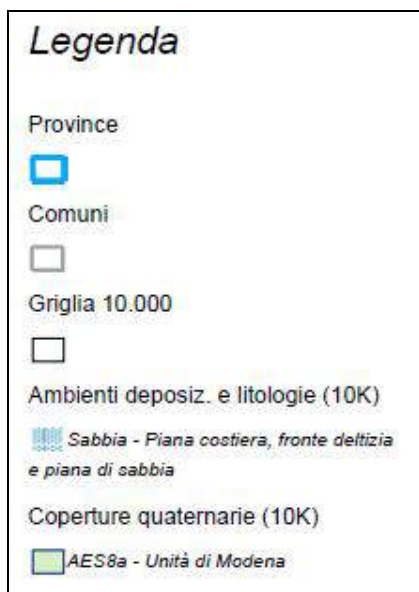


Fig. 6 – Sezione Geologica 059



Fig. 7. Estratto Carta Geologica dell'Emilia Romagna – Piana Costiera Sabbiosa Unità di Modena AES89



CONDIZIONI TETTONICHE

I terreni appartenenti alla serie Umbro Marchigiana Romagnola, presenti nella pianura romagnola, messi in evidenza da sondaggi esplorativi profondi e da prospezioni sismiche realizzate per la ricerca di idrocarburi dell'AGIP italiana, hanno evidenziato sistemi dislocativi paralleli alla costa, di età Mio – Pliocenica, legati alle spinte tettoniche di carattere compressivo legati all'evoluzione dell' Appennino Settentrionale.

Al di sopra di queste strutture si stagliano le successioni sedimentarie quaternarie.

Nell' estratto dalla Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna si distinguono gli spessori del Sintema Emiliano-Romagnolo che risultano essere variabili tra 50 e 100 metri nelle porzioni meridionali rispettivamente dei comuni di Savignano e di San Mauro Pascoli, fino a raggiungere i 200 metri della zona costiera.

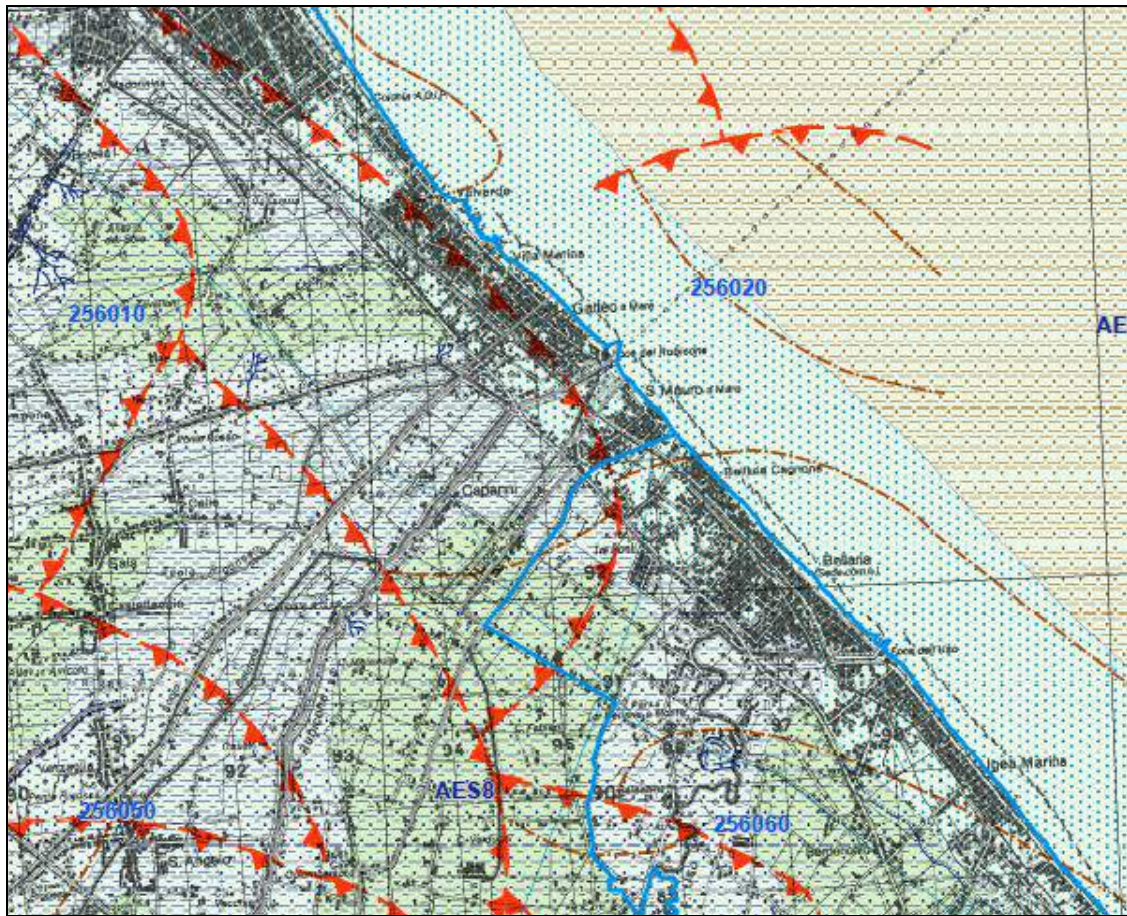


Fig. 8 – Tettonica area San Mauro Pascoli

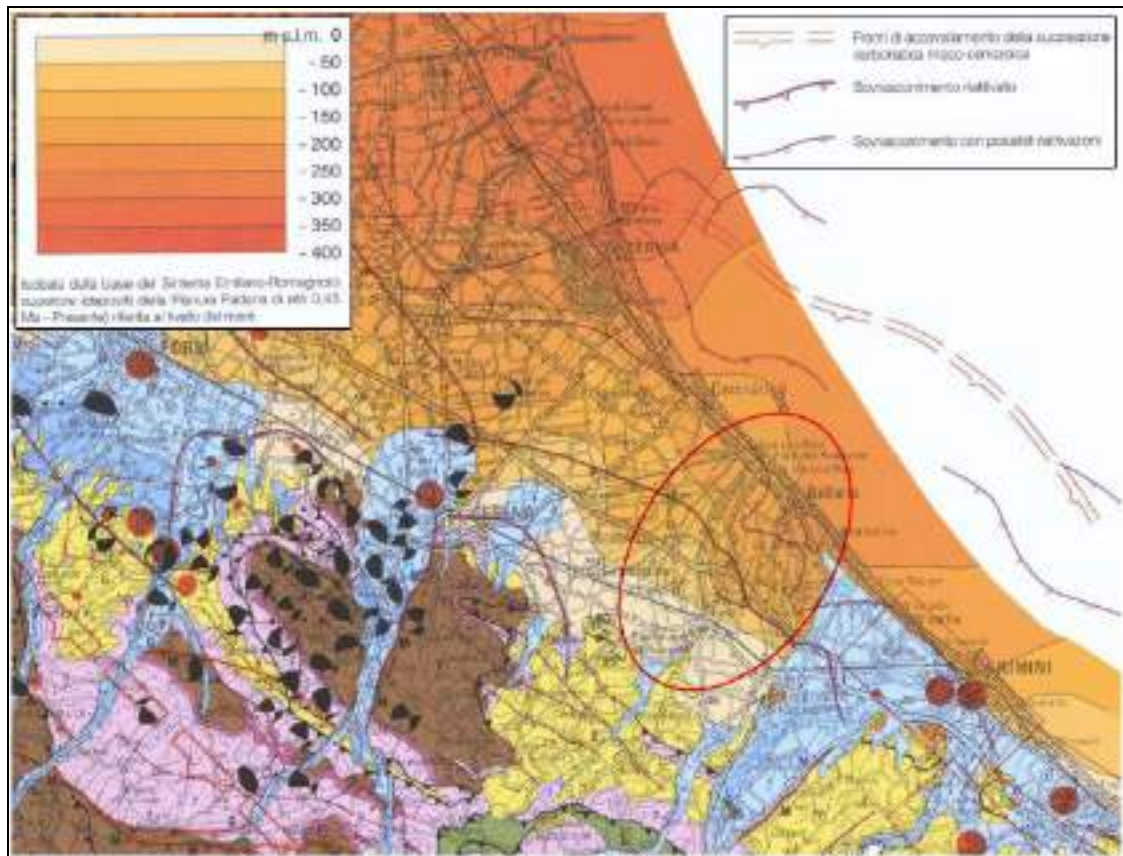


Fig. 9 – Tettonica area San Mauro Pascoli (Boccaletti et al., 2004)

IDROGEOLOGIA GENERALE

I Gruppi Acquiferi e i Complessi Acquiferi

Con la pubblicazione del volume “Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia-Romagna”, pubblicato in collaborazione ad ENI-AGIP nel 1998 e la realizzazione del progetto di Cartografia Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (progetto CARG), il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia – Romagna ha proposto una nuova stratigrafia valida a livello di bacino per i depositi alluvionali e marino marginali presenti nelle prime centinaia di metri del sottosuolo, riassunta schematicamente in seguito.

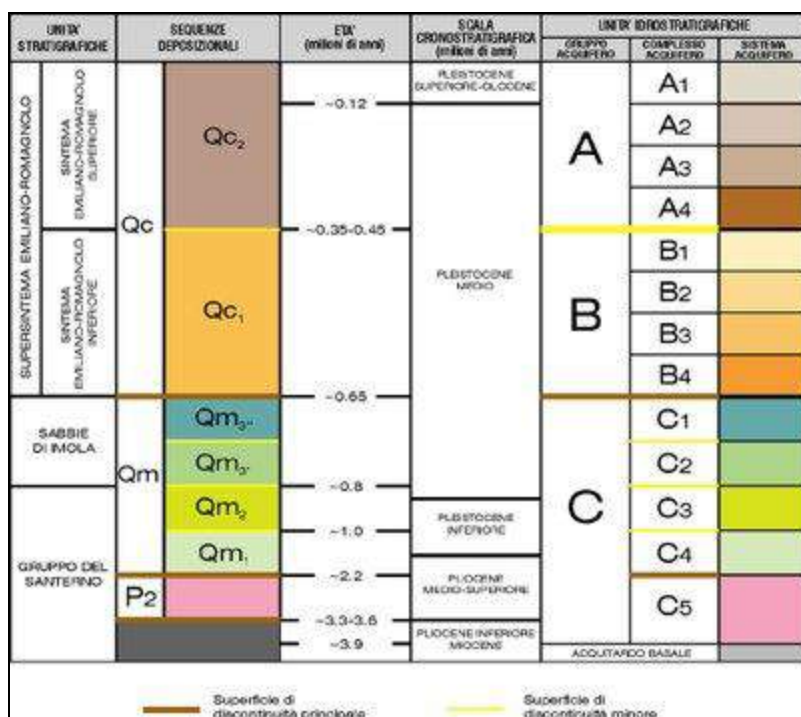


Fig. 10 – Schema acquiferi

I depositi della pianura sono stati suddivisi in tre nuove unità stratigrafiche, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C: il Gruppo Acquifero A è il più recente ed ha un'età che va dall'Attuale sino a 350.000 – 450.000 anni; il Gruppo Acquifero B,

intermedio, va da 350.000 – 450.000 anni sino a 650.000 circa; il Gruppo Acquifero C è il più vecchio e va da 650.000 sino a oltre 3 milioni di anni. Il Gruppo Acquifero A ed il Gruppo Acquifero B sono costituiti principalmente da depositi alluvionali ed in particolare dalle ghiaie delle conoidi alluvionali, dai depositi fini di piana alluvionale e dalle sabbie della piana del Fiume Po; il gruppo acquifero C è formato principalmente da depositi costieri e marino marginali ed è costituito principalmente da pacchi di sabbie alternati a sedimenti più fini. In prossimità dei principali sbocchi vallivi il gruppo acquifero C contiene anche delle ghiaie intercalate alle sabbie, che costituiscono i delta conoidi dei fiumi appenninici durante il Pleistocene inferiore e medio.

Esiste una corrispondenza tra i Gruppi Acquiferi (definiti come Unità Idrostratigrafiche) e le Unità Stratigrafiche utilizzate nella Carta Geologica d'Italia. Nello specifico, il Gruppo Acquifero A corrisponde al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES), il Gruppo acquifero B al Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), il Gruppo Acquifero C a diverse unità affioranti nell'Appennino, la più recente delle quali è la Formazione delle Sabbie Gialle di Imola (IMO). Le Unità Idrostratigrafiche sono formate da una o più sequenze deposizionali caratterizzate da alternanze cicliche di depositi fini (alla base) e grossolani (al tetto) molto spessi.

All'interno di ciascuna sequenza, si trovano depositi costituiti da differenti litologie, corrispondenti a vari sistemi e ambienti deposizionali. Alla base di ciascuna sequenza si trova un livello molto continuo a scarsa permeabilità che funge da acquicludo tra le diverse unità individuate.

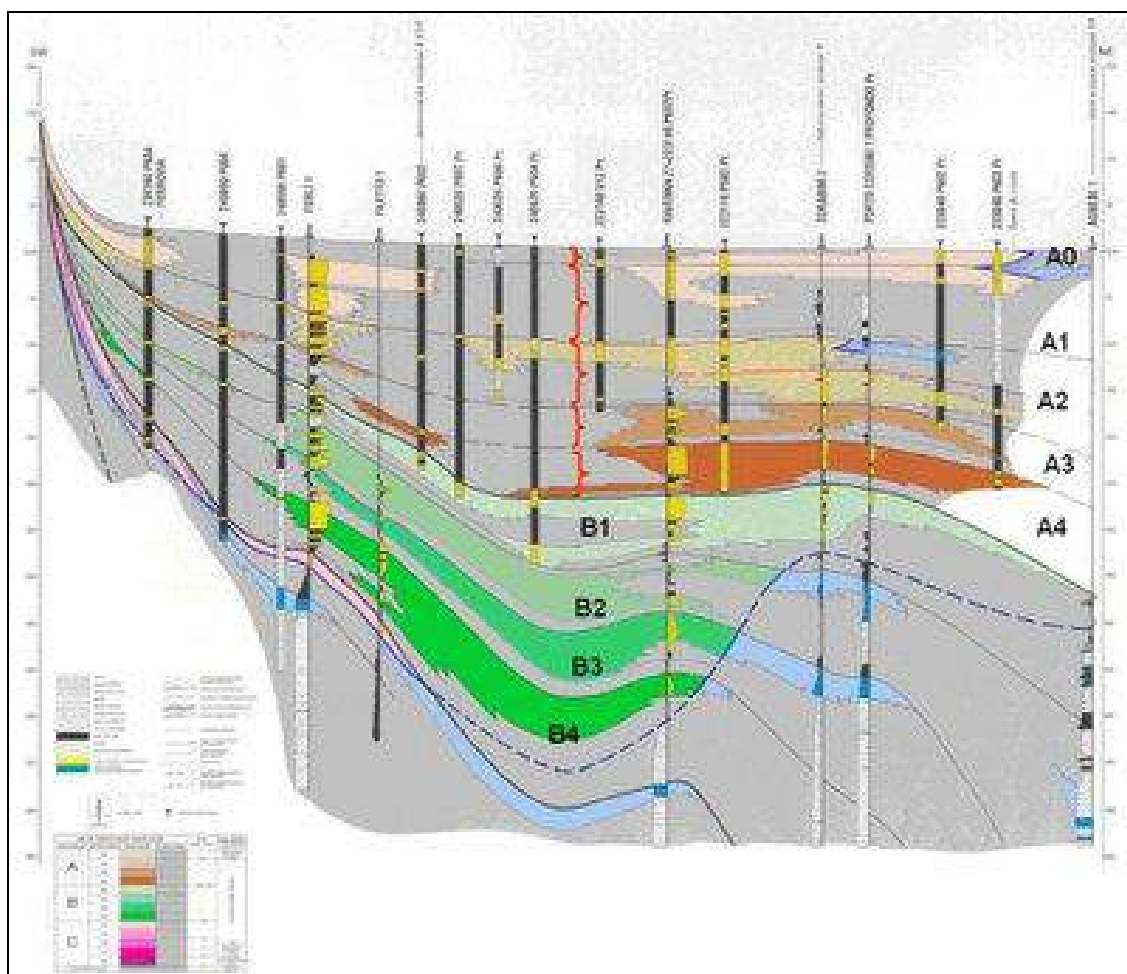


Fig. 11 – Stratigrafia Complessi Acquiferi Pianura Padana

All'interno di ciascun Gruppo Acquifero vengono poi distinti diversi Complessi Acquiferi, unità gerarchicamente inferiori (a cui comunque corrisponde un'unità stratigrafica della Carta Geologica) identificate dal nome del Gruppo Acquifero di appartenenza, seguito da un numero progressivo (A0, A1 ecc.). Anche i Complessi Acquiferi sono Unità Idrostratigrafiche e come tali rappresentano una sequenza deposizionale contraddistinta da un acquitardo basale molto continuo, a cui fa seguito una sedimentazione più fine che diventa poi decisamente grossolana nella porzione terminale della sequenza.

CONDIZIONI IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Nell'area insiste un acquifero che può essere assimilato a scala regionale ad un sistema unico multistrato, costituito da orizzonti permeabili intercalati a livelli impermeabili idraulicamente collegati fra loro.

Localmente l'acquifero è esteso dal Mar Adriatico, fino ad una decina di Km dalla costa, al di sotto della copertura argillosa che lo tiene in pressione e lo preserva dalle intrusioni saline.

I depositi quaternari prevalentemente fini sono localmente ricoperti da depositi di conoide dei torrenti appenninici allo sbocco della pianura.

Il sistema acquifero si può suddividere in tre unità idrogeologiche:

- Acquifero freatico, costituito da sabbie con intercalazioni limose e argillose e locali livelli torbiditici;
- Livello impermeabile argilloso;
- Acquifero multistrato con falde in pressione, formato da una serie di orizzonti sabbiosi, intercalati a silt e argilla, idraulicamente connessi fra loro.

Il livello freatico superficiale nell'area è stato individuato in sede di perforazione a profondità di circa -1,00 mt dal piano spiaggia.

GEOMORFOLOGIA COSTIERA

Dal punto di vista morfologico l'area è inserita in ambito costiero.

Questo subsistema naturale, di norma è costituito, procedendo da terra verso mare, da una prima zona di dune eoliche spesso organizzate in più cordoni ad andamento sub-parallelo alla costa, fissate da vegetazione per lo più arbustiva pioniera, ed anche arborea.

Tra la terra e questi piccoli rilievi sabbiosi dovevano estendersi stretti ed allungati acquitrini e canneti, verso il mare un articolato ambiente formato da piccole dune,

canali di scolo, una più o meno ampia piattaforma sabbiosa, la zona di battigia con l'escursione alta e bassa marea, la spiaggia sommersa, a volte le barre al largo, soprattutto in corrispondenza dello sbocco dei corsi d'acqua.

Questo ambiente di passaggio terra - mare rappresenta il frutto del delicato equilibrio tra sabbie asportate ed apportate. Lungo il litorale e la "spiaggia sommersa", le correnti marine ed il moto ondoso spostano e ridistribuiscono incessantemente i materiali scaricati dai corsi d'acqua in mare: le componenti più leggere vengono trasportate al largo, le componenti più pesanti si depositano allo sbocco dei fiumi, sottocosta, poi, con il trasporto litorale, sul bagnasciuga.

A monte di questo sistema si individua un ambiente sedimentario anch'esso marino semipianeggiante con selezione di sedimenti di mare aperto e quindi di ambito trasgressivo separato dall'ambito costiero da una fascia di interdigitazione dei sedimenti.

GEOMORFOLOGIA ARENILE E COSTA SAN MAURO MARE

Gli aspetti geomorfologici salienti della spiaggia di San Mauro sono di seguito elencati:

- la spiaggia presenta una fisiografia omogenea e sub-pianeggiante con una debole inclinazione verso mare nella zona sopratidale. La quota media sul livello del mare è di circa +2.00 metri, variando lievemente da zona a zona.
- L'ambiente di spiaggia attuale è stato interamente pareggiato per fini turistici per cui non si ha più alcuna traccia della fascia delle dune.
- Il tratto costiero è soggetto a dinamica erosiva da parte delle correnti marine, sono pertanto presenti sistemi di protezione a scogliera disposti a circa 50 m dalla linea di costa.

- Il tratto dell'arenile è occupato in parte dalle strutture balneari, esse sono separate dalle strutture alberghiere e da edifici privati che si sviluppano parallelamente al litorale.
- Il sistema di spiaggia è confinato a Nord dalla Foce del Fiume Rubicone mentre a sud al confine tra Bellaria e Igea Marina altro elemento geomorfologico rilevante è costituito dalla foce del Fiume Uso.
- Il cordone sabbioso costiero avanza verso monte per un tratto largo poco meno di un chilometro a partire dalla linea di riva e si interrompe all'altezza di Via Romea.

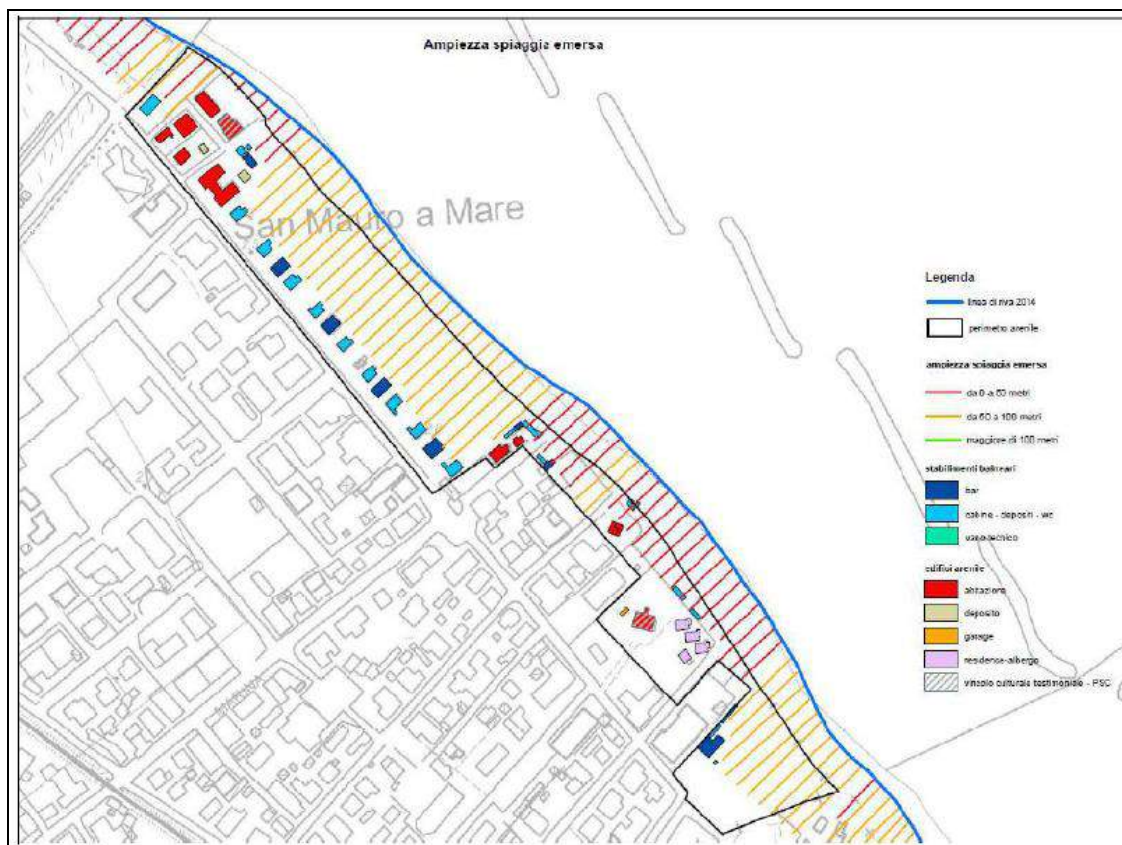


Fig. 12 – Morfologia spiaggia SGSS RER

CARATTERISTICHE SEDIMENTI E GEOTECNICA

STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO

Per la determinazione dei caratteri stratigrafici e litologici sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTE spinte ad una profondità di 20 m (CPTE1) e di 30 m (CPTE2 , utilizzata per il cono sismico SCPT) dal p.c.

L'area è stratigraficamente caratterizzata dalla presenza di uno spessore superficiale di sabbie fini passanti a sabbie limose con frazione argillosa fino alla profondità di 7.50 m dal p.c.; più in profondità si alternano strati di argille e argille sabbioso limose a strati sabbiosi di spessore inferiore, da 1 a 3 m.

Il primo livello di falda in foro è misurata a 1.10 / 1.20 m dal p.c.

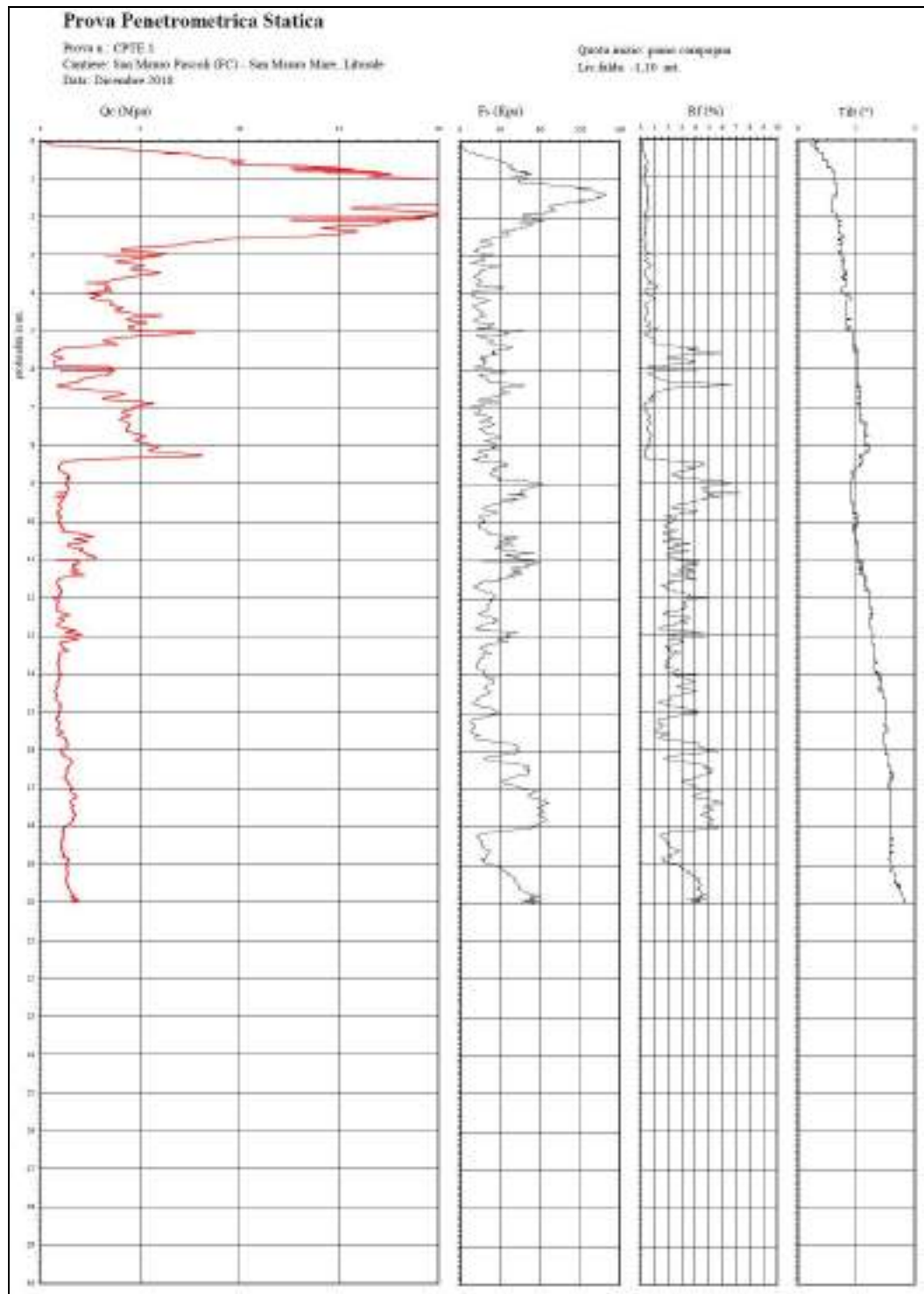


Fig. 10 – Stratigrafia prova CPTE1

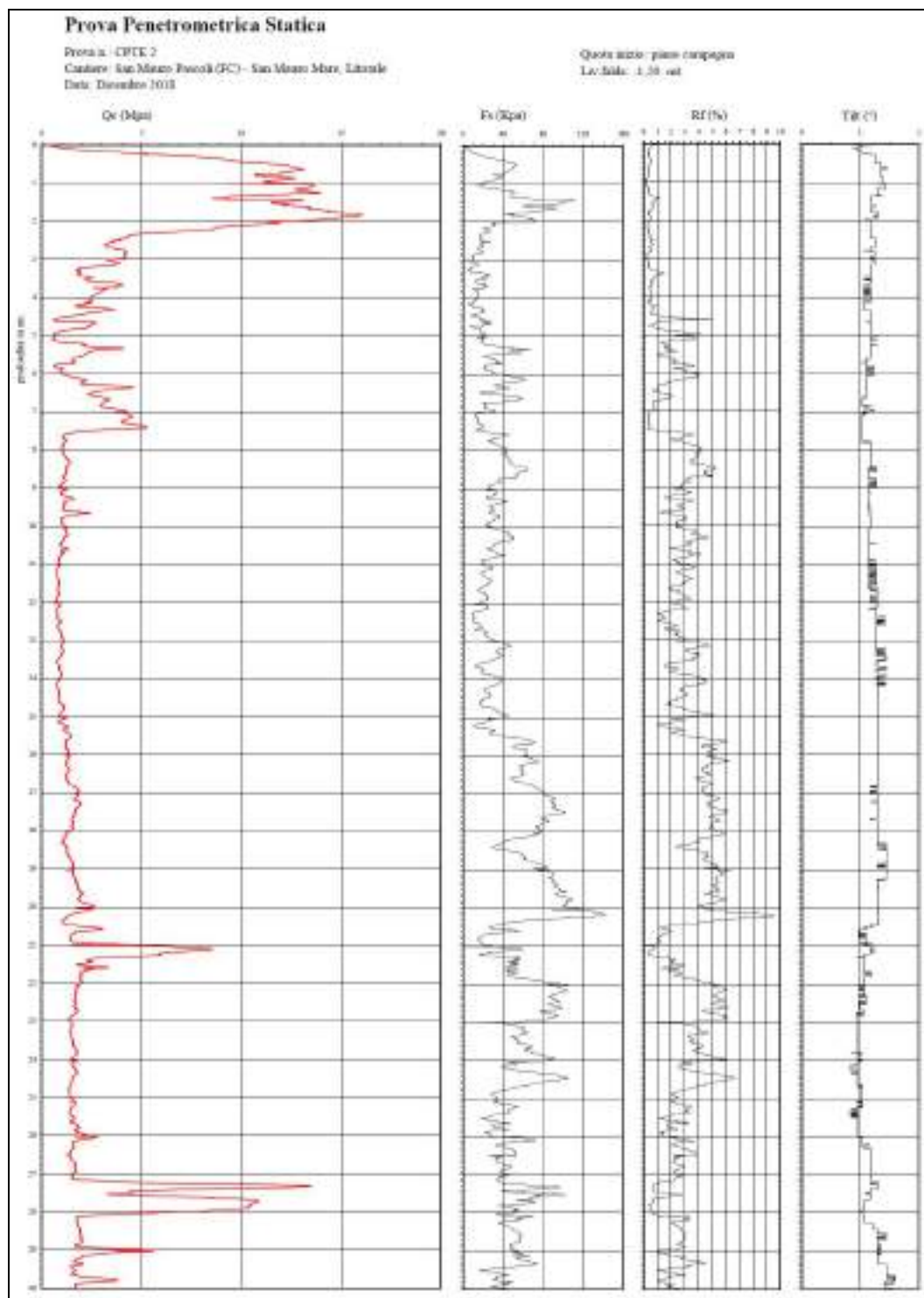


Fig. 11 – Stratigrafia prova CPTC 2

CPTE1

UNITA' GEOTECNICA 1	
dal p.c. a - 7,50 m	Sabbie fini passanti a sabbie limose
UNITA' GEOTECNICA 2	
da - 7.50 m a 10.30 m	argille compatte
UNITA' GEOTECNICA 3	
Da - 10.30 m a - 11.40 m	argille sabbioso limose
UNITA' GEOTECNICA 4	
da -11.40 m a 20.00 m	argille compatte e livelli minori di argille sabbioso limose

CPTE2

UNITA' GEOTECNICA 1	
dal p.c. a - 7,60 m	Sabbie fini passanti a sabbie limose
UNITA' GEOTECNICA 2	
da - 7.60 m a 19.60 m	argille compatte e livelli di argille sabbioso limose
UNITA' GEOTECNICA 3	
Da - 19.60 m a - 21.60 m	sabbie fini e sabbie limose
UNITA' GEOTECNICA 4	
da -21.60 m a 27.10 m	argille compatte e livelli minori di argille sabbioso limose
UNITA' GEOTECNICA 5	
da -27.10 m a 30.00 m	alternanza di livelli sabbiosi e livelli argillosi

PARAMETRI GEOTECNICI SEDIMENTI

Per determinare i parametri geotecnici dei materiali si sono utilizzati di valori derivanti dalle relazioni empiriche che legano la resistenza di punta R_p con la coesione c , c_u e l'angolo di attrito efficace ϕ'_m e dalle fonti bibliografiche.

Si forniscono pertanto i parametri geotecnici dei terreni riscontrati nel sito di indagine:

Legenda	
Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
c_u :	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
c' :	Coesione efficace (Kg/cm ²)
M_o :	Modulo Edometrico MPa
E_o :	Modulo di Young MPa
E_0 :	Modulo Elastico (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
P_{uv} :	Peso unità di volume (t/m ³)
P_{uvS} :	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
ϕ_i :	Angolo di attrito efficace (°)

Nr.	Prof.	Tipo	c_u	c'	M_o	E_0	OCR	P_{uv}	P_{uvS}	Dr	ϕ_i
1	7.50	I/C	0.00	0.04	3.7	7.40	--	1.7	1.8	35	33
2	19.60	C	0.70	0.07	5.0	10.0	--	1.8	1.9		18
3	21.60	I	1.50	0.15	6/7	12/14	--	1.8	1.9	30	30
4	27.10	C	1.10	0.10	8/10	16	--	1.8	1.9		20
5	30.00	I/C	1.20	0.04	10	22	--	1.8	1.9	35	28/32

CARICO DI ROTTURA E RESISTENZA DI CALCOLO

Il dimensionamento e la scelta relativa alla tipologia di fondazione saranno prerogativa dei progettisti e saranno ponderate in sede di autorizzazione sismica previa verifica con nuovi e all'uopo realizzati dati geotecnici caratteristici, riferiti esattamente al sedime di imposta dei futuri nuovi fabbricati.

Per fondazioni superficiali la capacità portante limite (per una fondazione tipo di dimensioni 5 * 10 m) può essere determinata dalla relazione di Brinch Hansen che definisce il carico limite critico di rottura del terreno

$$P_{crit} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0,5 \cdot B \cdot g \cdot N_g \cdot s_g \cdot d_g \cdot i_g \cdot g_g \cdot b_g$$

Peso specifico del terreno sotto il piano di posa = kg/mc 1800.00

Il calcolo sarà eseguito secondo l'approccio n. 2.

Coefficiente parziale per angolo resistenza a taglio: 1

Coefficiente parziale per coesione: 1

Coefficiente parziale per resistenza non drenata: 1

Coefficiente parziale per capacità portante: 2.3

Nuovo angolo di attrito: 26

Falda: 1.1

Larghezza f: 5.00

Lunghezza f.: 10.00

Profondità posa: 1

Nuova coesione: 0.00

Fattori di capacità portante:

$$N_g = 14.47$$

$$N_c = 23.94$$

$$N_q = 13.20$$

Fattori di forma:

$$S_g = 0.20$$

$$S_c = 2.10$$

$$S_q = 2.02$$

Fattori di inclinazione carico:

$$I_g = 1.00$$

$$I_c = 1.00$$

$$I_q = 1.00$$

Fattori di inclinazione fondazione:

$$B_g = 1.00$$

$$B_c = 1.00$$

$$B_q = 1.00$$

Fattori di inclinazione piano di campagna:

$$G_g = 1.00$$

$$G_c = 1.00$$

$$G_q = 1.00$$

Fattori di profondità piano di posa:

$$D_c = 1.03$$

$$D_q = 1.03$$

Indice di rigidezza $I_r = 46.219$

Indice di rigidezza critico $I_{rc} = 25.111$

Essendo $I_r > I_{rc}$ vale l'ipotesi di terreno incompressibile

I fattori correttivi di compressibilità sono unitari.

Capacità portante limite ultima = kg/mq 33542.985

Capacità portante limite ultima = kg/cmq 3.354

Resistenza di calcolo del terreno = kg/cmq 1.46

RESISTENZA DI CALCOLO DEL TERRENO

Premesso che la verifica geotecnica sarà prerogativa di chi elabora la relazione d'opera si forniscono valori indicativi di resistenza di progetto del terreno secondo l'approccio 1 e l'approccio 2 delle NTC.

VERIFICA SECONDO LE NTC DM 14-01-2008

Le verifiche Geotecniche agli stati limite ultimi SLU in condizioni statiche e dinamiche devono soddisfare la relazione

$$R_d > E_d$$

Fondazione diretta

APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 1 (STR) – $A1 + M1 + R1$

APPROCCIO 2 COMBINAZIONE 1 (STR) – $A1 + M1 + R3$

$$- R_{d1-1} = P_{crit} / \gamma_{r1} = 3,354 / 1 = 3,354 \text{ kg/cm}^2$$

$$R3 = R1 = \gamma_r = 1$$

APPROCCIO 2 COMBINAZIONE 1 (GEO) – A1 + M1 + R3

$$Rd_{2-1} = P_{crit} / \gamma_{r3} = 3,354 / 2,3 = 1,46 \text{ kg/cm}^2$$

Coefficiente di sicurezza considerato 2.3.

CEDIMENTI EDOMETRICI

La compressibilità dei terreni è un fenomeno fisico intrinseco inevitabile, in particolare nelle aree dove estesi sono gli affioramenti di sedimenti alluvionali fini argillosi e limosi.

Nel caso in oggetto nella stima dei cedimenti ho considerato un carichi netti pari a 0.10 / 0.20 / 0.30 kg/cm², considerando le tipologie costruttive nel presente quali piano strutture balneari ad uno o massimo due piani, considerando una fondazione tipo platea 5 * 10 m impostata al p.c., utilizzando le colonne stratigrafiche delle prove statiche elettriche realizzate.

Nel caso in oggetto si è stimato il cedimento edometrico utilizzando il modulo edometrico Ed, trascurando i cedimenti immediati che per i terreni in genere costituiscono la parte meno significativa.

E' possibile ottenere una stima del modulo edometrico Ed per terreni sabbiosi attraverso la relazione di Schmertmann metodo basato sulla resistenza di punta, avendo valori di resistenza ben calibrati ottenuti dalle prove con punta elettrica.

Qn = 0.10

Coeff. C1 = 1.00

Coeff. C2 = 1.20

Izmax = 0.57

Pressione netta applicata alla quota della fondazione = kg/mq 1000.00

Pressione effettiva esistente alla quota 2.50 dal piano fondazione = kg/mq 2000.00

Strati di terreno compresi tra il piano di posa della fondazione e la profondità significativa:

Strato n. 1

Spessore dello strato = 7.50

Izi = 0.48

Ei = 54.00

Strato n. 2

Spessore dello strato = 2.50

Izi = 0.10

Ei = 29.70

Cedimento totale immediato: cm 0.741

Cedimento totale a 01 anni = cm 0.889

Qn = 0.20

Coeff. C1 = 1.00

Coeff. C2 = 1.20

Izmax = 0.60

Pressione netta applicata alla quota della fondazione = kg/mq 2000.00

Pressione effettiva esistente alla quota 2.50 dal piano fondazione = kg/mq 2000.00

Strati di terreno compresi tra il piano di posa della fondazione e la profondità significativa:

Strato n. 1

Spessore dello strato = 7.50

Izi= 0.50

Ei = 54.00

Strato n. 2

Spessore dello strato = 2.50

Izi= 0.10

Ei = 29.70

Cedimento totale immediato: cm 1.557

Cedimento totale a 01 anni = cm 1.869

Qn = 0.30

Coeff. C1 = 1.00

Coeff. C2 = 1.20

Izmax = 0.62

Pressione netta applicata alla quota della fondazione = kg/mq 3000.00

Pressione effettiva esistente alla quota 2.50 dal piano fondazione = kg/mq 2000.00

Strati di terreno compresi tra il piano di posa della fondazione e la profondità significativa:

Strato n. 1

Spessore dello strato = 7.50

Izi= 0.52

Ei = 54.00

Strato n. 2

Spessore dello strato = 2.50

Izi= 0.10

Ei = 29.70

Cedimento totale immediato: cm 2.423

Cedimento totale a 01 anni = cm 2.908

CEDIMENTO TOTALE	Cpte1
Q n = 0.10 kg/cmq	0.89 cm
Q n = 0.20 kg/cmq	1.87 cm
Q n = 0.30 kg/cmq	2.91 cm

RISCHIO IDROGEOLOGICO

Il delicato equilibrio idrogeologico della area dell'arenile è frutto di molteplici fattori che giocano ciascuno un ruolo determinante nella morfologia del sistema costiero.

Particolare attenzione è stata rivolta negli anni allo studio ed alle analisi delle alluvioni per inondazione ed i fenomeni di ingressione marina dovuti alla concomitanza di condizioni meteo climatiche marine avverse unitamente a particolari condizioni di marea e direzione dei venti.

La Regione Emilia Romagna in ottemperanza della Direttiva 2007/60/CE art.6 , relativa alla valutazione e gestione dei rischi di alluvioni e del D.Lgs 49/2010, ha sviluppato una mappa del rischio potenziale anche per l'ambito territoriale Aree Costiere Marine.

All'interno del Piano Gestione del Rischio Alluvionale è stata realizzata la Tavola 012 – Bellaria Igea Marina, che comprende anche l'area costiera di San Mauro.

Il D.Lgs 40/2010, definisce n. 4 classi di Rischio R4 (molto elevato) R3 (elevato) R2 (medio) R1 (moderato o nullo) per l'incolumità fisica delle persone; il concetto di rischio si definisce dalla formula:

$$R = P \times E \times V = P \times Dp$$

Dove

P (pericolosità) : probabilità di accadimento di un determinato fenomeno (inondazione)

E (elementi esposti) : persone, beni, infrastrutture, attività esposte al fenomeno

V (vulnerabilità) : grado e capacità di un sistema di resistere all'evento naturale

Dp (danno potenziale) : grado di perdita prevedibile a seguito di un fenomeno naturale di data intensità

Mediante procedure automatizzate di sovrapposizione dati Gis . Arcmap alle mappe di pericolosità alluvioni la cartografia degli elementi esposti è distinta in n. 4 classi di danno potenziale (D1-D4) associate tramite logaritmo alle 4 classi di rischio (R1-R4), ne deriva infine una matrice che discrimina gli elementi cartografici presenti in carta:

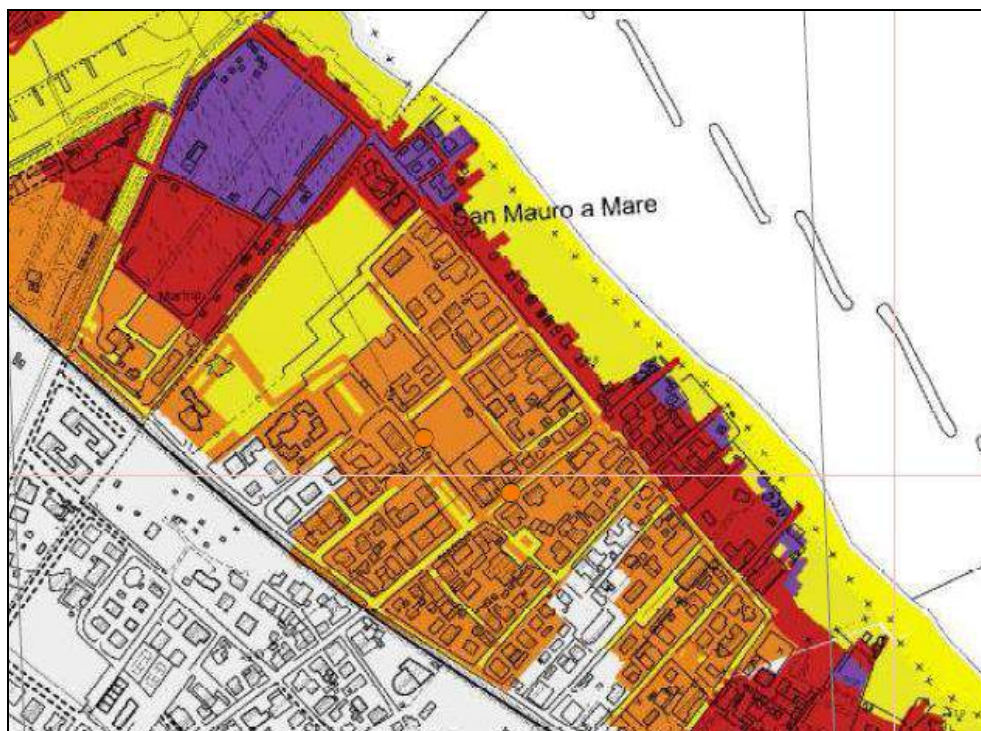


Fig. 12 - PGRA tav 012 - Matrice delle aree marine costiere (sotto)

CLASSI DI RISCHIO	CLASSI DI PERICOLOSITA'		
CLASSI DI DANNO	P3	P2	P1
D4	R4	R3	R2
D3	R3	R3	R1
D2	R2	R2	R1
D1	R1	R1	R1

Figura 3 – Matrice del rischio di tipo B

La cartografia quindi indica un grado di rischio e danno potenziale molto elevato soprattutto per gli edifici privati e le strutture ricettive turistiche contermini alla linea di riva.

I risultati sono quindi stati riportati in Variante di coordinamento tra il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni e il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico Approvata con Delibera Giunta Regionale n. 2112 del 05 dicembre 2016 che ha mappato a sua volta in scala 1 : 25.000, l'area dell'arenile in n. 3 classi di probabilità di alluvione P1, P2, P3.

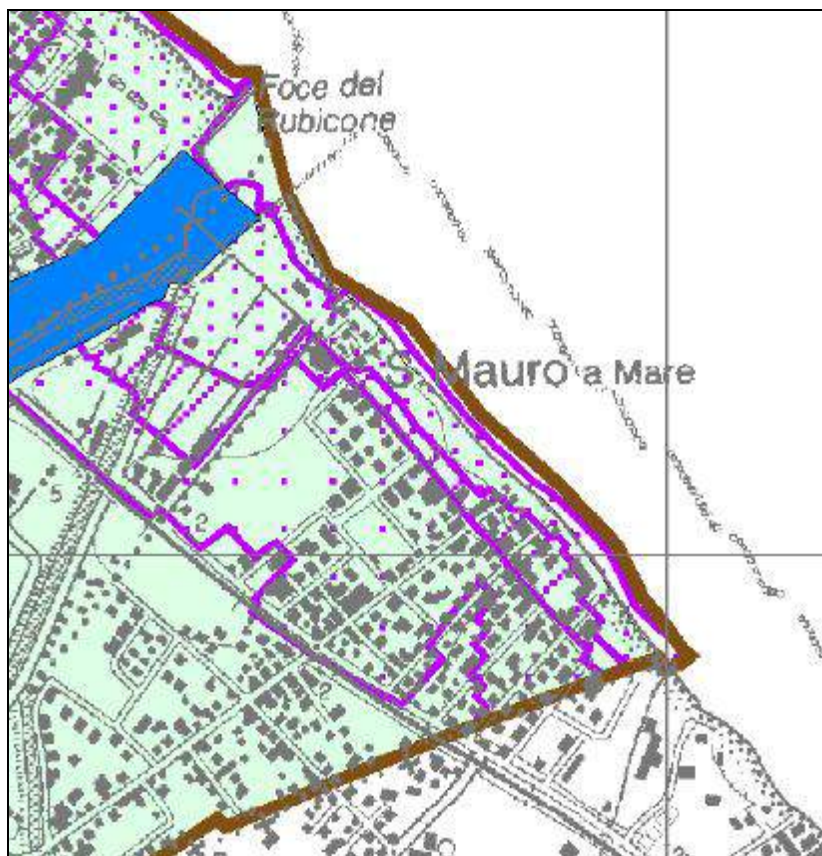


Fig. 13 – TAV 256 NO – 256 SO Perimetrazione aree a rischio idrogeologico RER – Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli - RER



Per le aree oggetto del presente studio è stata prevista una disciplina che mira al collegamento con le azioni di protezione civile, alla riduzione della vulnerabilità e alla sua integrazione nella pianificazione urbanistica. Per tali aree al punto sono inoltre previste disposizioni temporanee Titolo IV art. 15 e 16 in attesa dell'attuazione da parte della regione delle misure per la costa ad essa attribuite dal PGRA.

Si riporta sotto quanto previsto nelle Nda del PSRI:

Art. 16 Aree interessate da alluvioni frequenti e poco frequenti o rare 1. Nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3) o poco frequenti (P2), le amministrazioni comunali, nell'esercizio delle attribuzioni di propria competenza

opereranno in riferimento alla strategia e ai contenuti del PGRA e, a tal fine, dovranno:

a. aggiornare i Piani di emergenza ai fini della Protezione Civile, conformi a quanto indicato nelle linee guida nazionali e regionali, in cui siano specificati lo scenario d'evento atteso e il modello d'intervento per ciò che concerne il rischio idraulico.

b. assicurare la congruenza dei propri strumenti urbanistici con il quadro della pericolosità d'inondazione caratterizzante le aree facenti parte del proprio territorio, valutando la sostenibilità delle previsioni relativamente al rischio idraulico, facendo riferimento alle possibili alternative localizzative e all'adozione di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte.

c. consentire, prevedere e/o promuovere, anche mediante meccanismi incentivanti, la realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità alle inondazioni di edifici e infrastrutture.

2. Nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (P1), le amministrazioni comunali, in ottemperanza ai principi di precauzione e dell'azione preventiva, dovranno sviluppare le azioni amministrative di cui al punto a) del precedente comma 1. 3. Nelle more dell'attuazione delle disposizioni per la costa da parte della Regione Emilia Romagna previste dal PGRA, approvato ai sensi della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. 23 febbraio 2010 n. 49, nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3) o poco frequenti (P2), i Comuni provvederanno, nell'ambito delle procedure autorizzative di loro Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico Normativa – testo coordinato competenza in materia di interventi edilizi ed infrastrutturali, a richiedere l'adozione di specifiche misure di riduzione della vulnerabilità in funzione: - delle caratteristiche del territorio e del relativo uso del suolo, - del tipo di intervento e della destinazione d'uso prevista, - del riferimento ai seguenti valori dell'elevazione totale della superficie del mare indicati dal PGRA per diversi scenari e relativi tempi di ritorno: - 1,50 m per Tempo di

ritorno pari a 10 anni; - 1,80 m per Tempo di ritorno pari a 100 anni; - 2,50 m per Tempo di ritorno superiore a 100 anni. 4.

Analizzato ed evidenziato il rischio moderato di inondazione, accentuato dal fenomeno dell'erosione costiera e dal fenomeno della subsidenza, come contenuto nelle prescrizioni del PGRA, si indica come appropriato dal punto di vista urbanistico previsionale, l'allontanamento progressivo e di prospettiva dalla linea di costa, che si ricorda essere mantenuta tale da periodiche operazione di rinascimento, dei manufatti privati, delle strutture ricettive e delle infrastrutture pubbliche, verso l'area P2, normata ed indicata nel presente piano all'articolo 6, rispettando le prescrizioni in esso contenute.

In particolare si indica come opportuno, favorire operazioni di accorpamento, unione e miglioramento delle strutture esistenti, innalzamento relativo del piano futuro di calpestio delle strutture ricettive nell'area pur nel rispetto e nel miglioramento dell'impatto ambientale e paesaggistico.

CRITICITA' COSTIERA

La fascia costiera di San Mauro Pascoli ha una estensione inferiore a 1 Km (700 m circa).

Questo tratto costiero è stato interessato, come per i comuni limitrofi, a partire dagli ultimi decenni del secolo scorso, da un intenso sviluppo dell'industria turistico – balneare.

La fase di intensa crescita economica ha avuto però pesanti ripercussioni sull'ambiente litoraneo che ha subito una profonda trasformazione.

Si è passati infatti da un sistema ambientale caratterizzato da una larga spiaggia con dune al retro e pochi insediamenti abitativi, ad un litorale completamente urbanizzato su tutto il fronte a mare.

L'unico elemento del sistema litoraneo naturale che è stato in parte risparmiato è la spiaggia emersa, perché era e resta il perno su cui ruota l'intera economia turistica.

Lo spianamento dei cordoni dunosi e la costruzione, nello spazio da loro occupato, di strade litoranee, alberghi o stabilimenti balneari, ha ridotto di conseguenza, in maniera drastica, la capacità della spiaggia di opporsi efficacemente all'azione del mare attraverso lo scambio continuo di sabbia tra dune, spiaggia emersa e barre sommerse.

Altri fattori che hanno alterato l'equilibrio del sistema costiero sono il fenomeno della subsidenza che tratteremo in seguito, la quota topografica rispetto al livello marino ed il diminuito apporto sedimentario da parte dei principali corsi d'acqua causa politiche di riforestazione delle aree montane.

Per questi motivi nei tratti dove vi è stata una forte riduzione degli apporti di sabbia e /o elevati valori di subsidenza, spiaggia e fondali sono entrati in erosione.

Conseguentemente il mare durante intense mareggiate ha seriamente danneggiato le infrastrutture e i fabbricati più vicini alla battigia e, in concomitanza con eventi di acqua alta, ha invaso vaste superfici allagando terre e abitati.

L'ambito costiero di San Mauro Mare, rientra nei tratti maggiormente esposti al fenomeno dell'erosione, per fermare la dinamica sono state realizzate opere di difesa passiva mediante costruzione di n. 6 barriere in massi rocciosi, lunghe circa 100 metri, disposte parallelamente alla costa, a meno di 100 m dalla battigia.

Queste opere, comunemente dette scogliere, hanno dimostrato fin dai primi interventi di essere in grado di assorbire la maggior parte dell'energia del moto ondoso e quindi di svolgere efficacemente la difesa dal mare, ma nel contempo hanno evidenziato anche effetti collaterali assolutamente negativi tra i quali il più grave è quello di spostare sui litorali limitrofi i processi erosivi, creando così i presupposti per la realizzazione di altri interventi di difesa.

Per diminuire l'impatto antropico e contrastare il fenomeno negli ultimi anni si è deciso per un intervento di contrasto più "morbido" attraverso continui ripascimenti artificiali della spiaggia; gli apporti sedimentari provengono da cave in entroterra o solitamente vengono prelevati da opere di dragaggio delle barre sabbiose in accumulo al largo o in prossimità dei porti.

Il ripascimento artificiale costituisce elemento stabilizzante costituendo un apporto ed un innalzamento delle quote batimetriche ed un conseguente smorzamento energetico del moto ondoso durante le mareggiate.

Per la cella 42 del sistema SICELL messo appunto dalla Regione Emilia Romagna all'interno del Progetto Europeo COASTANCE Programma MED, è emerso che nell'intervallo 2006/2012 sono stati apportati sull'arenile, 1420 metri cubi di sabbie fini. Da quanto sopra esposto e dai risultati sui monitoraggi della RER, risulta quindi che i fenomeni erosivi in atto sono da attribuire, oltre che alla mancanza di apporto solido di sabbia in circolazione ed alla subsidenza, anche alla profonda alterazione del profilo del fondale prodotto dalle opere di difesa meccanica del moto ondoso.

La situazione del litorale di San Mauro è quindi tale da rendere precaria non solo la gestione attuale, ma anche molto difficile una definizione di intervento strategico finalizzata ad una modifica dell'attuale assetto geomorfologico.

Trattandosi di un litorale ad elevata vocazione turistica il nuovo assetto dovrà comunque garantire le esigenze della difesa dal mare, il mantenimento di una idonea area ombreggio spiaggia ed il recupero dei caratteri paesaggistico-ambientali del paraggio per cui occorrerà presumibilmente in futuro apportare moltissima sabbia.



Fig. 14 – Cella 42 San Mauro Pascoli _ SICELL RER

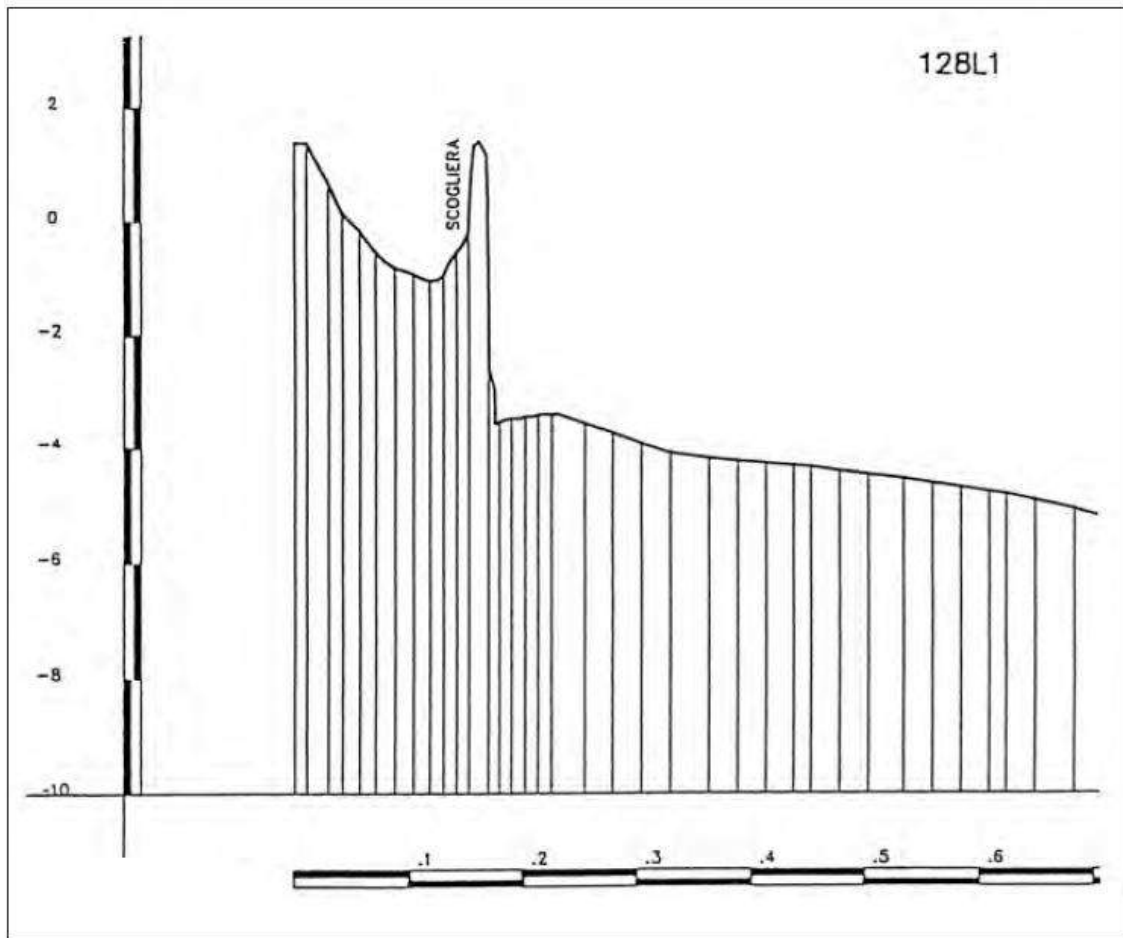


Fig. 15 – Profilo Batimetrico anno 1993 ISPRA litorale di Bellaria - Indicativa della dinamica erosiva

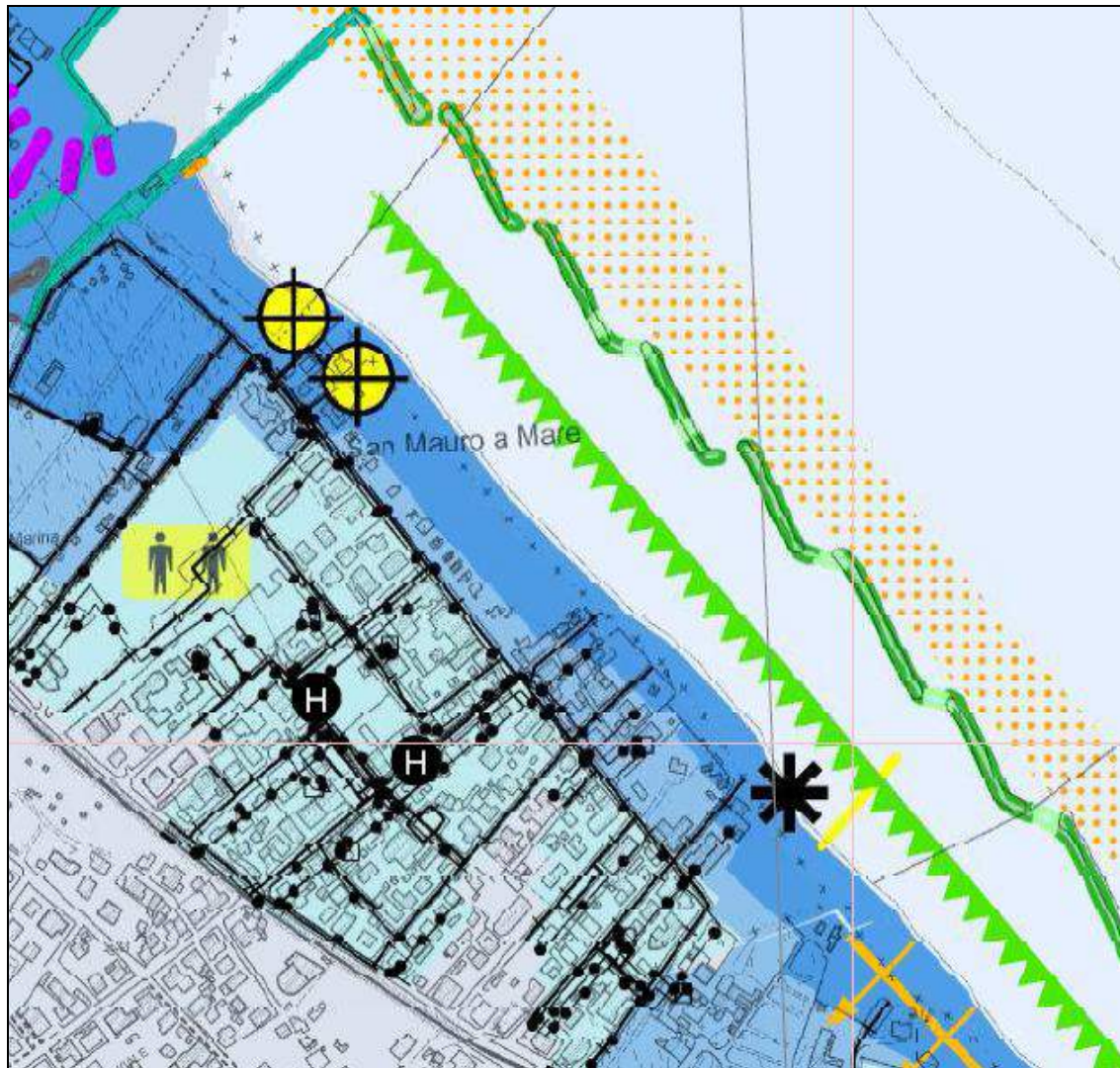
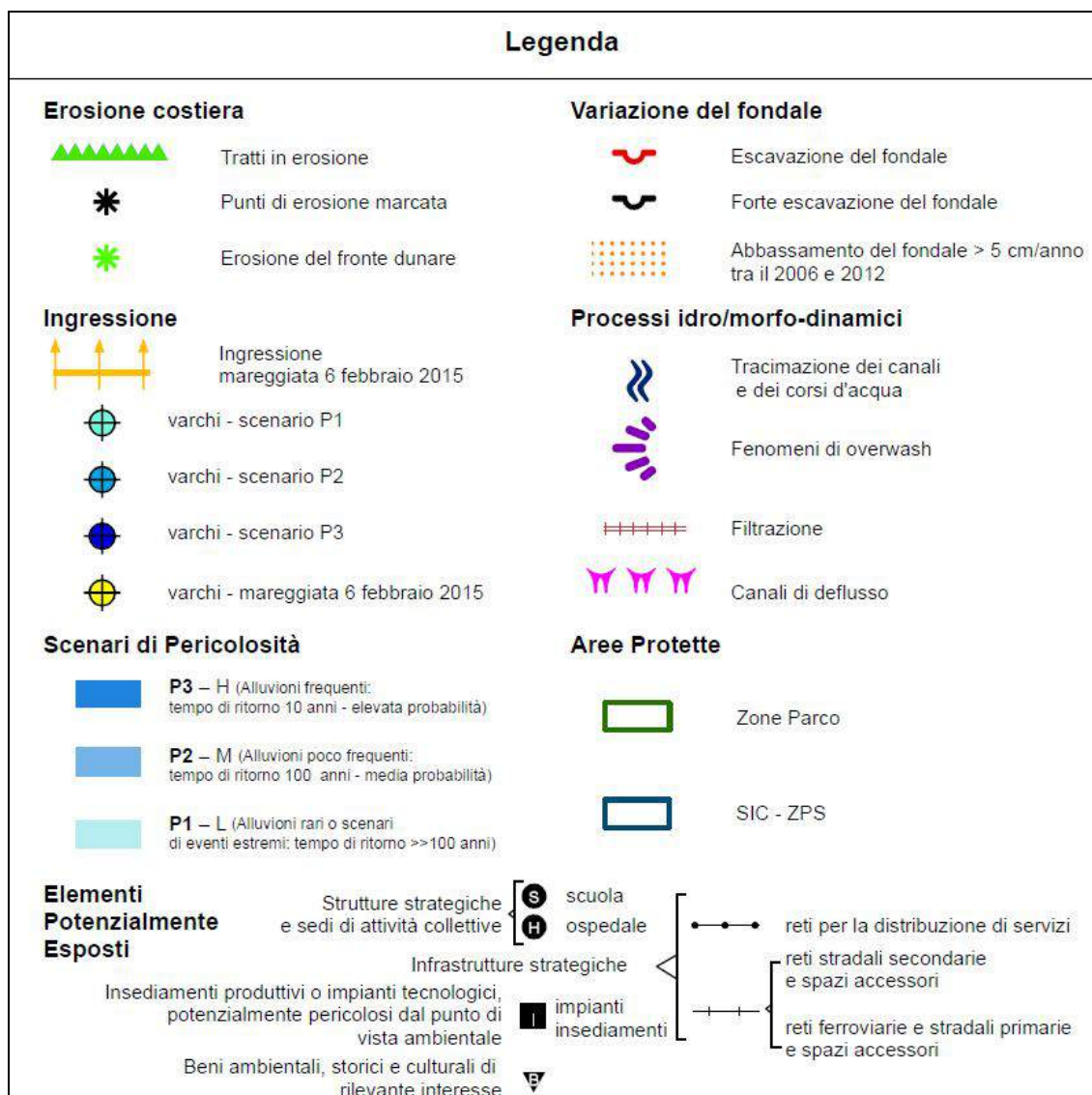


Fig. 16 – Carta delle criticità costiere – cartografia in Risk - sistema informatico dei rischi costieri RER



ANALISI SUBSIDENZA

La fascia di territorio della costa è interessata anche da un fattore di criticità, vale a dire l'abbassamento della superficie terrestre causato da cambiamenti che avvengono nel sottosuolo; tale fenomeno definito subsidenza ha origini sia naturale che antropica.

L'estrazione dei fluidi dal sottosuolo (acqua e idrocarburi per uso agricolo, industriale e acquedottistico), ampiamente praticata nei nostri territori nelle ultime decine di anni, ha accelerato il processo.

Questo fenomeno diviene un fattore di rischio quando l'abbassamento del terreno è particolarmente rilevante o quando la topografia è già depressa e vicina o al di sotto del livello del mare.

Nella fascia costiera di San Mauro i valori di subsidenza sono di origine naturale, solo marginalmente di origine antropica e sono attesi attorno a valori compresi nella forbice di 5.00 / 2.50 mm/anno.

Si può definire per la subsidenza un trend positivo ed in miglioramento, come confermato dai dati ARPAE rispetto al passato quando la suzione idrica dalle falde era superiore.

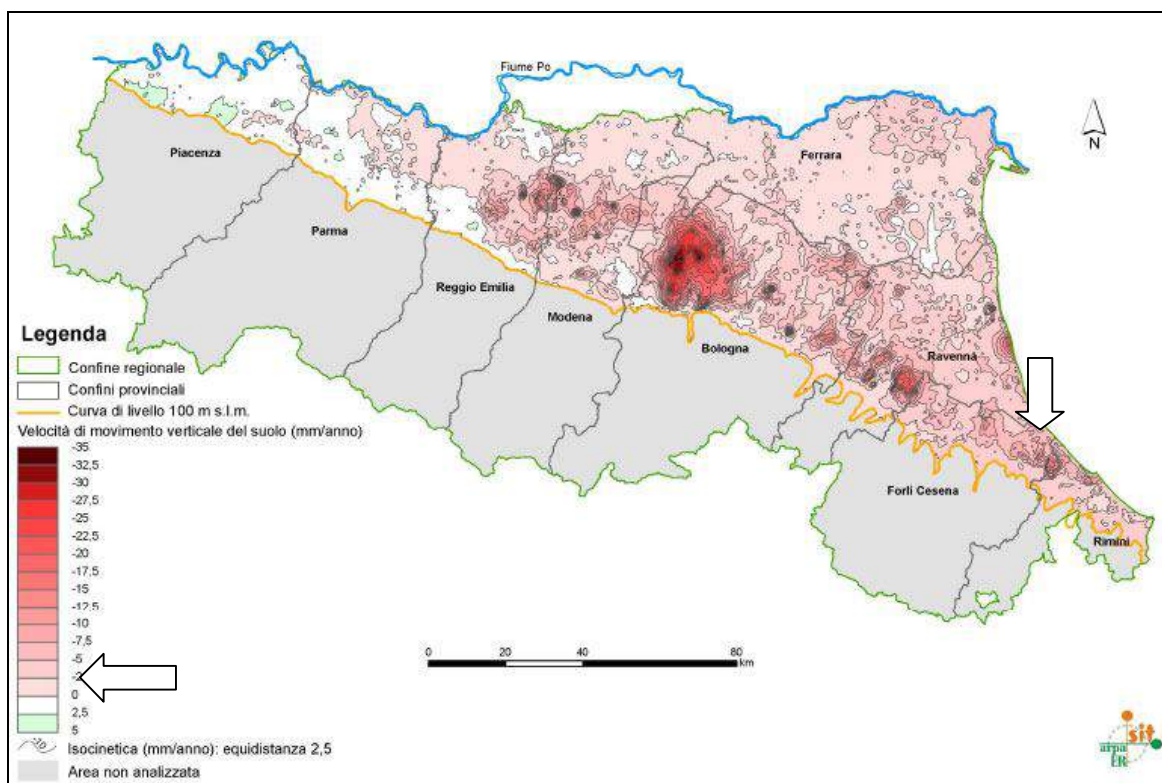


Fig. 17 - Carta della velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2006/2011 RER

Classi di velocità di movimento verticale del suolo (mm/anno)	Unità di misura	Periodo
Da - 10 a - 7.5	mm/anno	1992-2000
Da - 10 a - 7.5	mm/anno	2002-2006
Da - 7,5 a - 5	mm/anno	2006-2011
Da - 5 a -2.5	mm/anno	2011-2016

Fig. 18 – Monitoraggio subsidenza ARPAE

RISPOSTA SISMICA LOCALE III LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

SISMICITA' STORICA

Il DBMI11 (Locati et al., 2011), indica, per l'area di San Mauro, effetti a partire dall'anno 1672 con intensità macrosismiche che arrivano fino al grado VII della scala MCS (Sieberg, 1930). Di seguito si riporta la scheda, presente nello Studio di Microzonazione Sismica intercomunale, che sintetizza in formato grafico e tabellare la storia sismica del capoluogo comunale di San Mauro Pascoli

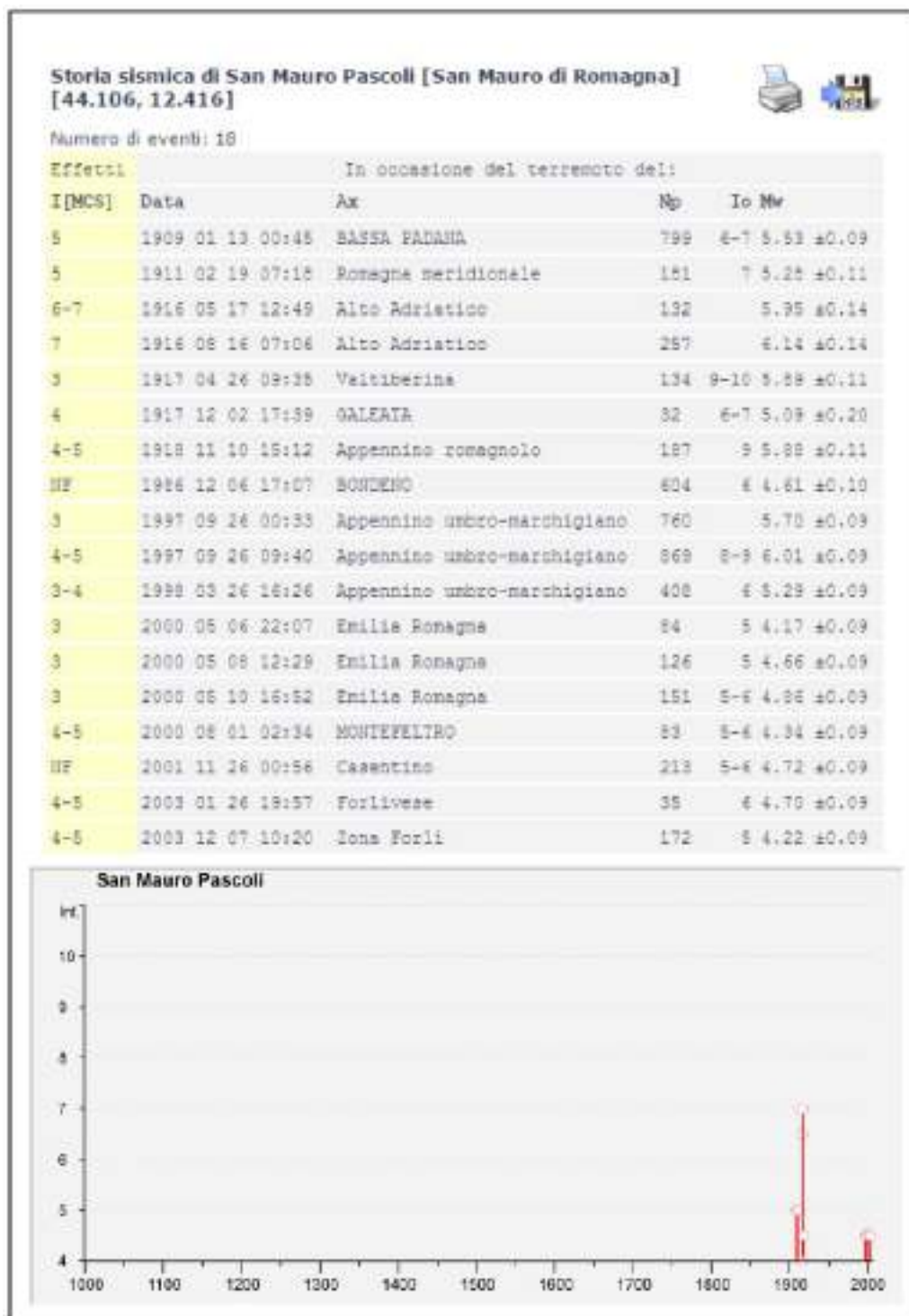


Fig. 19 – Storia Sismica San Mauro Pascoli

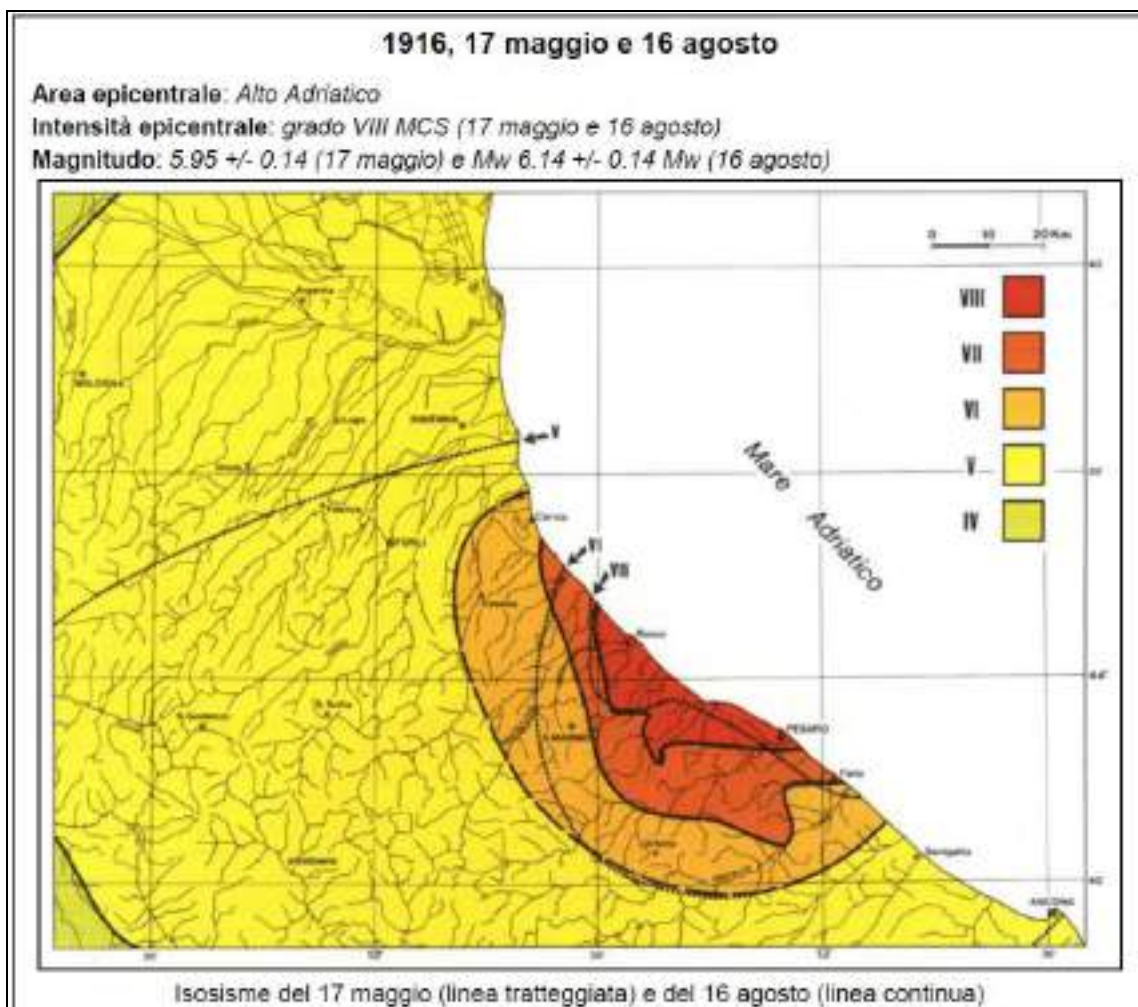


Fig. 20 – Isoisme terremoti anno 1916

Tre terremoti negli anni 1672, 1875 e 1916 sono presenti negli annali per i quali sono stati registrati danni nel capoluogo comunale, in particolare nel terremoto di Agosto 1916 furono registrati danni alla Chiesa ed alla Caserma dei Carabinieri, 5 case furono rese inagibili e quasi tutte danneggiate lievemente (fonte Studio Tarabusi).

Non sono descritti gli effetti nell'area costiera ma nelle fonti storiche di Cesenatico e Cervia sono riportati danni ed effetti riconducibili al fenomeno della liquefazione dei terreni.

SORGENTI SISMOGENETICHE

Il database DISS (DISS Working Group, 2010) indica la presenza di due sorgenti sismogenetiche che attraversano l'area di studio, una individuale "ITIS036 - Val Marecchia" e una composita "ITCS039 - Riminese onshore".

Si tratta di una porzione del fronte compressivo appenninico esterno, un sistema di faglie con vergenza nord-est, a cui è associata una magnitudo massima pari a 5.7 Mw, relativa al terremoto del 17 marzo 1875, così come era riportato nella versione '99 del catalogo CPTI. La profondità è indicata tra 3 e 6 km, mentre lo slip-rate è compreso tra 0.1 e 0.5 mm/anno.

Secondo la Zonazione sismogenetica del Territorio Italiano - ZS9, prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004 (Meletti e Valensise, 2004), che rappresenta il riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica nel territorio nazionale, l'area in esame ricade entro la Zona 917 "Rimini - Ancona", caratterizzata da un valore di M_{wmax} pari a 6.14.



Fig. 21 – Sorgenti Sismogenetiche DISS (Riferimento Studio di Microzonazione Sismica Geologo Tarabusi)

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

PROCEDURA ANALISI E INTERPRETAZIONE DATI INDAGINE SISMICA

In base alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, nella fattispecie il recente D.M. del 17/01/2018, la definizione dell'azione sismica fa riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di Categorie di sottosuolo .

Nel caso in oggetto la categoria di sottosuolo è stata rilevata attraverso la realizzazione di n. 2 analisi sismiche passive a stazione singola HVSR, una indagine sismica attiva MASW e una prova SCPTU cono sismico.

PROVA SCPTU CONO SISMICO

modalità esecutive

Il sistema in oggetto permette di realizzare un'indagine di tipo sismico (tecnica down hole), complementare alla realizzazione di una prova penetrometrica statica con piezocono.

Come per la tecnica in foro di sondaggio di tipo down hole si prevede la misura dei tempi di propagazione delle onde di compressione (P) e di taglio (S) tra il punto di energizzazione in superficie (shot) ed il punto di ricezione mobile in profondità anche se, nel caso del “cono sismico”, i singoli valori di velocità sia dell'onda di compressione (per i ricevitori verticali) sia dell'onda di taglio (per i ricevitori orizzontali) vengono determinati per differenza tra i tempi sismici di propagazione fra i due ricevitori posti alle estremità opposte della sonda.

Per effettuare le operazioni di acquisizione dati si utilizza una sorgente di energia a polarizzazione verticale ed orizzontale: con la prima si generano onde di compressione P mentre con la seconda onde di taglio Sh. Come apparato di ricezione è stata utilizzata una sonda originale Pagani realizzata in acciaio temprato nella quale sono

inserite due coppie di ricevitori (orizzontali e verticali) interspaziati di 1 metro l'una dall'altra (totale 4 ricevitori).

Si realizza dapprima la prova penetrometrica, dopodiché si procede alla ri-infissione della batteria di aste nella stessa verticale di indagine con la punta sismica. Ad ogni stop di infissione (metro) è stata eseguita una misura geofisica di energizzazione e ricezione dell'energia sismica delle onde di compressione e di taglio.

Per ogni energizzazione si è eseguita una registrazione sui ricevitori in modo tale da ottenere sismogrammi sui quali sarà possibile determinare gli arrivi dell'onda di compressione (P) ed altri sui quali sarà possibile determinare gli arrivi dell'onda di taglio (Sh); la registrazione dei tempi di arrivo tra una energizzazione e la seguente, permette di ottenere il valore della differenza di tempo di percorrenza relativa all'intervallo in oggetto.

Il procedimento di elaborazione dei dati viene sviluppato secondo la tecnica differenziale (cross correlazione). Tale tecnica consiste nel valutare il “ritardo” di arrivo dell'onda di compressione e/o di taglio fra il geofono inferiore e quello superiore valutando unicamente su base sismografica il valore di tempo che intercorre fra i due arrivi.

Il programma di elaborazione della prova penetrometrica con “Cono sismico” consente di determinare contemporaneamente alla rilevazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche (V_p e V_s) nel sottosuolo, i corrispondenti moduli elastici dinamici del terreno che possono contribuire ad una migliore definizione dei carichi e delle spinte da parte di un eventuale manufatto sul terreno di fondazione:

- Coefficiente di Poisson (μ)
- Peso di volume (γ_{din}) in t/m^3
- Modulo di Elasticità dinamico (E_{din}) in Kg/cm^2
- Modulo di Taglio dinamico (G_{din}) in Kg/cm^2
- Modulo di Compressibilità dinamico (K_{din}) in Kg/cm^2

I moduli dinamici così calcolati risultano comunque sempre più elevati di quelli statici forniti da prove di carico in situ in quanto gli impulsi sismici sono di breve durata e le sollecitazioni ad essi associate sono relativamente modeste e rientrano nel campo delle deformazioni istantanee.

Mediante la prova geofisica con “Cono sismico” potrà inoltre essere caratterizzato il sito d'indagine secondo le classi di terreno previste dal D.M. del 14/01/2008 “Norme tecniche per le costruzioni” fino alle profondità raggiunte dalla prova stessa (V_{s30}).

MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.)

L'analisi della propagazione delle onde superficiali entro il sottosuolo con la metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la determinazione della velocità delle onde di taglio (V_s) è stata effettuata mediante l'utilizzo di uno stendimento sismico di superficie composti da 24 geofoni da 4.5 Hz interdistanti 2.5 m per una lunghezza complessiva di 57.50 m; l'elaborazione, mediante software d'inversione, della prova sismica ha fornito un log di V_s posizionato al centro della sezione il quale permette di individuare eventuali variazioni verticali dei valori cinematici corrispondenti a variazioni delle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

- Metodologia di indagine per onde superficiali

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda [RICHART et al., 1970].

Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase (V_R).

In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche diverse, il comportamento delle onde superficiali è differente.

In particolare, la propagazione presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase).

Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associati proprietà meccaniche differenziate: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Quindi, nel caso di mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità.

La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni; infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidità del mezzo e, posto di riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata (come si vedrà più avanti) per un processo

inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidità stesse.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo, è un fenomeno multimodale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda.

Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato nella figura qui di seguito presentata, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione;
- 2) Processing;
- 3) Inversione.

HVSR

Strumentazione utilizzata e modalità esecutive

La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo di un registratore sismico mostrato in figura.



Fig. 22 – Registrazione sismico - Tromino

Il registratore è composto da una terna di velocimetri, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore.

Lo strumento è stato posizionato correttamente (tramite bolla sferica e piedini regolabili) sul terreno; inizia l'acquisizione dei microtremori: i modi di vibrare del terreno vengono amplificati, convertiti in forma digitale, organizzati e salvati su una memoria digitale. Successivamente i dati vengono trasferiti nel PC dove, mediante il codice di calcolo Grilla appositamente sviluppato, vengono analizzati ed elaborati come mostrato in seguito.

Procedura di analisi dati per stazione singola H/V

Dall'elaborazione della registrazione del rumore sismico ambientale, è stata ricavata la curva H/V (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) (Pag. 4).

Il grafico H/V TIME HISTORY (Pag. 4) mostra le “finestre temporali” analizzate per l'elaborazione della curva H/V e permette di individuare eventuali finestre di disturbo all'interno di una registrazione.

Il grafico DIRECTIONAL H/V (Pag. 4) rappresenta la proiezione del HVSR lungo le diverse direzioni, da 0° a 180° in senso orario, dove 0° rappresenta la direzione del Nord segnato sullo strumento (da 180° a 360° i risultati sono simmetrici). Questo permette di vedere se una componente orizzontale prevale sull'altra: cioè se la media HVSR riceve più il contributo da parte di un componente orizzontale.

In seguito, il grafico SINGLE COMPONENT SPECTRA (Pag. 5), mostra l'andamento delle singole componenti nelle tre direzioni (N-S_E-O_Verticale).

In base alle conoscenze stratigrafiche, utilizzando la curva H/V, è stato possibile realizzare su di essa un modello sintetico di Vs (EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V) (Pag. 5) seguendo inoltre le linee guida Sesame, 2005 (Pag. 6). Infine viene calcolata la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno ai sensi di legge con la seguente formula:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

dove h_i e Vs_i sono spessori e velocità dei singoli strati.

Indagine HVSr

PIANO DELL'ARENILE SAN MAURO, HVSr Viale Pascoli

Instrument: TRZ-0194/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 06/12/18 12:24:15 End recording: 06/12/18 12:36:15

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

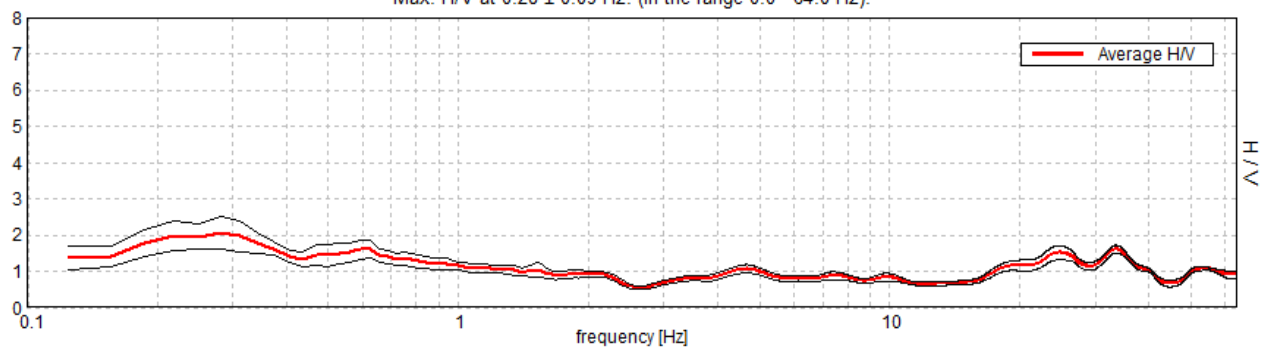
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

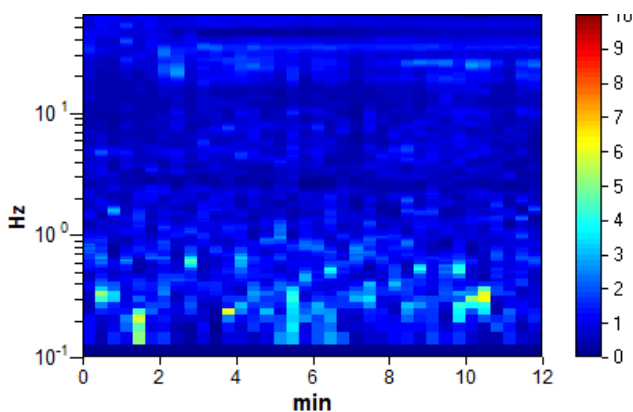
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

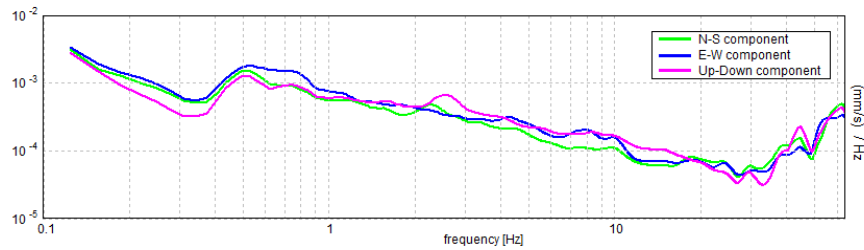
Max. H/V at 0.28 ± 0.09 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



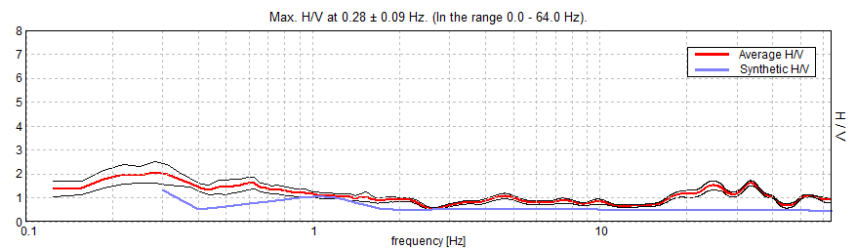
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

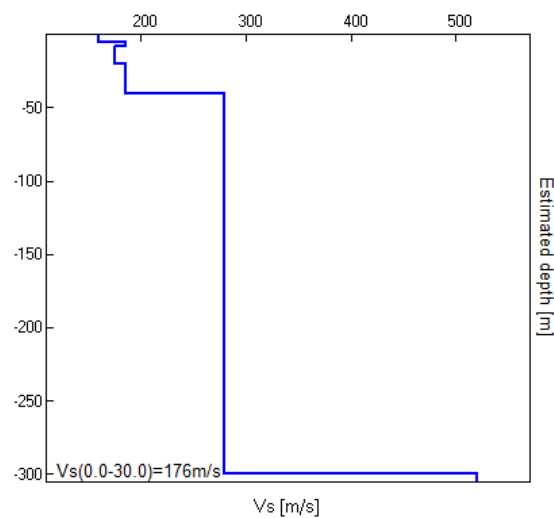


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	160	0.38
8.00	3.00	185	0.38
20.00	12.00	175	0.38
40.00	20.00	185	0.38
300.00	260.00	280	0.39
inf.	inf.	520	0.42

Vs(0.0-30.0)=176m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.28 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteria for a reliable H/V curve					
[All 3 should be fulfilled]					
$f_0 > 10 / L_w$		$0.28 > 0.50$		OK	
$n_c(f_0) > 200$		$202.5 > 200$		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 14 times		OK	
Criteria for a clear H/V peak					
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]					
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		0.094 Hz		OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$					NO
$A_0 > 2$		$2.05 > 2$		OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		$ 0.33075 < 0.05$			NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		$0.09302 < 0.05625$			NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		$0.4485 < 2.5$		OK	
L_w n_w $n_c = L_w n_w f_0$ f f_0 σ_f $\varepsilon(f_0)$ A_0 $A_{H/V}(f)$ f^- f^+ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$	window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ H/V peak amplitude at frequency f_0 H/V curve amplitude at frequency f frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ 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 standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve 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

PIANO DELL'ARENILE SAN MAURO, HVSR Via Levante

Instrument: TRZ-0194/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 06/12/18 12:45:06 End recording: 06/12/18 12:57:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

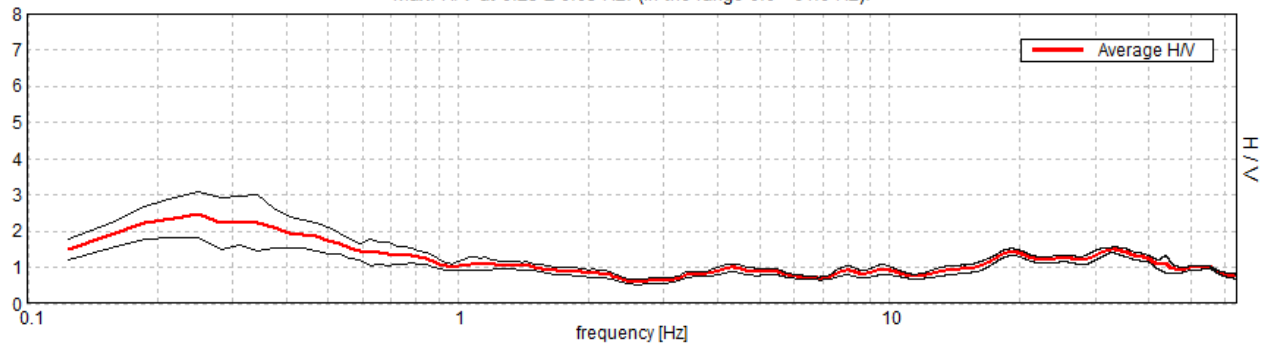
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

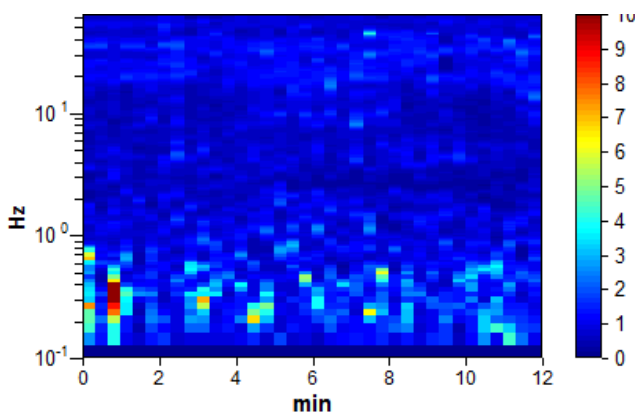
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

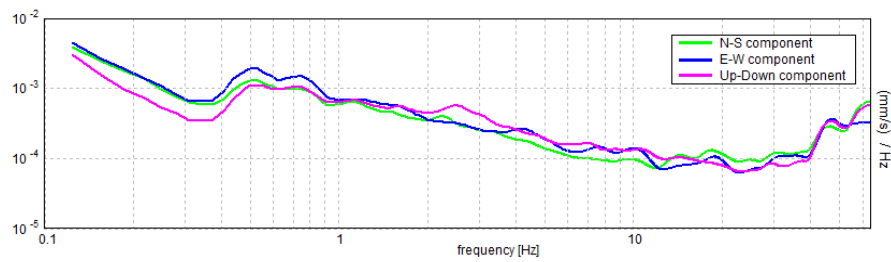
Max. H/V at 0.25 ± 0.05 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



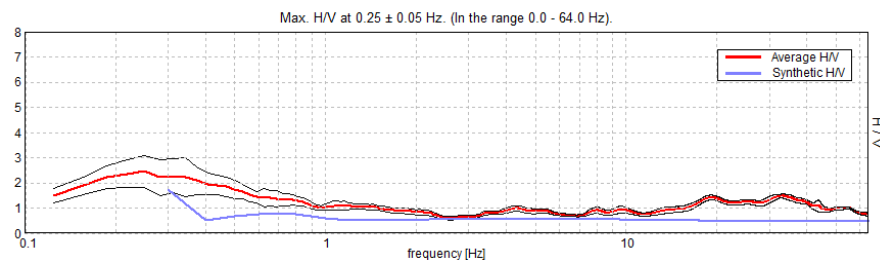
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

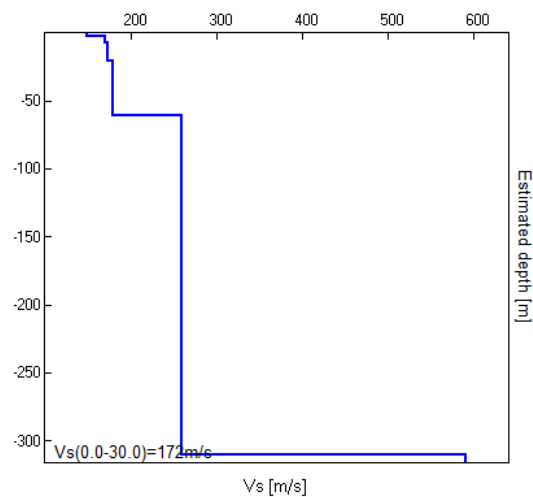


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.70	2.70	150	0.37
7.70	5.00	170	0.38
20.70	13.00	173	0.38
60.70	40.00	180	0.38
310.70	250.00	260	0.39
inf.	inf.	590	0.42

$V_s(0.0-30.0)=172\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.25 ± 0.05 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteria for a reliable H/V curve					
[All 3 should be fulfilled]					
f ₀ > 10 / L _w		0.25 > 0.50		OK	
n _c (f ₀) > 200		180.0 > 200		OK	
σ _A (f) < 2 for 0.5f ₀ < f < 2f ₀ if f ₀ > 0.5Hz σ _A (f) < 3 for 0.5f ₀ < f < 2f ₀ if f ₀ < 0.5Hz		Exceeded 0 out of 13 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		0.094 Hz		OK	
Exists f ⁺ in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f ⁺) < A ₀ / 2		0.875 Hz		OK	
A ₀ > 2		2.46 > 2		OK	
f _{peak} [A _{H/V} (f) ± σ _A (f)] = f ₀ ± 5%		0.18634 < 0.05			NO
σ _f < ε(f ₀)		0.04658 < 0.05		OK	
σ _A (f ₀) < θ(f ₀)		0.6275 < 2.5		OK	
L _w n _w n _c = L _w n _w f ₀ f f ₀ σ _f ε(f ₀) A ₀ A _{H/V} (f) f ⁻ f ⁺ σ _A (f) σ _{logH/V} (f) θ(f ₀)	window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold value for the stability condition σ _f < ε(f ₀) H/V peak amplitude at frequency f ₀ H/V curve amplitude at frequency f frequency between f ₀ /4 and f ₀ for which A _{H/V} (f ⁻) < A ₀ /2 frequency between f ₀ and 4f ₀ for which A _{H/V} (f ⁺) < A ₀ /2 standard deviation of A _{H/V} (f), σ _A (f) is the factor by which the mean A _{H/V} (f) curve should be multiplied or divided standard deviation of log A _{H/V} (f) curve threshold value for the stability condition σ _A (f) < θ(f ₀)				
Threshold values for σ _f and σ _A (f ₀)					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
ε(f ₀) [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
θ(f ₀) for σ _A (f ₀)	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log θ(f ₀) for σ _{logH/V} (f ₀)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Indagine SCPTU CONO SISMICO

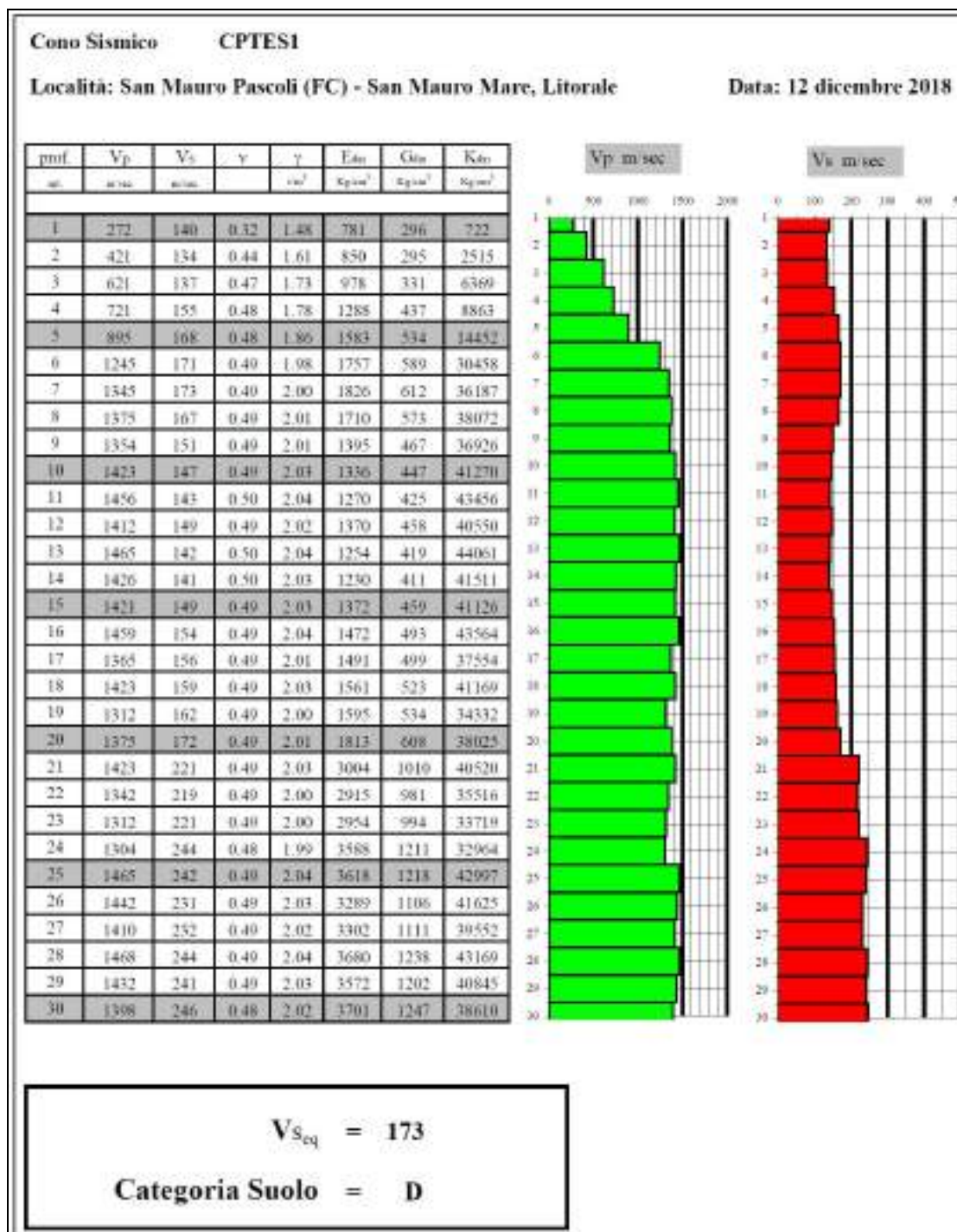


Fig. 23 – Valori Cono VS / VP SCPT

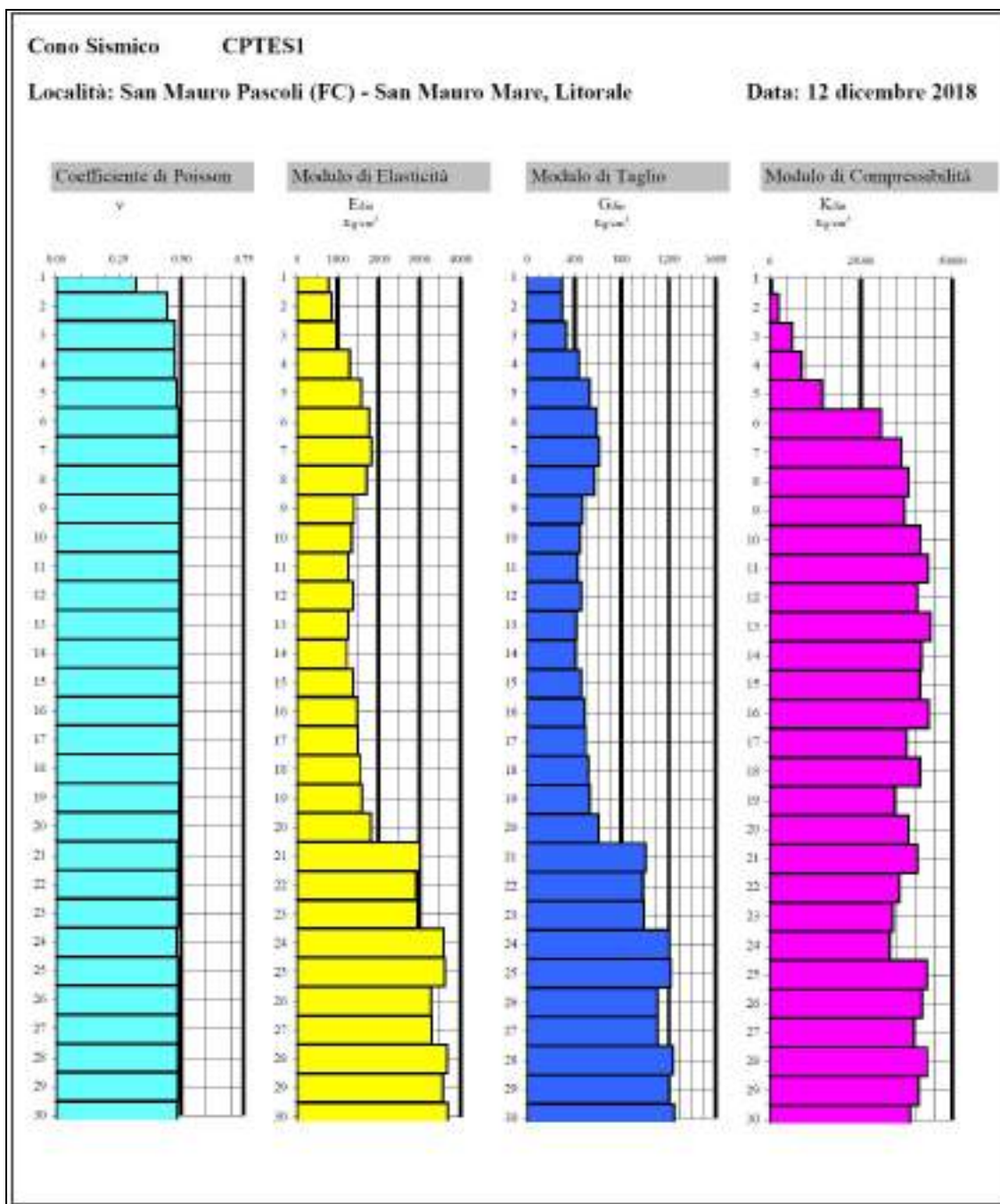


Fig. 24 – Parametri terreno SCPT

MASW

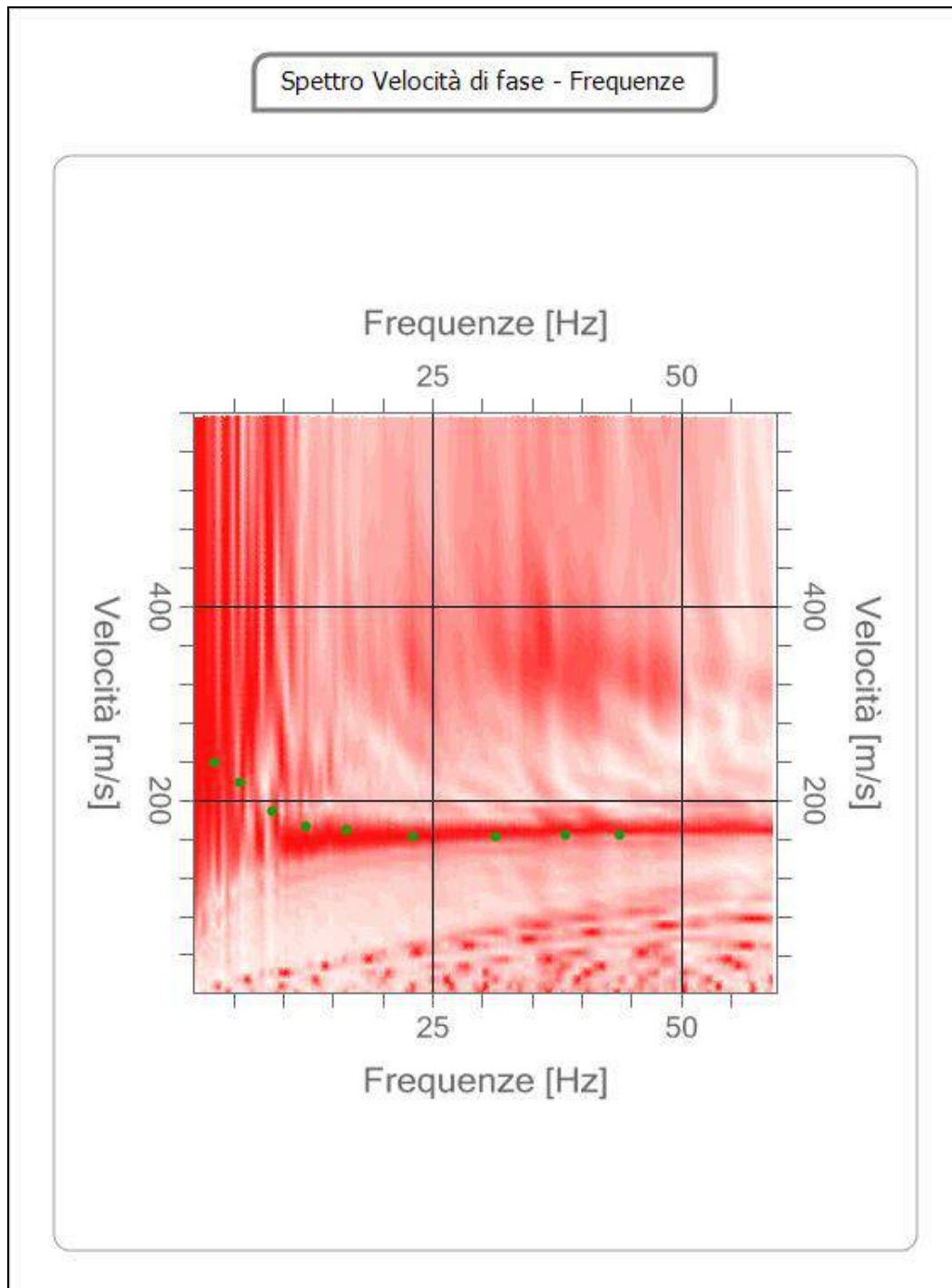


Fig. 25 – Spettro velocità frequenze prova MASW

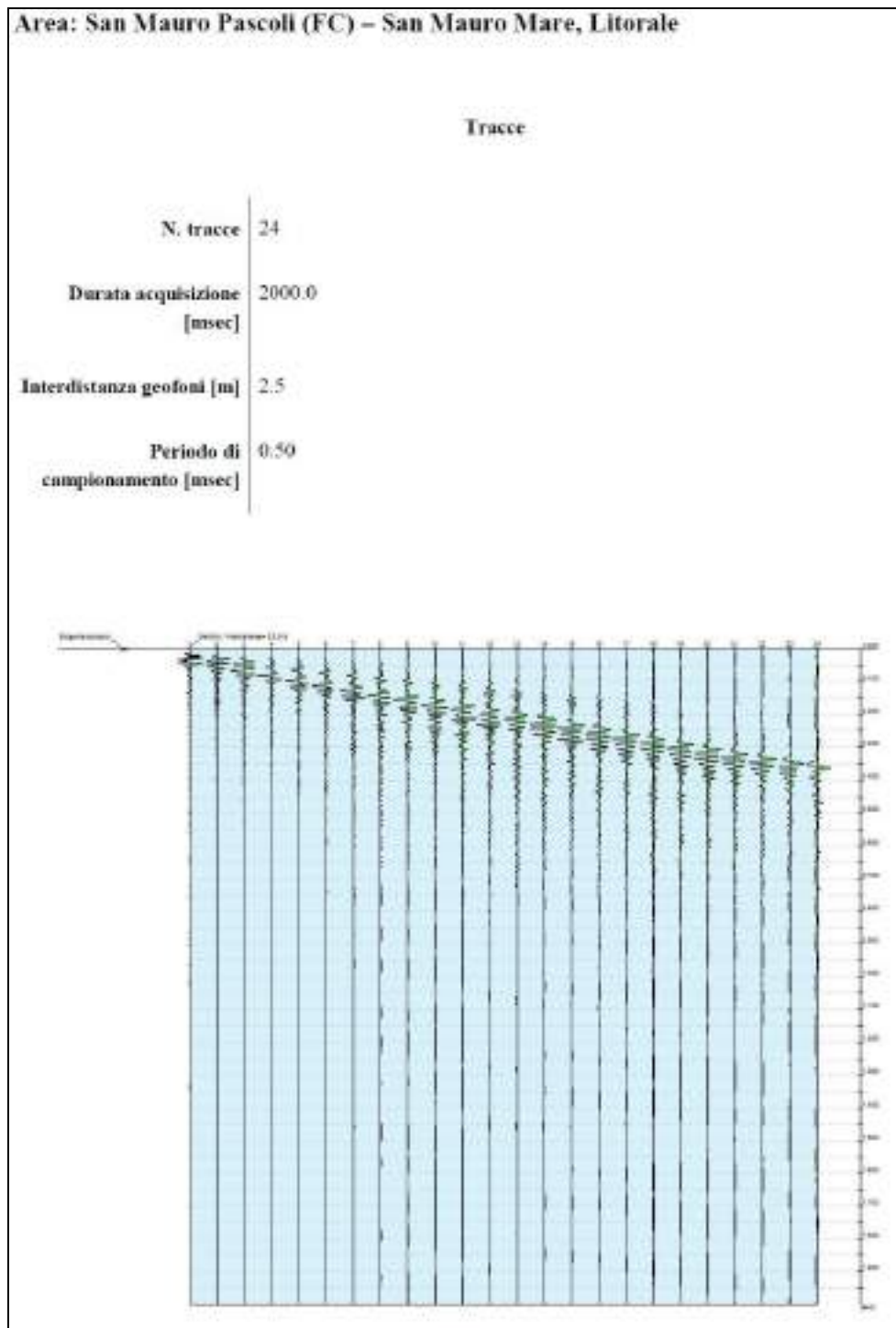


Fig. 26 – Tracce MASW

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il territorio comunale di San Mauro Pascoli è stato sottoposto a zonazione sismica con secondo livello di approfondimento, attraverso una serie di nuove indagini sismiche passive e attive ed una serie di prove meccaniche ed indagini del sottosuolo già in possesso dell'amministrazione comunale.

Per zonazione sismica di 2° livello si intende quanto contenuto nell'Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'Art 16, c.1 della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvato con Deliberazione dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2 Maggio 2007, ad oggi aggiornata con il DGR 2193/2015.

Tale analisi ha avuto lo scopo di individuare e di valutare il grado di pericolosità sismica locale attraverso la redazione di Tavole di MZS con la quantificazione delle amplificazioni locali per zona omogenee, distinguendole in due diverse zone:

- **RSL1 area di costa**
- RSL 2 area di piana alluvionale

Il valore ricavato dell'analisi sismica di Viale pascoli di Vs30:

CONO SISMICO	173 m/s
MASW =	172 m/s
HVSR Viale Pascoli =	176 m/s
HVSR Via Levante =	172 m/s

La velocità vs30 ottenuta dalla prova ha permesso un raffronto con le numero prove eseguite dallo studio di micro zonazione sismica intercomunale e di risalire quindi al

fattore di amplificazione F.A. rispetto ad un suolo di riferimento. Questo fattore è espresso in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ossia PGA/PGA_0 . PGA viene ricavato da tabelle di riferimento in funzione delle velocità di VS_{30} . PGA_0 è stato ottenuto mediante l'input spettro compatibile fornito dal Servizio Sismico della Regione Emilia Romagna relativo al territorio comunale di San Mauro, da cui si è risaliti all'accelerogramma di riferimento.

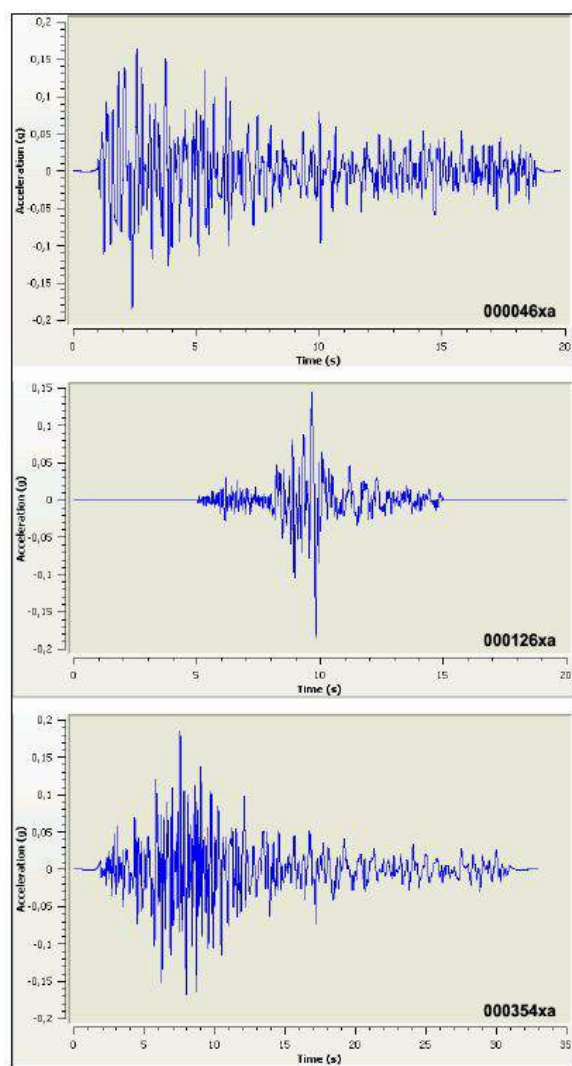


Fig. 27 – Accelerogramma di riferimento

il valore di a_{ref} risulta = 0.185g

A2.1.2 - Pianura Padana e Costa Adriatica (Pianura2, substrato > 100m da p.c.)
Utilizzato per l'intera area di pianura alluvionale, dal limite interno della fascia costiera fino al confine col margine collinare, caratterizzata dalla presenza di un bedrock profondo, rappresentato dal tetto della Formazione delle Argille Azzurre, posto ad oltre 100 metri di profondità.

Questi valori sono stati usati per la valutazione del fattore di amplificazione sismica mediante la tabella:

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5
F.A. SI1	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5
F.A. SI2	3.0	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1
F.A. SI3	3.4	3.2	2.8	2.5	2.2	2.0

Fig. 28 – Valori di Amplificazione sismica A2.1.2

I valori di V_s 30 ricavati sono stati quindi inseriti nelle tabelle di riferimento della normativa regionale consentendo di ottenere i seguenti valori:

F.A. (P.G.A) = 1.5/1.6

F.A. SI 1 - INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s = 1.9$

F.A. SI 2 - INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s = 2.9$

F.A. SI 3 - INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.5s = 3.2$

Si riportano infine le tavole relative a “Atto di indirizzo e coordinamento tecnico per la MZS n. 112/2007” in cui si classificano in via definitiva le Amplificazioni Sismiche Territoriale intercomunale di San Mauro Pascoli, Gatteo, Savignano sul Rubicone.

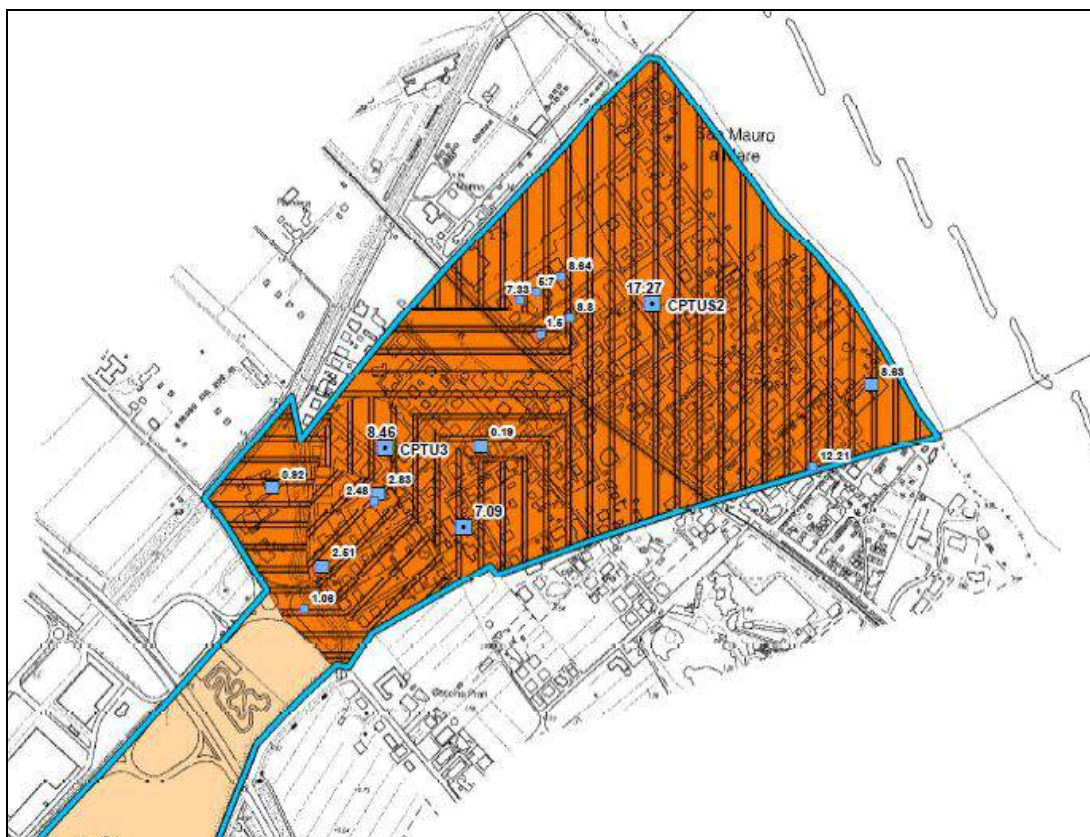


Fig. 29 - FA PGA – Tavola di micro zonazione sismica II livello (Rif. Geologo Tarabusi)



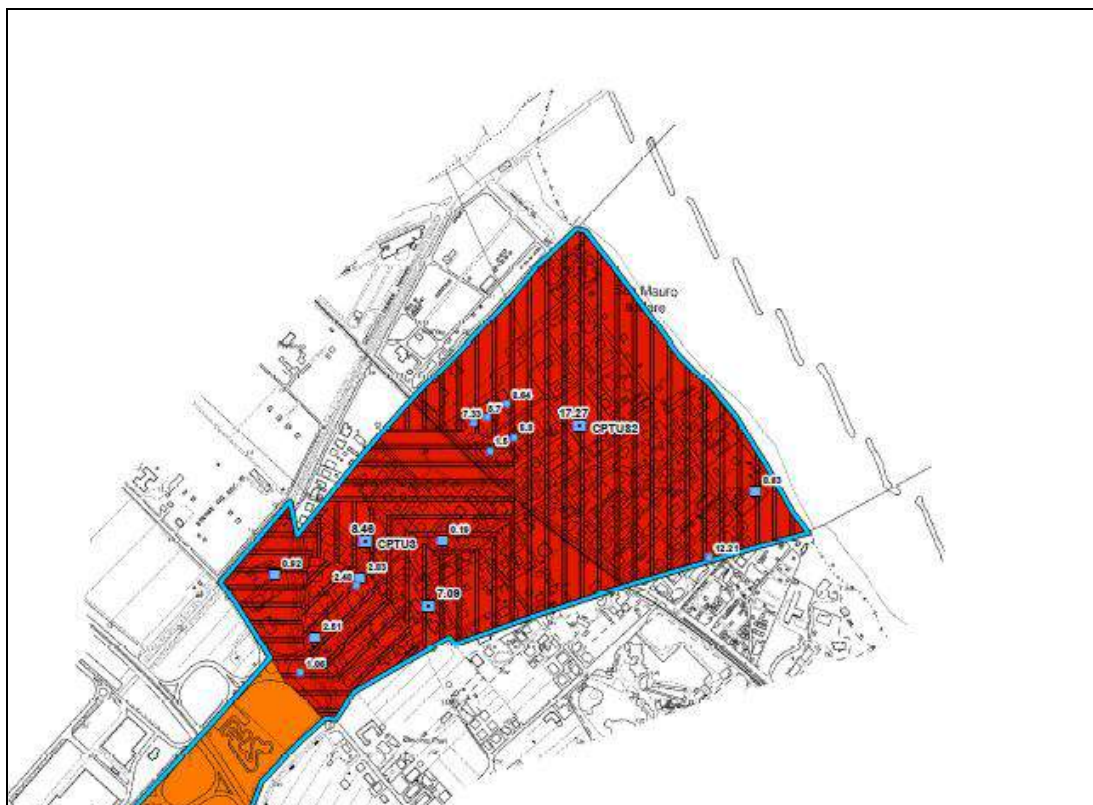
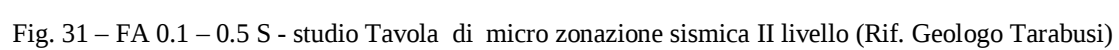


Fig.. 30 – FA 0.1 – 0.5 S – studio Tavola di micro zonazione sismica II livello (Rif. Geologo Tarabusi)





ANALISI DI III LIVELLO

Definizione del modello di riferimento

La definizione del modello di riferimento utilizzato per l'analisi mediante STRATA si è basata sull'integrazione dei dati risultanti dal rilevamento, dalle indagini geognostiche (CPTE) con quelli risultanti delle indagini simiche eseguite (MASW, HVSR, Cono sismico).

I profili sismici acquisiti non hanno consentito l'individuazione del bedrock sismico di riferimento, che è stato pertanto collocato in profondità attraverso la costruzione della retta di regressione del profilo di velocità di progetto, riportato nella seguente figura, e fissato in corrispondenza del raggiungimento della velocità di 800 m/s.

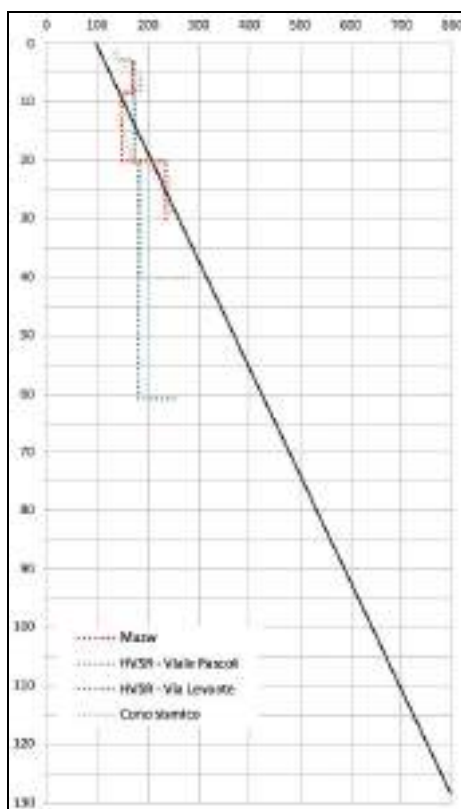


Fig. 32 In rosso il profilo di velocità di progetto. In giallo la retta di regressione per l'individuazione in profondità della posizione del bedrock sismico

Per la definizione delle litologie sono state utilizzate le informazioni desunte dalla prova CPTE geognostiche integrate con dati di sondaggi a carotaggio continuo, pozzi per acqua e prove statiche, acquisiti dal sito della Regione Emilia-Romagna (<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/>), e riportati in Allegato.

La litologia prevalente del sito è rappresentata in superficie da un livello sabbioso spesso circa 2 – 3 m, oltre il quale sono presenti depositi prevalentemente argillosi con intercalazioni sabbiose, limo argillose e talvolta ghiaiose.

Il profilo geologico di progetto utilizzato per l'esecuzione dell'analisi di risposta sismica locale è riportato nella seguente tabella:

0	Sabbie
3	Limi sabbiosi
5	Limi argillosi
6,5	Limi sabbiosi
9	Argille limose
20	Argille
30	Sabbie
32	Argille
94	Sabbie
97	Argille
117	Sabbie
122	Argille
130	<i>Bedrock sismico</i>

Per la ricostruzione del profilo di velocità utilizzato nei calcoli sono stati esaminati i risultati delle prove sismiche eseguite nel sito:

- MASW,
- HVSR – viale Pascoli,
- HVSR – via Levante,
- Cono sismico.

Dal confronto dei dati, riportati anche in fig. 32, è stata rilevata una buona corrispondenza tra il profilo di velocità determinato con la MASW e quello determinato con il Cono sismico, che mostrano restituire velocità delle onde di taglio confrontabili in profondità tra loro.

Anche il confronto dei dati dei due profili HVSR evidenzia una buona uniformità dei dati rilevati, ma solo tra i due profili, mentre il confronto HVSR/MASW + Cono sismico non fornisce una buona sovrapponibilità dei valori misurati.

Operando in favore di sicurezza e considerando anche l'attendibilità relativa alla tipologia di prova eseguita, per la definizione del profilo di velocità sono stati utilizzati prevalentemente i valori di V_s registrati mediante l'indagine MASW e l'indagine con Cono sismico, preferendoli a quelli dei profili HVSR, che tra l'altro mostrano valori meno cautelativi.

Nella tabella seguente si riporta il profilo di progetto utilizzato per l'Analisi di risposta sismica Locale mediante il software STRATA.

		Vs [m/s]
0	Sabbie	140
3	Limi sabbiosi	159
5	Limi argillosi	168
6,5	Limi sabbiosi	171
9	Argille limose	173
20	Argille	150
30	Sabbie	235
32	Argille	450
94	Sabbie	630
97	Argille	720
117	Sabbie	740
122	Argille	750
130	Bedrock sismico	800

Profilo di calcolo utilizzato nel software STRATA

Caratterizzazione sismica del sito

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC18, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La “pericolosità sismica di base” è definita convenzionalmente su sito di riferimento rigido ed affiorante (sottosuolo tipo A), con superficie topografica orizzontale (categoria topografica T1) ed in condizioni free field di campo libero (cioè in assenza di manufatti).

Le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di riferimento, per una fissata “probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” P_{V_R} , nel

“periodo di riferimento” $\cdot V_R$; si ritengono individuate quando se ne conosca l’accelerazione massima a_g (su sito di tipo A, categoria topografica T1, condizioni free field) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$.

I caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze “fondamentali”, sulla

base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica P_{V_R} :
 a_g , accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T^*C , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La pericolosità di base viene successivamente modificata tramite la definizione della categoria di sottosuolo e categoria topografica, alle quali vengono associati dei parametri che modificano lo spettro di risposta in accelerazione del moto sismico su sito di riferimento rigido. In tal modo viene ottenuto lo spettro di risposta elastico $S_e(T)$ in funzione delle condizioni di sito.

Nell’ambito del presente elaborato vengono definiti gli spettri di risposta elastici in pseudo-accelerazioni $S_e(T)$ relativi alla pericolosità sismica di base e quelli modificati in funzione delle condizioni di sito.

Pericolosità sismica di base

La definizione della “pericolosità sismica di base” è avvenuta utilizzando il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L’opera in esame, poiché sovrastante ad un asse viario rilevanza strategica, è stata assimilata come appartenete alla stessa categoria, sono stati pertanto utilizzati

parametri di Vita nominale $VN=50$ anni e Coefficiente d'uso $C_u=1.0$ (Classe d'uso = III).

Fase 1

La localizzazione del sito è stata effettuata mediante l'inserimento del Comune: San Mauro Pascoli (FC).

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☐ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 12.4163 LATITUDINE: 44.1047

☒ Ricerca per comune

REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Forlì-Cesena COMUNE: San Mauro Pascoli

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

km 7.5

18521 18522

18743 18744

-7.5 7.5 km

-7.5

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

☐ Sito esterno al reticolo

☒ Interpolazione su 3 nodi

☐ Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

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

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Fig. 33 – Spettri-NTCver.1.0.3: individuazione della pericolosità del sito.

La scelta dell'ubicazione del sito determina i parametri fondamentali a_g , F_0 , T^*C , definiti convenzionalmente in corrispondenza di 9 valori del tempo di ritorno del sisma T_R , ed i relativi spettri di risposta elastici.

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.053	2.448	0.268
50	0.067	2.443	0.284
72	0.080	2.492	0.282
101	0.094	2.492	0.288
140	0.111	2.471	0.289
201	0.130	2.492	0.291
475	0.185	2.498	0.299
975	0.242	2.515	0.312
2475	0.340	2.462	0.325

Valori dei parametri fondamentali per i T_R di riferimento convenzionali

Sempre dal foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 sono estrapolati i grafici relativi agli Spettri di risposta elastici per i T_R di riferimento convenzionali, riportati in Fig. 34.

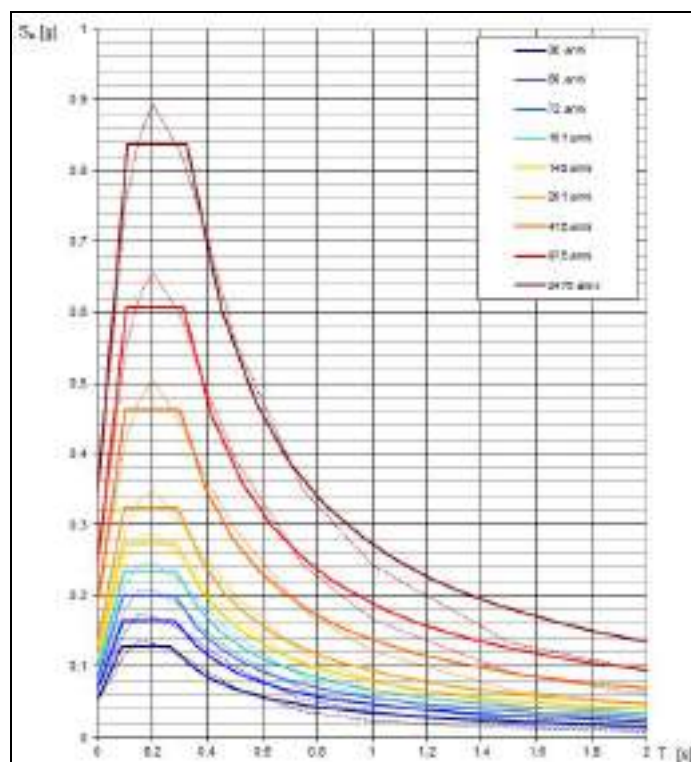


Fig. 34 – Spettri di risposta elastici per i T_R di riferimento convenzionali

Fase 2

Identificazione della Vita nominale (VN), in funzione del tipo di costruzione, e del Coefficiente d'uso (CU), stabilito in funzione della Classe d'uso, definita in relazione all'affollamento, alla funzione pubblica, alla pericolosità ambientale, ecc.

Fig. 35 – Vita nominale e coefficiente d'uso

Identificazione della Vita di riferimento: $VR = VN \cdot CU$.

La strategia di progettazione $VR=100$ anni risulta in un set composto dai 4 stati limite sismici definiti dalla normativa, SLO, SLD, SLV, SLC. per ciascuno dei quali vengono forniti i parametri fondamentali ag , $F0$, T^*C , riportati nella tabella seguente.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0.053	2.448	0.268
SLD	50	0.067	2.444	0.284
SLV	475	0.185	2.498	0.299
SLC	975	0.242	2.515	0.312

Parametri sismici di riferimento.

Di seguito si riportano i relativi spettri di risposta elastici.

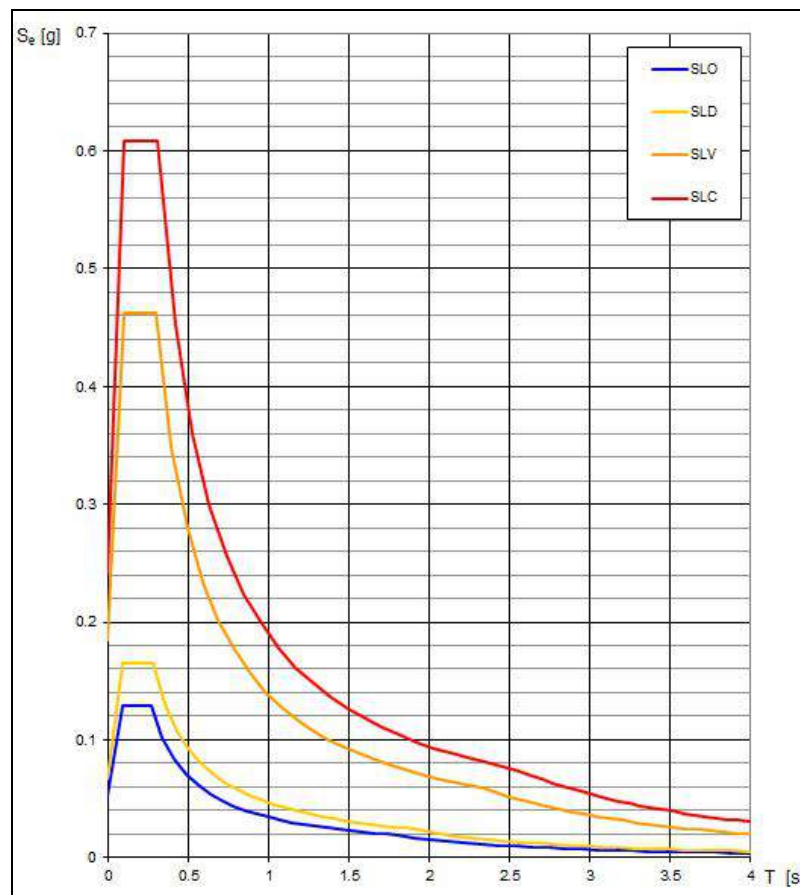


Fig. 36 Spettri di risposta elastici VN=50 anni, CU=1.0 (pericolosità sismica di base).

Disaggregazione sismica

Al fine di individuare gli intervalli di magnitudo e distanza dominanti per la pericolosità sismica, è stata condotta un'analisi di disaggregazione della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999).

L'analisi di disaggregazione è stata effettuata in corrispondenza di un nodo, contiguo al sito di progetto, della griglia adottata per la redazione delle mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV, 2004).

I dati di disaggregazione sono desumibili dalla pagina del sito dell'INGV di Milano <http://esse1-gis.mi.ingv.it>, dedicata alla pericolosità sismica di base (al bedrock rigido e orizzontale) nazionale, nel quale sono stati disaggregati tutti i valori mediani di scuotimento, espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco a_g su suolo di riferimento rigido affiorante di categoria A, corrispondenti a 9 periodi di ritorno (TR): 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni, su griglia di calcolo con passo pari a 0.5° in latitudine e longitudine.

In relazione al sito di progetto, è stata selezionata una probabilità di accadimento in 50 anni del 10%, che costituisce il valore corrispondente al tempo di ritorno TR=975 anni per lo SLV.

I risultati dell'analisi di disaggregazione in termini di magnitudo e distanza (M-R) sono riportati nelle seguenti Figure 37 e 38, essi esprimono, per il sito di progetto e per la prefissata probabilità di eccedenza, tutte le combinazioni tra 11 valori di magnitudo M e 20 valori di distanza R, e permettono di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.

Nelle tabelle riportate di seguito vengono anche forniti i valori medi di magnitudo e distanza.

Nella scelta della coppia magnitudo-distanza definitivamente rappresentativa delle caratteristiche sismogenetiche di un dato sito bisogna tener conto dei seguenti aspetti:

non esistono criteri universalmente accettati; va selezionata il tipo di rappresentazione più adatta ai propri scopi;

è stato riconosciuto che l'effetto della magnitudo sulla forma spettrale è più significativo di quello della distanza epicentrale, circostanza che determina una maggior tolleranza nell'attribuzione della distanza (Graizer e Kalkan, 2009; Rota et al., 2011);

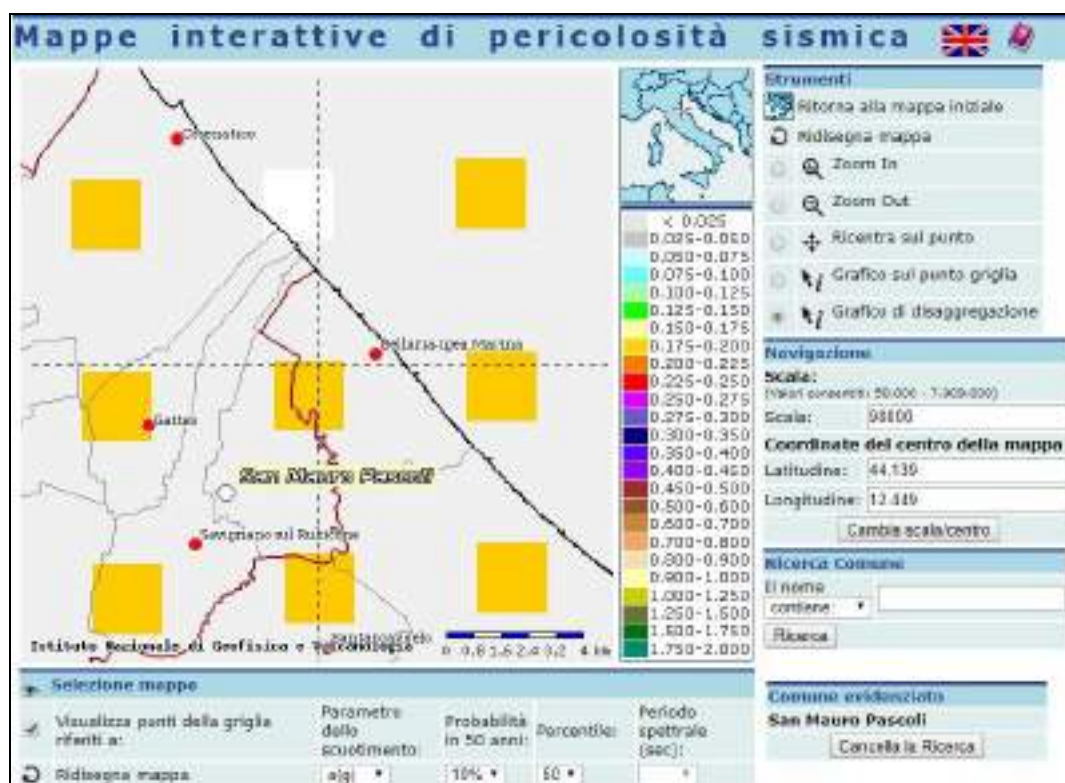


Fig. 37 – Mappe di pericolosità sismica SLV

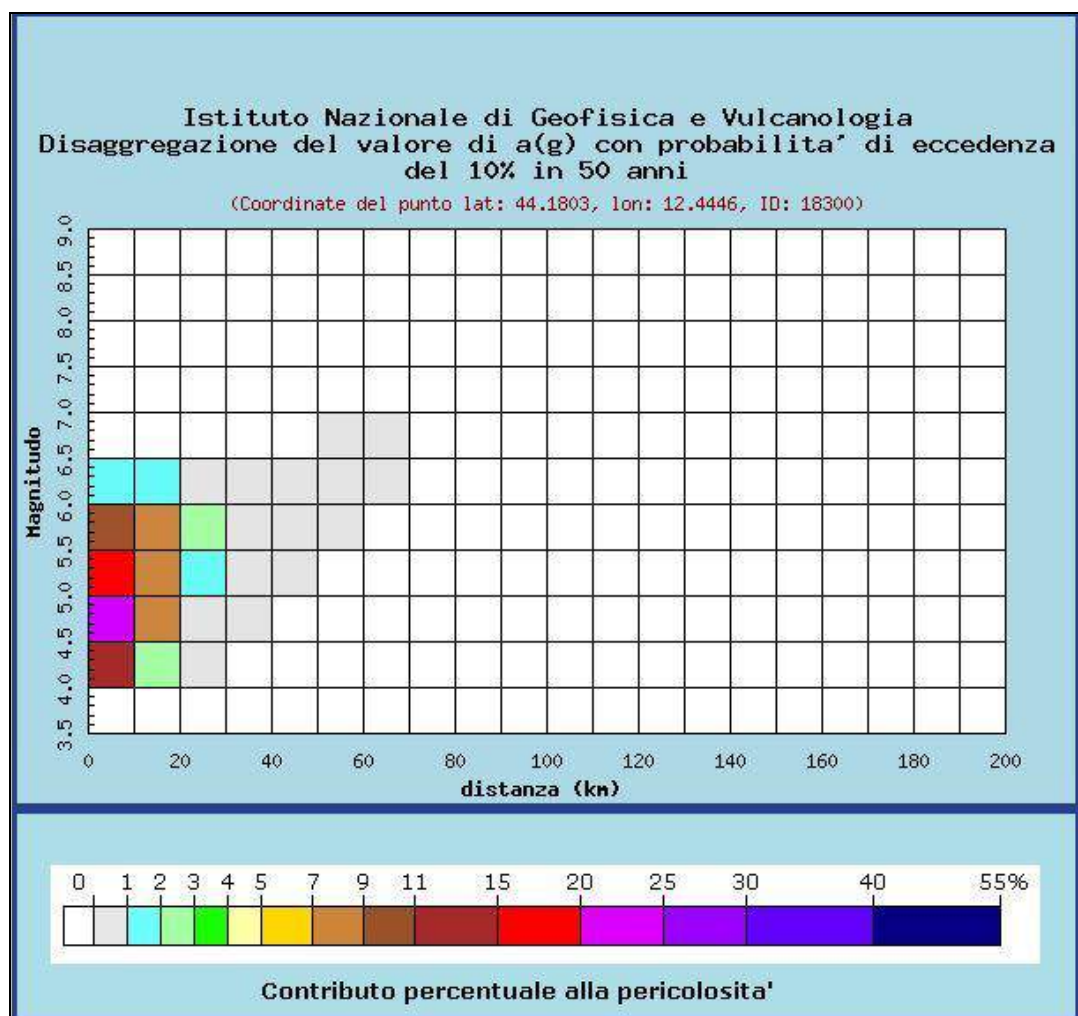


Fig. 38 – Contributo percentuale alla pericolosit  SLV

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.1803, lon: 12.4446, ID: 18300)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	11.300	24.600	17.600	10.800	1.480	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.070	7.290	8.870	8.350	1.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.012	0.479	1.560	2.130	0.643	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.146	0.538	0.235	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.099	0.089	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.027	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.110	8.980	0.752

Valori delle magnitudo attese SLV

In base ai dati di disaggregazione, per l'SLV, sono stati ritenuti rappresentativi della sismicit  del sito i seguenti intervalli di magnitudo e distanza:

M = 5.5 – 6.0

R = 0 – 20 Km

Estrazione accelerogrammi di input

La definizione degli accelerogrammi di input è stata effettuata utilizzando la banca dati disponibile nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale www.regione.emilia-romagna.it/geologia/sismica. I segnali di riferimento forniti sono stati selezionati dalla banca dati accelerometrica “European Strong Motion database” (<http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/ESD/> - ISESD) attraverso una procedura che valuta la similarità tra una forma spettrale di riferimento (nel nostro caso questa forma spettrale corrisponde alla forma dello spettro di risposta isoprobabile con il 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni di figura 1) e la forma degli spettri di risposta dei segnali contenuti nella banca dati ISESD.

I files con i segnali di riferimento sono distribuiti come archivi compressi, ogni archivio contiene i tre segnali già scalati per il comune a cui si riferiscono, che possono essere impiegati per le analisi di terzo livello nel comune in questione, scalati in modo che la loro accelerazione massima corrisponda al valore di a_{refg} del comune.

ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La risposta sismica locale è stata richiesta per definire puntualmente il comportamento dinamico dei fabbricati, inseriti nel nuovo livello pianificatorio, sottoposti alle azioni sismiche secondo il dispositivo tecnico normativo vigente.

La determinazione dell'azione sismica di progetto permette di definire una realistica risposta sismica stratigrafica, in alternativa all'approccio semplificato, basato sulla definizione delle categorie di sottosuolo.

L'analisi di risposta sismica locale è stata eseguita mediante l'utilizzo del software gratuito Strata sviluppato dall'Università del Texas (Kottke e Rathje, 2008) e distribuito con licenza pubblica General Public License (GNU) dal PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) di Berkeley.

Il programma impiega un modello monodimensionale 1-D lineare elastico (LE) o lineare equivalente (EQL) ed effettua l'analisi della risposta sismica locale RSL in termini di pressioni totali TT.

Il codice di calcolo numerico valuta la risposta sismica di un deposito di terreno schematizzandolo come un sistema di N strati orizzontali omogenei, isotropi e visco-elastici (“metodi della trave a taglio continua”, Roesset, 1970), sovrastanti un semispazio uniforme, corrispondente al bedrock, attraversati da un treno di onde di taglio che incidono verticalmente le superfici.

L'adozione di una schematizzazione geometrica di tipo mono-dimensionale (1-D) si basa su una serie di ipotesi semplificative introdotte nella caratterizzazione geometrica e meccanica del deposito e nelle leggi di propagazione delle onde sismiche e di comportamento dei terreni.

In particolare, si assume che:

- 1 - la superficie libera ed il bedrock siano orizzontali e indefinitamente estesi;
- 2 - il deposito sia omogeneo o al più stratificato orizzontalmente;
- 3 - la sollecitazione sismica sia costituita da sole onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale (SH) incidenti il bedrock con direzione di propagazione verticale;
- 4 - siano trascurabili gli effetti topografici.

La configurazione geometrica mono-dimensionale può essere schematizzata come riportato nella seguente Figura,

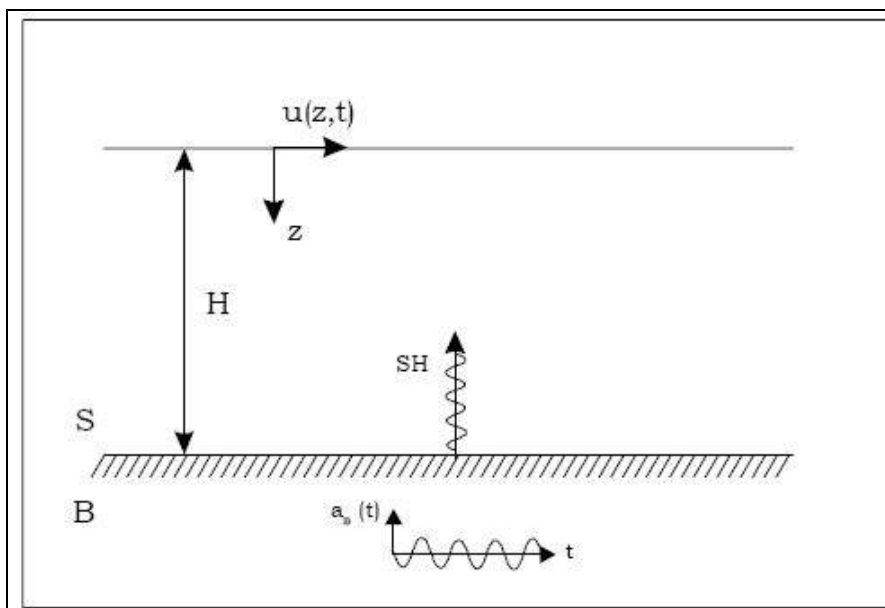


Fig. 39 Schema geometrico mono-dimensionale 1-D.

La rappresentazione monodimensionale del problema riduce il deposito ad una colonna di terreno di larghezza unitaria, detta anche “trave a taglio” (Roesset, 1970), in cui le dimensioni trasversali si possano ritenere trascurabili e alla base della quale viene applicata un’oscillazione.

La condizione di estensione infinita equivale ad assumere che le onde che si propagano dal bedrock verso la superficie non subiscano alcuna riflessione ai bordi (effetti di bordo trascurabili).

Il programma assume inoltre che il moto sismico atteso in superficie venga determinato in condizioni di free field, ossia di campo libero, con superficie libera da manufatti.

L’analisi lineare equivalente EQL viene condotta in termini di tensioni totali TT. Si pone l’attenzione sul fatto che l’operare in TT è lecito unicamente se le deformazioni massime attese ricadono al più nel campo delle medie deformazioni (livelli deformativi inferiori alla soglia volumetrica), in cui il comportamento del terreno è

dissipativo ma stabile, senza accumulo di sovrappressioni neutre in condizioni non drenate.

Inserimento sismostratigrafia di input

La definizione del modello di riferimento utilizzato per l'analisi mediante STRATA si è basata sull'integrazione dei dati risultanti dal rilevamento, dalle indagini geognostiche con quelli risultanti delle indagini simiche eseguite.

I profili sismici acquisiti non ha consentito l'individuazione del bedrock sismico di riferimento, con velocità ≥ 800 m/s, che è stato determinato mediante interpolazione lineare dei dati disponibili, come esposto nei paragrafi precedenti. Il bedrock sismico è stato collocato a 130 m di profondità dal p.c..

Il profilo inserito nel software STRATA è il seguente:

Site Profile				
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	3.00	S	140.00
2	3.00	2.00	LS	159.00
3	5.00	1.50	LA	168.00
4	6.50	2.50	LS	171.00
5	9.00	11.00	AL	173.00
6	20.00	10.00	A	150.00
7	30.00	2.00	S	235.00
8	32.00	62.00	A	450.00
9	94.00	3.00	S	630.00
10	97.00	20.00	A	720.00
11	117.00	5.00	S	740.00
12	122.00	8.00	A	750.00
13	130.00	Half-Space	Bedrock	800.00

Water Table Depth Depth: 1.00 m	Bedrock Layer Unit weight: 22.00 kN/m³ Damping: 1.00 %
--	--

Fig. 40 Profilo di calcolo

La definizione del profilo dal punto di vista litologico è stata effettuata sulla base dei dati disponibili dalle stratigrafie dei pozzi acquisite e dalle prove CPT eseguite, le velocità associate ai vari orizzonti individuati sono state desunte fino alla profondità di 30 m dal p.c. dalle indagini sismiche effettuate, per profondità superiori si è fatto riferimento alla retta di regressione lineare, determinata per interpolazione dei dati disponibili e riportata in Fig. 32.

Sono state individuate quattro tipologie di terreni:

A	Argille
AL – LA	Argille limose e Limi argillosi
LS	Limi sabbiosi
S	Sabbie

Poiché il programma STRATA non dispone di curve di decadimento per terreni limo sabbiosi, limo argillosi e argille limose, in assenza di prove specifiche, questi ultimi sono stati assimilati rispettivamente a sabbie o argille, in funzione della granulometria prevalente.

Sono state utilizzate le curve di bibliografia proposte da Idriss (1990) per Clay e Sand, terreno G, inserite nel software come riportato nella figura seguente.

Soil Types						
+ Add Insert – Remove						
	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Min. Damping (%)	Notes
1	A	19.50	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay	0.5	
2	LS	18.50	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	0.5	
3	S	18.00	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	0.5	
4	AL-LA	19.00	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay	0.5	

Fig. 41 Tipi di terreno

Determinazione dei parametri di calcolo

L'analisi con STRATA è stata eseguita utilizzando il metodo lineare equivalente “Equivalent Linear (EQL)”.

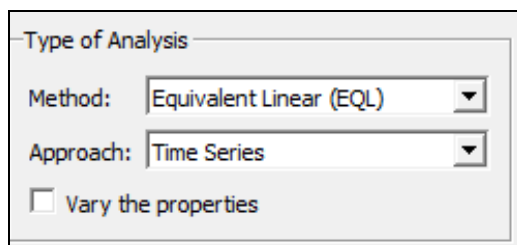


Fig. 42 Tipo di analisi

La magnitudo di riferimento utilizzata $M = 6.0$, che ha consentito di impostare un valore di “Effective Strain Ratio”

$$n = (M-1)/10 = 0.50$$

La tolleranza massima ammissibile nel processo iterativo di aggiornamento dei parametri non lineari del deposito è stata posta pari al 2%. Sono state considerate massimo 10 interazioni.

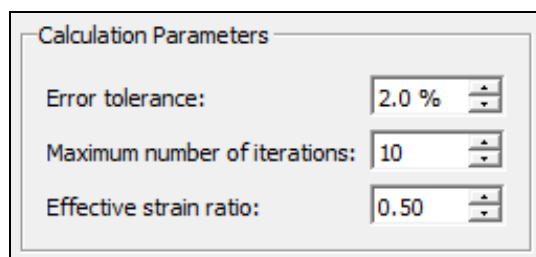


Fig. 43 Parametri di calcolo

Il calcolo è stato eseguito utilizzando i tre accelerogrammi forniti dalla Regione Emilia Romagna per il Comune di San Mauro Pascoli.

Input Notional						
Add Remove Edit						
	Name	Description	Type	PGA (g)	PGF (cm/s)	Scale Factor
1	☒ San mauro pascoli_accelerogrammi/000354xa_040041SanMauroPascoli.xy	Accelerogramma_354	Outcrop (2A)	0.18	9.13	1.00
2	☒ San mauro pascoli_accelerogrammi/000126xa_040041SanMauroPascoli.xy	Accelerogramma_126	Outcrop (2A)	0.18	10.96	1.00
3	☒ San mauro pascoli_accelerogrammi/000094xa_040041SanMauroPascoli.xy	Accelerogramma_94	Outcrop (2A)	0.18	9.38	1.00

Fig. 44 Accelerogrammi utilizzati

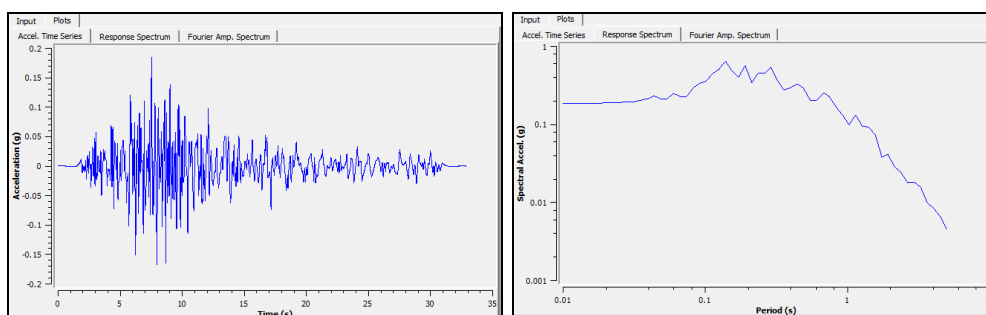


Fig. 45 Accelerogramma 000354xa_040041SanMauroPascoli

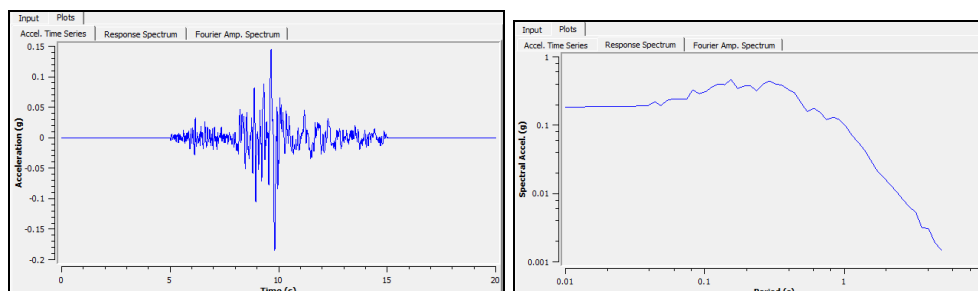


Fig. 46 Accelerogramma 000126xa_040041SanMauroPascoli

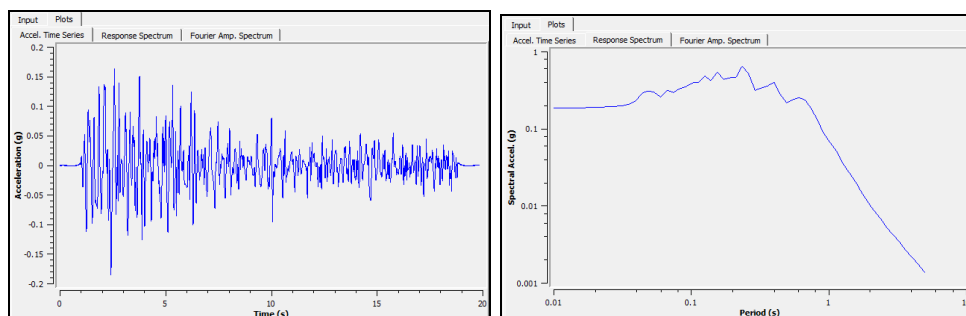


Fig. 47 Accelerogramma 000046xa_040041SanMauroPascoli

Risultati

Le analisi condotte con il software STRATA hanno consentito di determinare i valori medi dello spettro in accelerazione e velocità, illustrati nelle figure seguenti.

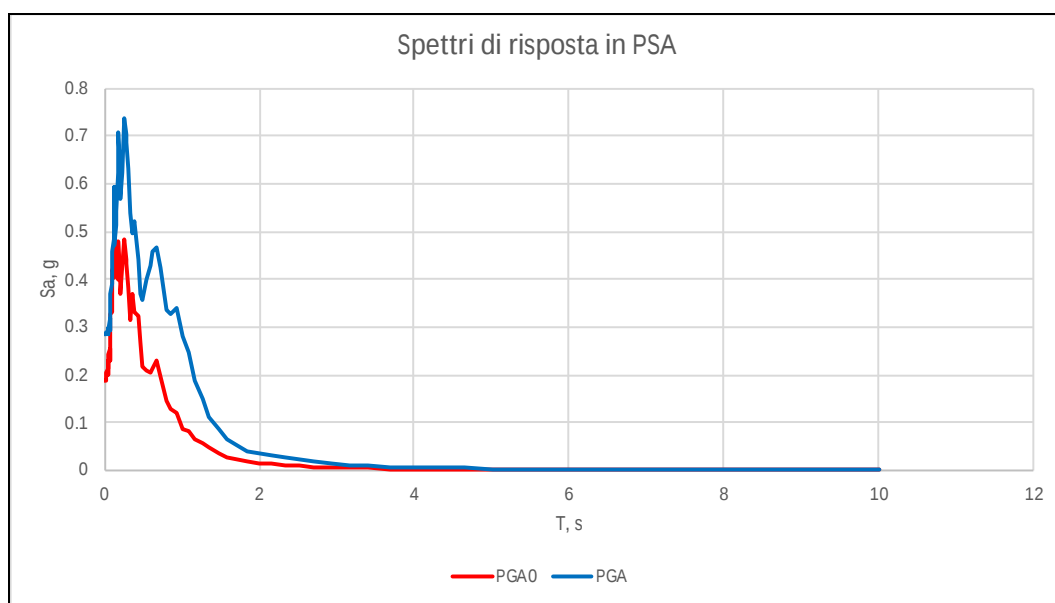


Fig. 48 Spettri in PSA

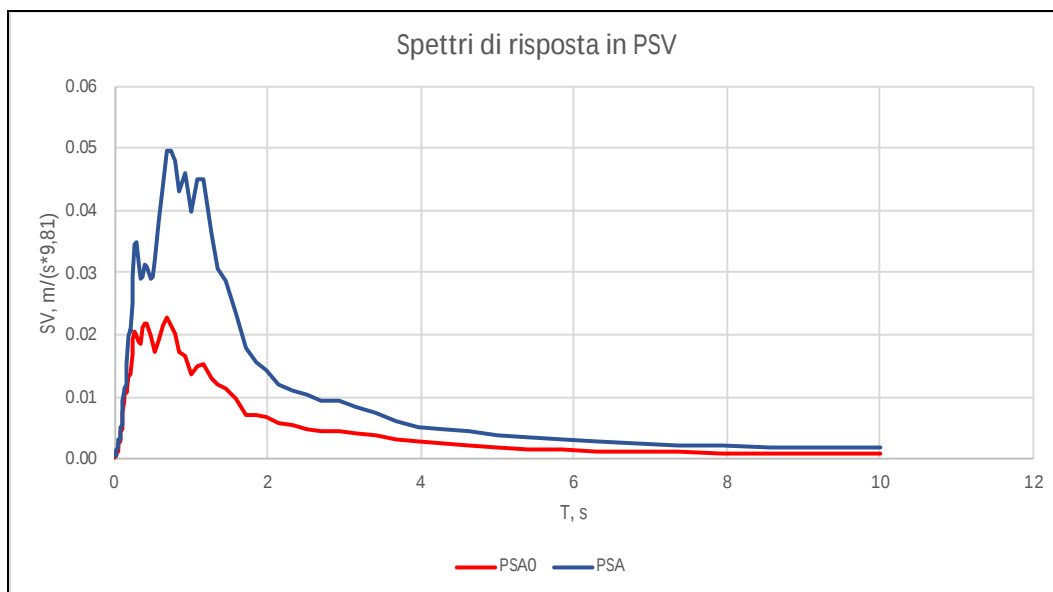


Fig. 49 Spettri in PSV

Il rapporto spettrale tra spettro di risposta in pseudoaccelerazione tra superficie e bedrock è illustrato nella figura seguente, dalla quale è evidente la elevata amplificazione spettrale alla frequenza di 1 Hz, mentre ai bassi periodi esiste un rapporto spettrale più contenuto.

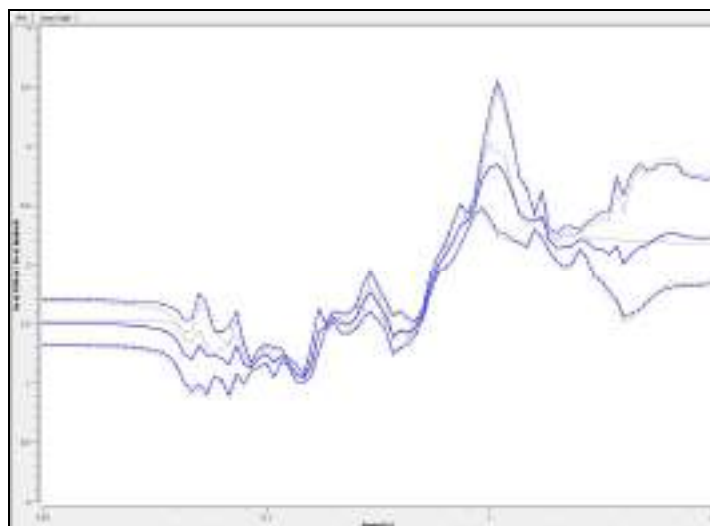


Fig. 49 Rapporto spettrale tra PSA in superficie e al bedrock

Sulla base dei risultati dell'analisi di risposta sismica effettuata, si riportano di seguito i valori di spectral ratio. Assimilabili al rapporto PGA/PGA0:

PGA/PGA0 medio =	1.505
PGA/PGA0 max =	1.506
PGA/PGA0 99° =	1.464
PGA/PGA0 95° =	1.395
PGA/PGA0 acc 354 =	1.354
PGA/PGA0 acc 126 =	1.519
PGA/PGA0 acc 046 =	1.607

Nell'analisi di II livello, il fattore di amplificazione FPGA nel sito varia da 1.5 a 1.6. Assumendo cautelativamente il valore massimo di 1.6 tale valore di PGA/PGA0 risulta essere circa pari al valore di PGA/PGA0 risultante dalla RSL per l'accelerogramma 046.

Pertanto, il valore di PGA da utilizzare nella analisi di liquefazione sarà pari a $PGA0 \cdot FPGA0 = 0.185 \cdot 1.607 = 0.297$.

LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si intende la perdita di resistenza al taglio di un mezzo granulare sotto falda determinata da un aumento della pressione dell'acqua nei pori. Tale incremento può essere dovuto da varie cause, il D.M. del 4/02/2008, contiene al punto 7011.3.4.2 le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni.

Una valutazione semplificata della suscettibilità alla liquefazione può essere ottenuta considerando le seguenti condizioni:

- Magnitudo del sisma
- Accelerazione massime attese al piano campagna
- Profondità media stagionale della falda
- Tipo di deposito

Con l'approccio semplificato la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) eventi sismici attesi di Magnitudo $M < 5$
- 2) accelerazioni massime attese al p.c. in assenza di manufatti $< 0.1 g$
- 3) profondità media stagionale della falda $> 15 m$ dal p.c.
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa
- 5) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle fasce granulometriche critiche in funzione dei coefficienti di uniformità U .

Nello studio in oggetto non può essere utilizzata la procedura semplificata poiché non sono presenti le caratteristiche che consentono l'esclusione della verifica a liquefazione.

Per valutare la resistenza di un terreno alla liquefazione, E' stato utilizzato il software Liquef.exe, che consente di effettuare il calcolo del potenziale di liquefazione e degli indici di severità di liquefazione a partire dai risultati di una prova CPTU o CPT utilizzando il metodo di Robertson 2009 (ROB09 - Robertson, P.K., 2009. Performance based earthquake design using the CPT. Proceedings, IS-Tokio 2009, June 2009, Tokio, Japan, pp. 3-20).

Nel grafico seguente sono riportati i risultati dell'analisi eseguita nel sito di studio, mediante le prove CPTE disponibili, considerando $a_g=0,297$, e la presenza della falda a partire da 1,0 m dal p.c.

Il pericolo di liquefazione dei terreni in caso di sisma è:

0 – 5,5 m	Alto
5,5 – 7,5 m	Moderato
7,5 – 8,5	Basso
> 8,5 m	Non liquefacibile

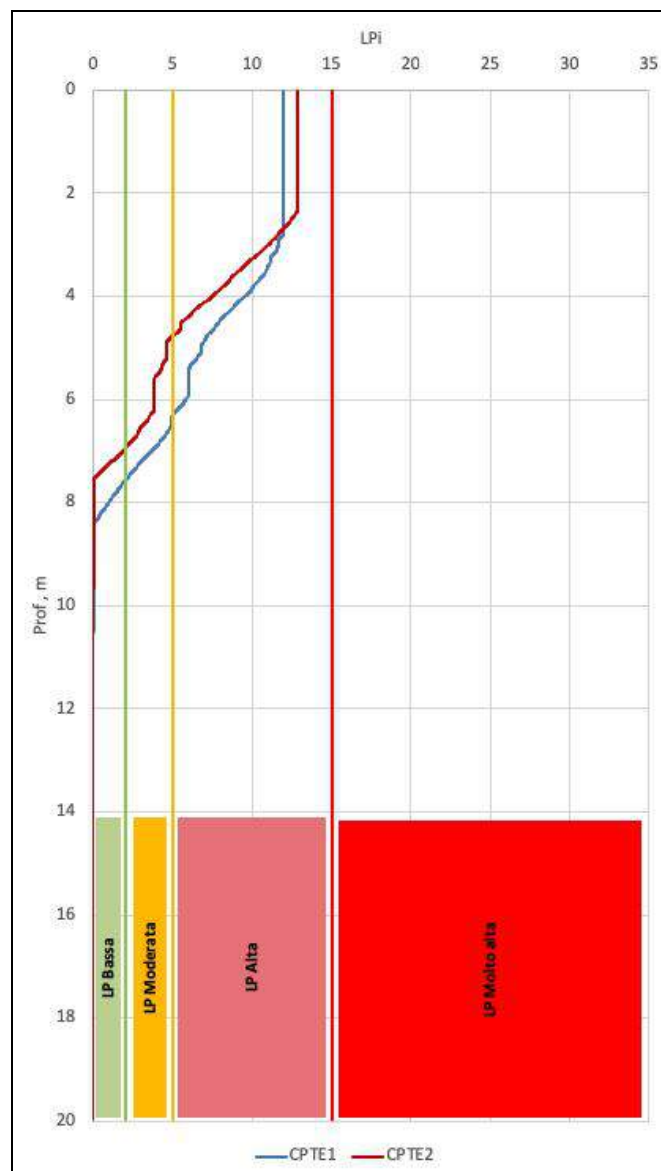


Fig. 50 – Grafico liquefazione con CPTE1 e CPTE2

CONCLUSIONI

Il presente studio ha analizzato nel dettaglio i caratteri geologici, idrogeologici e geofisici del territorio comunale compreso nell'ambito pianificatorio ad esso dedicato. I terreni sabbiosi e sabbioso limosi superficiali passanti in profondità a sedimenti marini fini argillosi, si presentano in condizioni statiche come idonei terreni di fondazione, tuttavia la saturazione di tali depositi, il grado di permeabilità ed il comportamento emerso in condizioni dinamiche determina la necessità di effettuare verifiche ai fini di stimare il potenziale fenomeno di liquefazione delle sabbie.

In relazione alle tipologie di opere previste nello studio sono stati verificati i fenomeni di liquefacibilità ai sensi della DGR 2193/2015 sulla base delle azioni sismiche definite mediante analisi di risposta sismica locale, ottenuta con un livello di approfondimento geognostico e geofisico confacente al dispositivo tecnico vigente; i risultati indicano come le spessore più superficiale sabbioso pari a circa 5.50 m, presenti un elevato potenziale di liquefacibilità.

Stante la possibilità dell'accadimento, in condizioni dinamiche, di collassi selettivi del terreno per liquefazione, si ritengono ipotizzabili due tipologie di intervento per le opere considerate nel presente piano.

Per manufatti semipermanenti, permanenti ma di esigue dimensioni di scarsa rilevanza strutturale, per attrezzature dedicate alle attività ludico ricreative per modesti rilevati o infrastrutture tecnologiche ordinarie non strategiche, per opere di rinaturalizzazione, percorsi ciclo pedonali e le strutture a servizio delle aree verdi, si ritiene ammissibile intervenire tramite strutture fondali dirette.

Per manufatti di rilevanza strutturale, edifici multipiano, opere di interesse strategico, infrastrutture tecnologiche, occorrerà, al fine di inibire o moderare fortemente i cedimenti sismici attesi, considerare l'utilizzo di interventi di miglioramento, drenaggio e consolidamento dei terreni sul sedime del volume di interesse.

Relativamente al fenomeno dell'erosione costiera e dai risultati derivanti dai monitoraggi ottenuti in ambito regionale, risulta che i fenomeni erosivi in atto sono da attribuire, sia alla mancanza di apporto solido di sabbia in circolazione ed alla subsidenza, sia alla profonda alterazione del profilo del fondale prodotto dalle opere di difesa meccanica del moto ondoso.

La situazione del litorale di San Mauro è quindi tale da rendere precaria non solo la gestione attuale, ma anche molto difficile una definizione di intervento strategico finalizzata ad una modifica dell'attuale assetto geomorfologico.

Trattandosi di un litorale ad elevata vocazione turistica il nuovo assetto dovrà comunque garantire le esigenze della difesa dal mare, il mantenimento di una idonea area ombreggio spiaggia ed il recupero dei caratteri paesaggistico-ambientali del paraggio per cui occorrerà presumibilmente in futuro apportare moltissima sabbia.

Analizzato ed evidenziato il rischio moderato di inondazione, accentuato dal fenomeno dell'erosione costiera e dal fenomeno della subsidenza, come contenuto nelle prescrizioni del Piano Gestione Rischio Alluvioni, si indica come appropriato l'allontanamento progressivo e di prospettiva dalla linea di costa, che si ricorda essere mantenuta tale da periodiche operazioni di ripascimento, dei manufatti privati, delle strutture ricettive e delle infrastrutture pubbliche, verso l'area P2, normata ed indicata nel presente piano all'articolo 6 e 7 rispettando le prescrizioni in esso contenute.

Idonee si ritengono le operazioni di accorpamento, unione e miglioramento delle strutture esistenti, con un innalzamento relativo del piano futuro di calpestio delle strutture ricettive pur nel rispetto dell'impatto ambientale e paesaggistico.

Si richiede l'utilizzo di materiali ecologicamente compatibili con l'ambiente, di favorire le aree verdi e tutte le opere di stabilizzazione volte a rafforzare e migliorare l'equilibrio del sistema.

ALLEGATI

1 – cartografia

2 – indagini geognostiche

3 – laboratorio

4 – documentazione fotografica indagini



241130

256010

256050

AES8

256020

AES8a

256060

256070

Legenda

Province



Comuni



Griglia 10.000



Tracciati geologici (50k)

 *traccia di sezione geologica*

Linee geomorf./antrop. (50K)

 *orlo di terrazzo marino incerto*

 *traccia di alveo fluviale abbandonato certa*

 *ventaglio di esondazione certo*

Isolinee di unità del sottosuolo (50k)

 *isobata della base del pliocene*

amenti strutturali (50K)

 *sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto*

Limiti di unità geologiche (50K)

 *contatto stratigrafico o litologico certo*

 *limite fra aree rilevate emerse/sommerse*

Ambienti deposiz. e litologie (50K)

 *argilla limosa di piana alluvionale*

 *argilla sabbiosa di prodelta e transizione alla piattaforma*

 *limo argilloso-sabbioso di piana alluvionale*

 *sabbia di piana costiera, fronte deltizia e piana di sabbia*

 *sabbia limosa di piana alluvionale*

 *sabbia limoso-argillosa di piana alluvionale*

Unità geologiche (50K)

 *AES8 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna*

 *AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena*



San Mauro a Mare

AES8a

AES8a

AES8a

Legenda

Province



Comuni



Griglia 10.000



Ambienti deposiz. e litologie (10K)



*Sabbia - Piana costiera, fronte deltizia
e piana di sabbia*

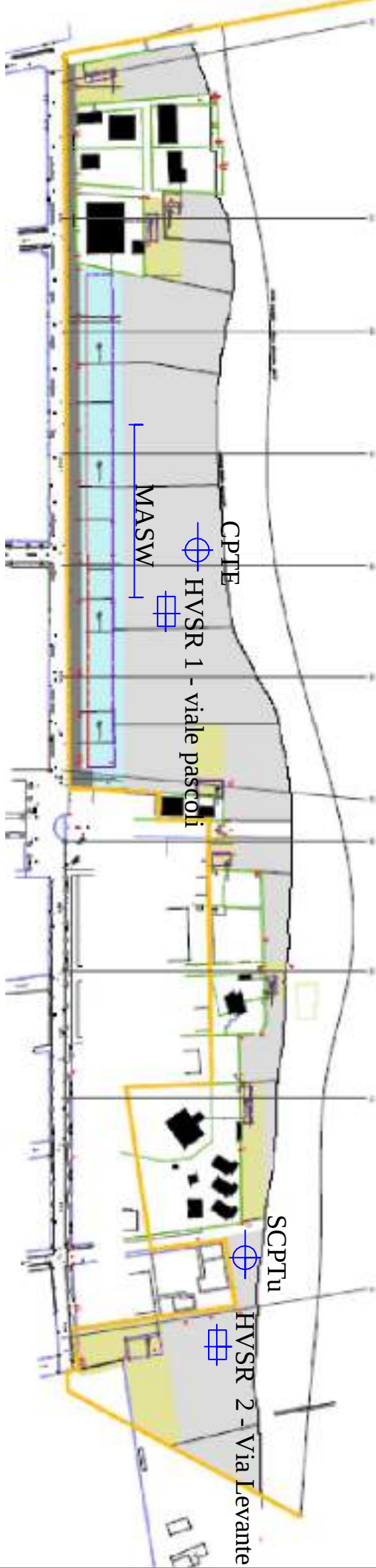
Coperture quaternarie (10K)



AES8a - Unità di Modena

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

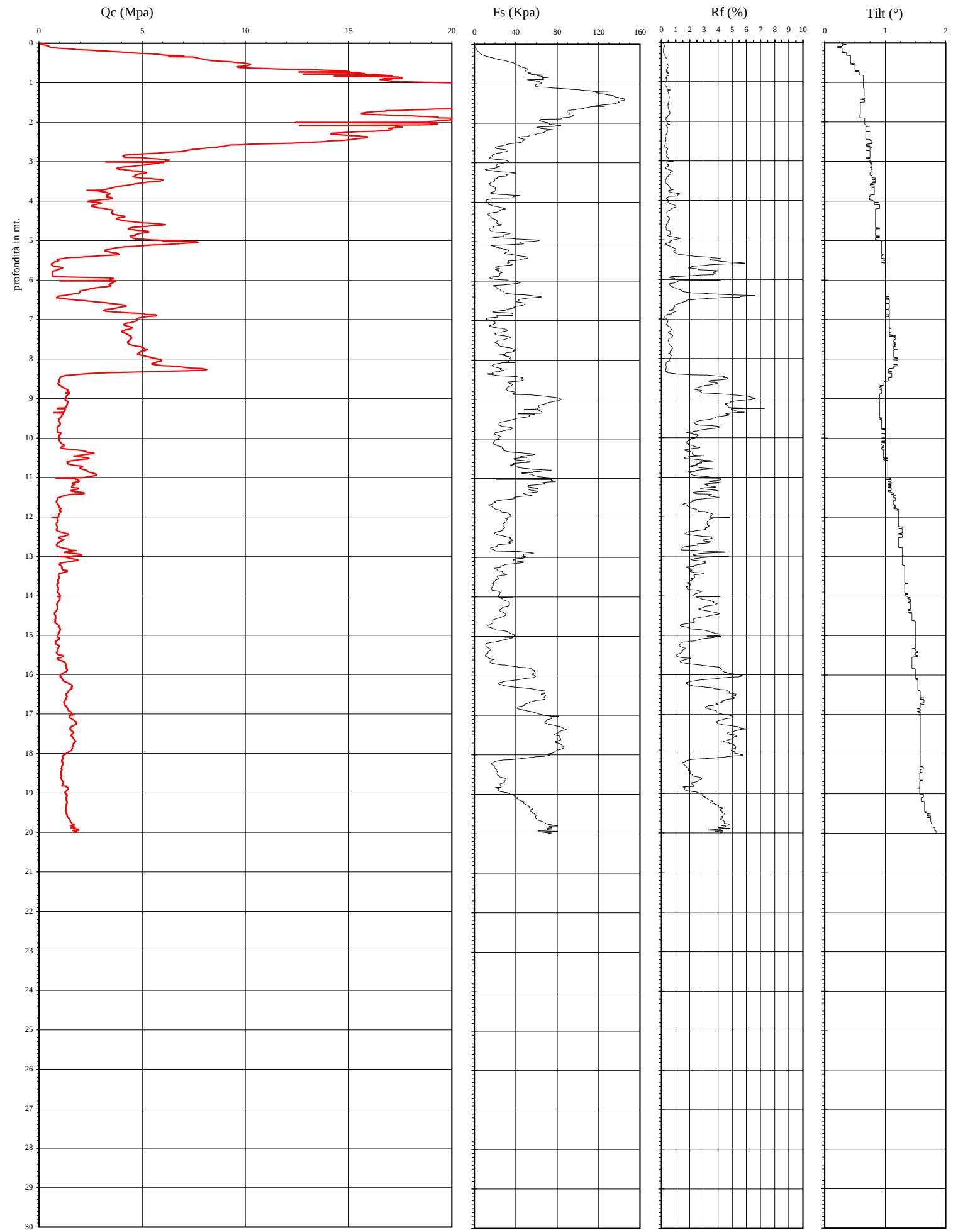
- SCPTU
- ⊕ CPTe
- ┃ MASW
- ⊞ HVSR



Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPTE 1
Cantiere: San Mauro Pascoli (FC) - San Mauro Mare, Litorale
Data: Dicembre 2018

Quota inizio: piano campagna
Liv.falda: -1,10 mt.



Prova Penetrometrica Statica

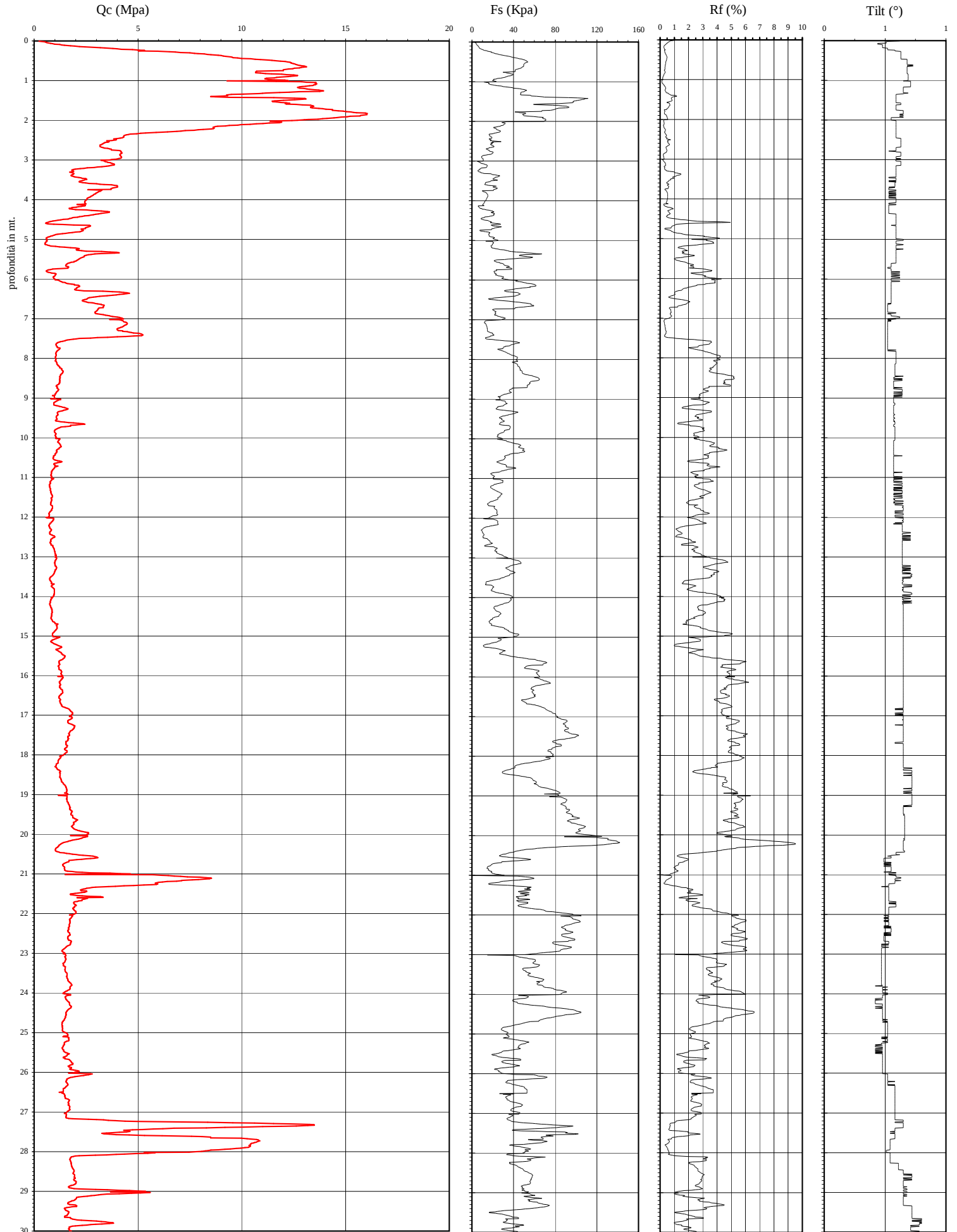
Prova n.: CPTE 2

Cantiere: San Mauro Pascoli (FC) - San Mauro Mare, Litorale

Data: Dicembre 2018

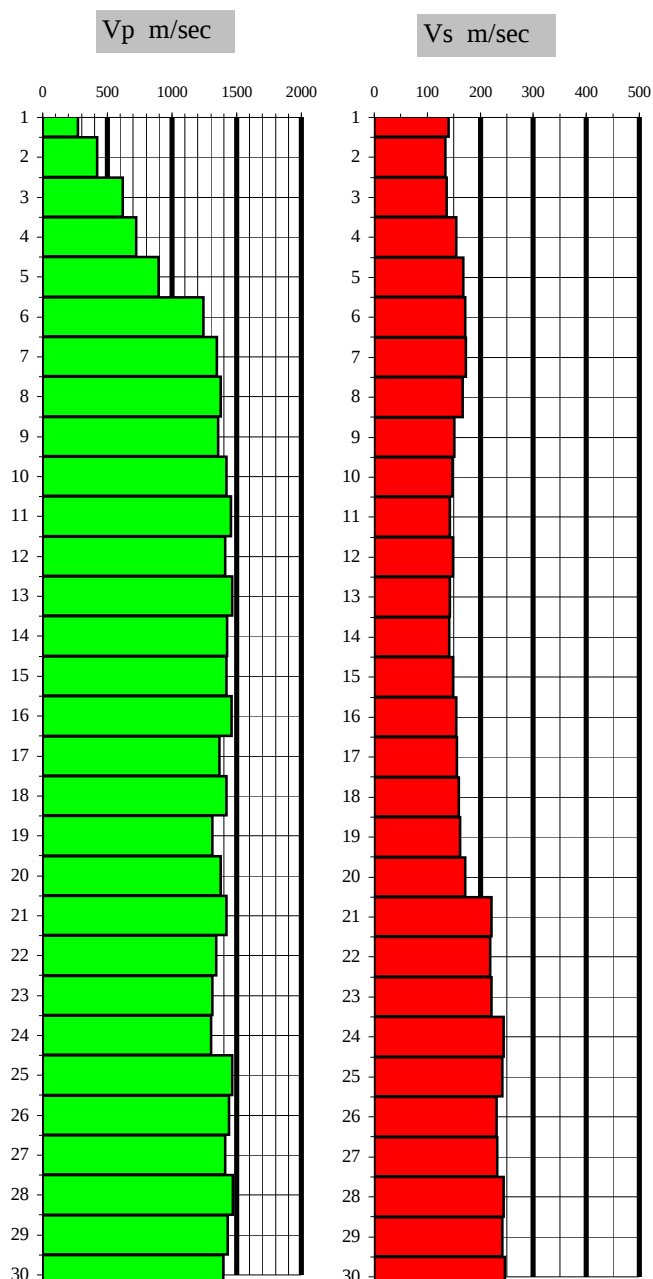
Quota inizio: piano campagna

Liv.falda: -1,20 mt.



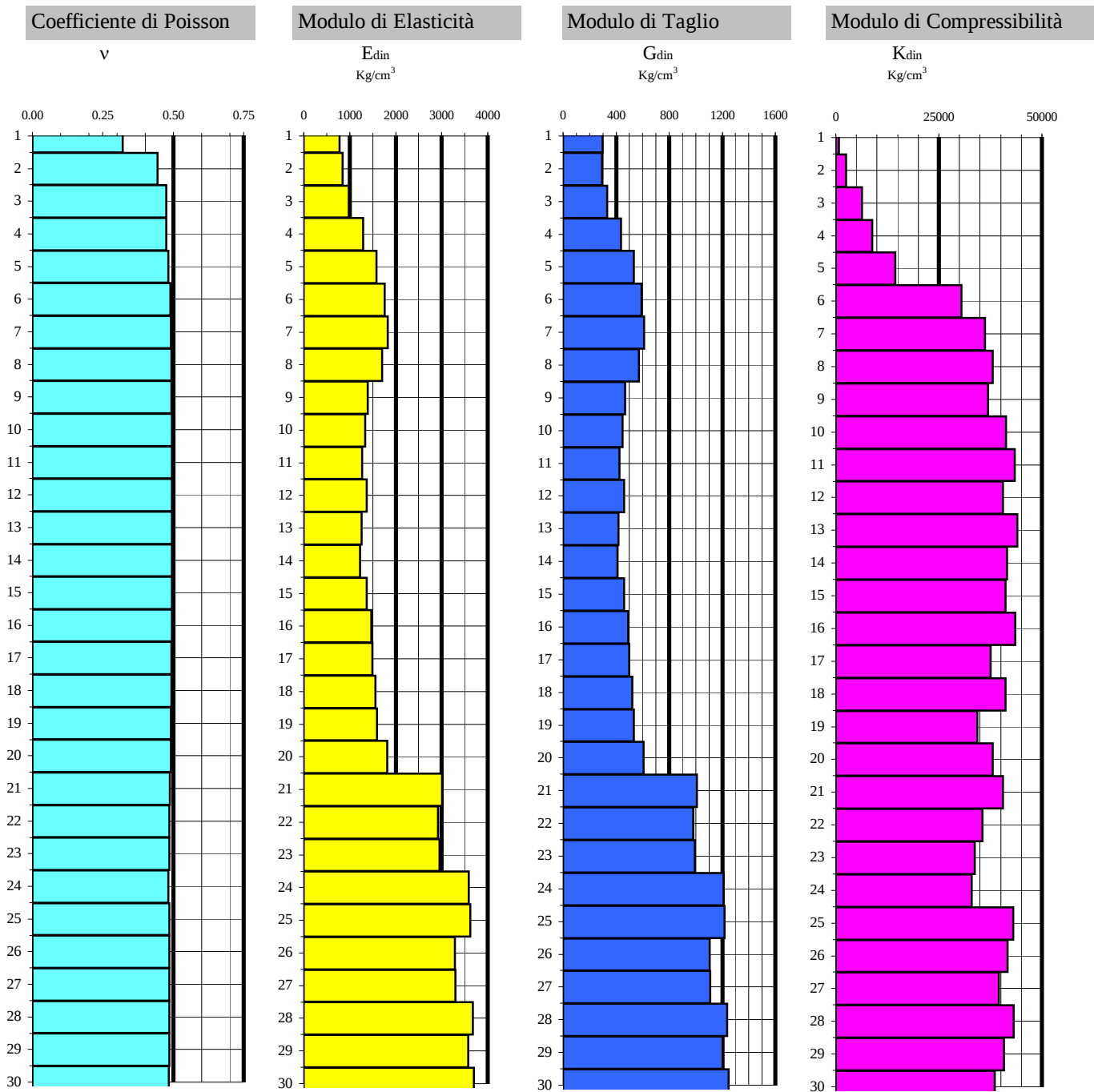
Cono Sismico**CPTES1****Località: San Mauro Pascoli (FC) - San Mauro Mare, Litorale****Data: 12 dicembre 2018**

prof.	V _p	V _s	v	γ	E _{din}	G _{din}	K _{din}
mt.	m/sec	m/sec		t/m ³	Kg/cm ³	Kg/cm ³	Kg/cm ³
1	272	140	0.32	1.48	781	296	722
2	421	134	0.44	1.61	850	295	2515
3	621	137	0.47	1.73	978	331	6369
4	721	155	0.48	1.78	1288	437	8863
5	895	168	0.48	1.86	1583	534	14452
6	1245	171	0.49	1.98	1757	589	30458
7	1345	173	0.49	2.00	1826	612	36187
8	1375	167	0.49	2.01	1710	573	38072
9	1354	151	0.49	2.01	1395	467	36926
10	1423	147	0.49	2.03	1336	447	41270
11	1456	143	0.50	2.04	1270	425	43456
12	1412	149	0.49	2.02	1370	458	40550
13	1465	142	0.50	2.04	1254	419	44061
14	1426	141	0.50	2.03	1230	411	41511
15	1421	149	0.49	2.03	1372	459	41126
16	1459	154	0.49	2.04	1472	493	43564
17	1365	156	0.49	2.01	1491	499	37554
18	1423	159	0.49	2.03	1561	523	41169
19	1312	162	0.49	2.00	1595	534	34332
20	1375	172	0.49	2.01	1813	608	38025
21	1423	221	0.49	2.03	3004	1010	40520
22	1342	219	0.49	2.00	2915	981	35516
23	1312	221	0.49	2.00	2954	994	33719
24	1304	244	0.48	1.99	3588	1211	32964
25	1465	242	0.49	2.04	3618	1218	42997
26	1442	231	0.49	2.03	3289	1106	41625
27	1410	232	0.49	2.02	3302	1111	39552
28	1468	244	0.49	2.04	3680	1238	43169
29	1432	241	0.49	2.03	3572	1202	40845
30	1398	246	0.48	2.02	3701	1247	38610



$$V_{\text{Seq}} = 173$$

Categoria Suolo = D





Lab.Geo

di Scaparrotti dott. Roberto

Via Coletti 82/b - 47921 Rimini

Cell. 320 0555670

mail: scaparrotti.roberto@libero.it

p.i.039 913 304 02 c.f.: SCP RRT 60A 08H 294W

Oggetto: Indagine Geofisica M.A.S.W. (Multichannel analysis of surface)

Località: San Mauro Pascoli (FC) – San Mauro Mare, Litorale

Data: Dicembre 2018

1 INDICAZIONI GENERALI

In data 12 dicembre 2018 è stata eseguita un'indagine geofisiche per la caratterizzazione dei terreni a San Mauro Pascoli (FC) – San Mauro Mare, Litorale.

Per lo studio del sito in esame con finalità di classificazione sismica si sono applicate le procedure di indagine più adeguate per la progettazione in oggetto.

Allo scopo di valutare gli elementi sopra indicati, si sono realizzati in questa fase geognostica n° 1 array sismico composto da 24 ricevitori da 4.5 Hz spazati 2.5 metri per un totale di 57.50 metri mediante il quale è stato effettuato una misura di sismica attiva (MASW).

AZIONE SISMICA

Categorie di suolo di fondazione

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

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,H} \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in mt.) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

2 MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (M.A.S.W.)

L'analisi della propagazione delle onde superficiali entro il sottosuolo con la metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) per la determinazione della velocità delle onde di taglio (V_s) è stata effettuata mediante l'utilizzo di uno stendimento sismico di superficie composti da 24 geofoni da 4.5 Hz interdistanti 2.5 m per una lunghezza complessiva di 57.50 m; l'elaborazione, mediante software d'inversione, della prova sismica ha fornito un log di V_s posizionato al centro della sezione il quale permette di individuare eventuali variazioni verticali dei valori cinematici corrispondenti a variazioni delle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

2.1 Metodologia di indagine per onde superficiali

2.1.1 Descrizione del metodo

Considerando un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, si dimostra che la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e che il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente con la profondità, sino ad estinguersi ad una profondità circa pari ad una lunghezza d'onda [RICHART *et al.*, 1970].

Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase (V_R).

In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche diverse, il comportamento delle onde superficiali è differente.

In particolare, la propagazione presenta un comportamento dispersivo (a frequenze diverse corrispondono diverse velocità di fase).

Ciò vuol dire che lunghezze d'onda diverse interessano strati diversi ai quali sono associati proprietà meccaniche differenziate: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione.

Quindi, nel caso di mezzo eterogeneo, le onde superficiali non hanno una singola velocità, ma una velocità di fase che è funzione della frequenza: tale fenomeno, dipendente dalla distribuzione spaziale delle proprietà sismiche del sottosuolo è noto come dispersione geometrica e la relazione che lega la frequenza alla velocità di fase prende il nome di curva di dispersione.

Alle alte frequenze, la velocità di fase coincide con la velocità delle onde di Rayleigh dello strato più superficiale, mentre, alle basse frequenze, l'effetto degli strati più profondi diventa importante, e la velocità di fase tende asintoticamente alla velocità dello strato più profondo come se questo fosse esteso infinitamente in profondità.

La curva di dispersione gioca un ruolo centrale nell'utilizzo delle onde di Rayleigh ai fini della caratterizzazione dei terreni; infatti, è funzione delle caratteristiche di rigidezza del mezzo e, posto di

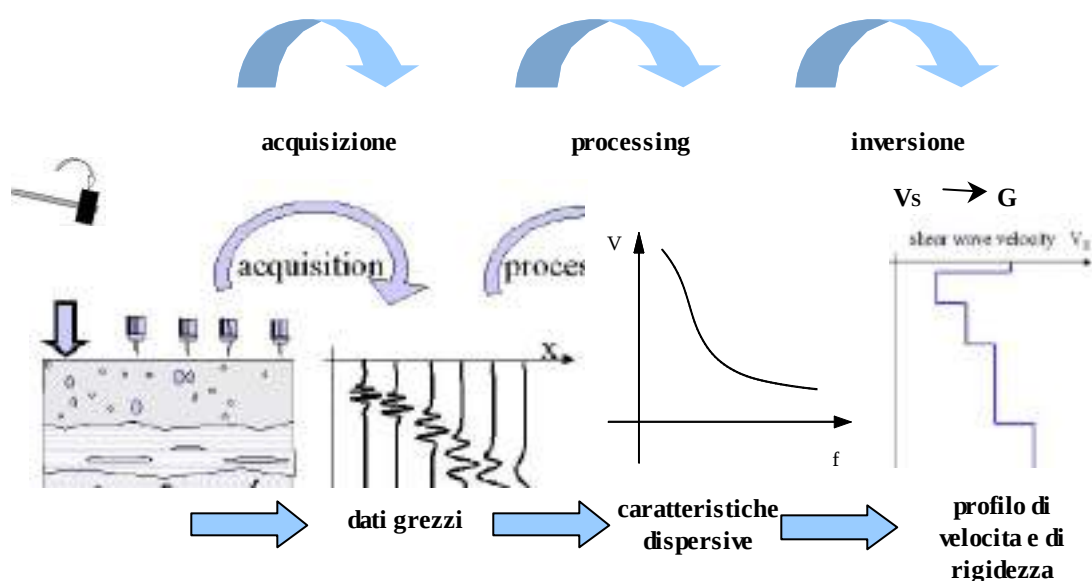
riuscire a misurarla sperimentalmente, può essere utilizzata (come si vedrà più avanti) per un processo inverso avente come obiettivo la stima delle caratteristiche di rigidità stesse.

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo, è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda.

Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione, e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, schematizzato nella figura qui di seguito presentata, può essere suddiviso in tre fasi:

- 1) Acquisizione;
- 2) Processing;
- 3) Inversione.



Fasi del metodo delle onde superficiali (SWM).

I dati acquisiti, vengono sottoposti ad una fase di *processing* che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza.

Esistono diverse tecniche di *processing* per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito.

La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio fk (frequenza-numero d'onda) [STROBBIA, 2003].

La curva di dispersione ottenuta, viene successivamente utilizzata per un processo di inversione che fornisce come risultato finale il profilo verticale della velocità delle onde di taglio nel terreno e quindi una stima della rigidità in funzione della profondità.

Quindi, le informazioni riguardanti la curva di dispersione sperimentale (associata a un mezzo le cui caratteristiche sono incognite) vengono sfruttate per affrontare il problema inverso della caratterizzazione: se le caratteristiche dispersive del sito possono essere valutate sperimentalmente, allora è possibile valutare le corrispondenti proprietà del terreno [STROBBIA, 2002].

La risoluzione del problema inverso, deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Come già sottolineato in precedenza, l'utilizzo di un modello monodimensionale è un'ipotesi che deve essere in linea di massima soddisfatta dal deposito di terreno per garantire la validità del risultato finale.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente dalle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello.

Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione simulata).

Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

2.1.2 Modalità di acquisizione

Le sezione realizzata è costituita da uno stendimento sismico di superficie composti da 18 geofoni da 4.5 Hz interdistanti 2.5 m per una lunghezza complessiva di 57.50 m.

Il sismografo utilizzato è un dispositivo modulare da 24 canali Pasi Gea24; l'intervallo di campionamento è stato selezionato a 0.5 millisec e il tempo di registrazione è stato fissato in 2 secondi.

Il sistema di energizzazione utilizzato è stato un grosso martello strumentato lasciato cadere con forza al suolo. Sono state effettuate due serie di energizzazioni esterne allo stendimento sia dal lato del ricevitore 1 sia dal lato del ricevitore 18.

L'esecuzione di più registrazioni separate invece della tradizionale procedura di *stacking* dei dati in acquisizione consente, senza un sensibile incremento dei tempi di acquisizione, di effettuare una serie di controlli statistici sulla qualità dei dati. In particolare è possibile stimare l'incertezza sui punti della curva di dispersione e verificare che l'ipotesi di monodimensionalità sia rispettata dal sito.

2.2 Elaborazione dati e stima della curva di dispersione

La fase di processing è quella che segue l'acquisizione dei dati grezzi e permette di stimare, a partire dai sismogrammi acquisiti, le caratteristiche dispersive del sito, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza del segnale sismico (curva di dispersione sperimentale).

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è stato Easy Masw

I dati vengono trasformati in dominio f_k (frequenza-numero d'onda) tramite una doppia trasformata di Fourier e la curva di dispersione è ricavata con un algoritmo di ricerca dei massimi spettrali (ai quali è associata per l'appunto la propagazione delle onde di Rayleigh).

Un confronto tra varie curve di dispersione può denotare differenze tra le stesse che possono essere imputate a varie cause quali eventuali variazioni di quota dei geofoni o, in secondo luogo, a variazioni laterali, lungo lo stendimento, delle caratteristiche meccaniche del sottosuolo.

Analizzando poi le curve di dispersione si possono altresì notare la presenza di diversi modi di vibrazione; l'energia cioè tende a propagarsi maggiormente sul modo fondamentale verso basse frequenze oppure secondo modi più elevati di vibrazione.

Lo spettro f_k può poi mettere in evidenza un intervallo di frequenze significativamente ampio; a seconda dei casi, è possibile una concentrazione di energia verso varie frequenze o, dall'altro lato, una propagazione di energia che presenta un livello simile.

Dall'analisi della curva di dispersione ottenuta, si può poi risalire alla determinazione delle caratteristiche dei terreni investigati. Mediante l'interpolazione di un certo numero di curve che si avvicinano sempre più a quella ottenuta.

Il software calcola poi il miglior modello di velocità delle onde di taglio nella zona indagata vincolando ogni singolo modello alle due curve descritte precedentemente.

Come accennato in precedenza, l'inversione è l'ultima delle tre fasi che caratterizzano il metodo delle onde superficiali e consente di ottenere, a partire da un profilo di primo tentativo e da una curva di dispersione sperimentale ricavata in sito, un modello stratigrafico finale.

3 CONCLUSIONI

Per la caratterizzazione sismica dei suoli in cui si dovranno realizzare le nuove infrastrutture si sono eseguite, in questa fase, indagini geofisiche per determinare il profilo di velocità delle onde di taglio.

Le indagini geofisiche hanno consentito di determinare le frequenze di sito e la velocità delle onde di taglio per circa 30 metri dal piano campagna.

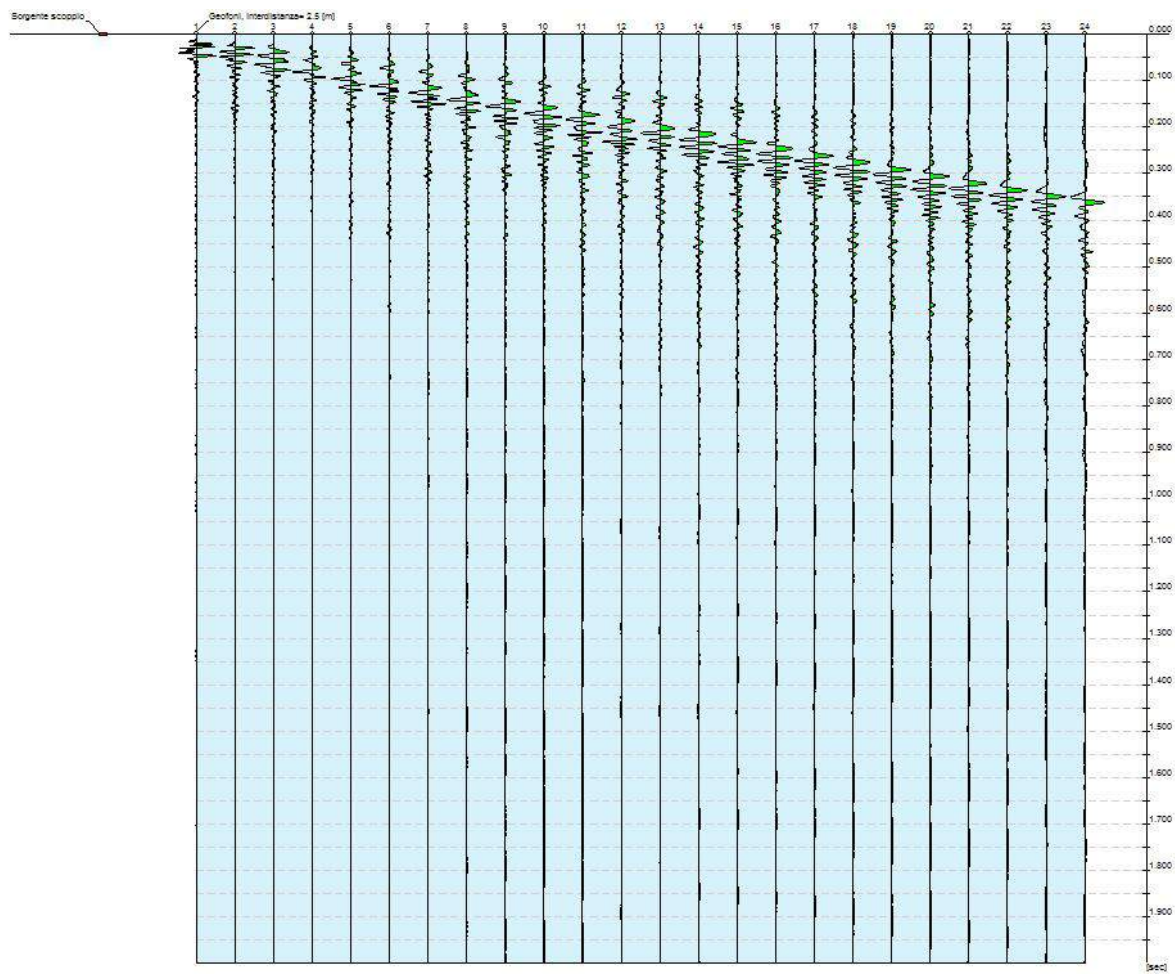
La caratterizzazione dei materiali in oggetto può quindi soddisfare i requisiti relativi alla entrata in vigore del nuovo decreto ministeriale.

Dall'analisi dell'indagine MASW si può affermare che per i terreni indagati il valore di $V_{s_{eq}}$ **è pari a 172 che corrisponde ad un terreno di tipo D** secondo la classificazione sismica dei suoli a seguito dell'entrata in vigore del DM del 17 gennaio 2018

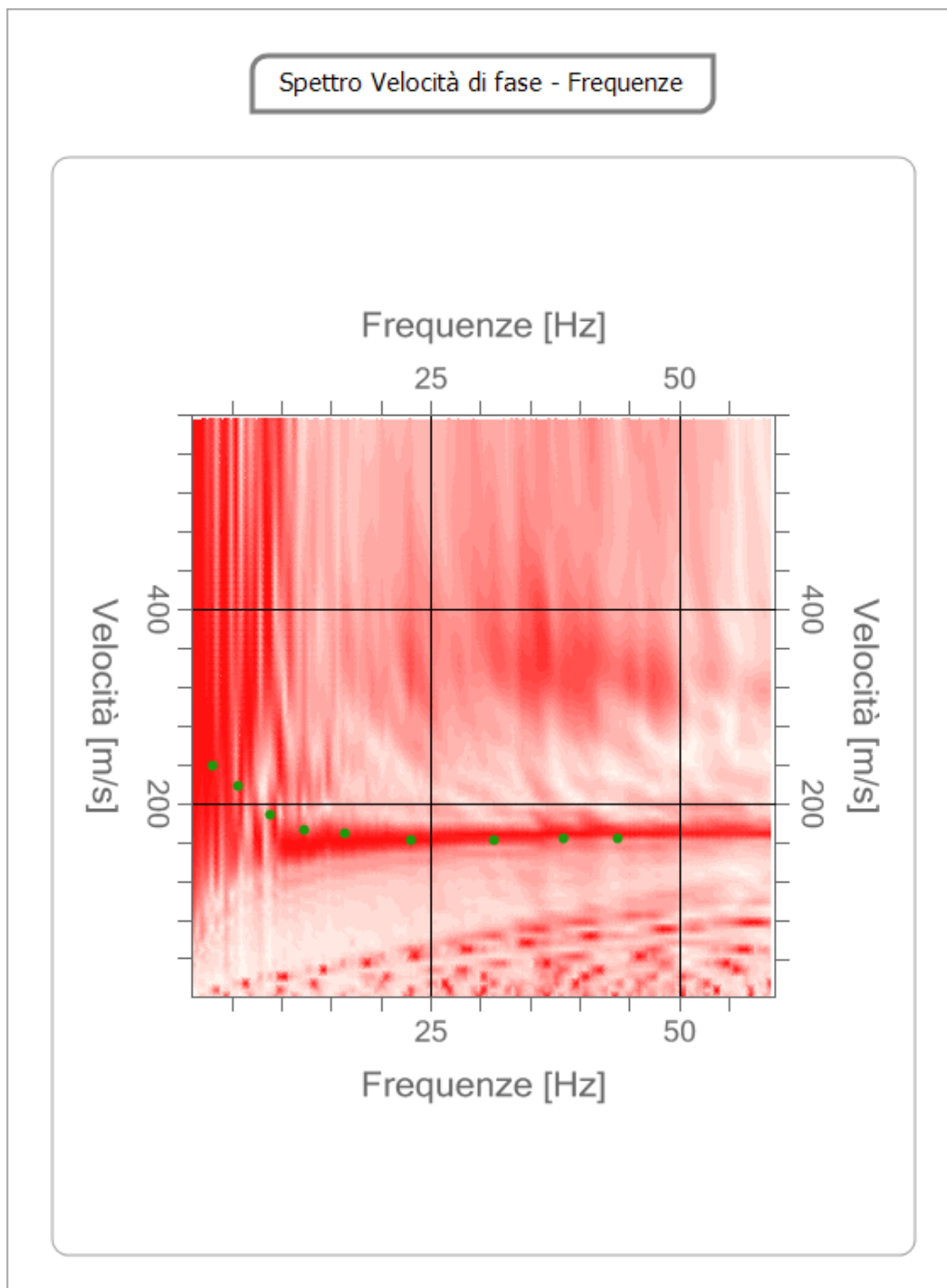
Area: San Mauro Pascoli (FC) – San Mauro Mare, Litorale

Tracce

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.5
Periodo di campionamento [msec]	0.50



Picking della curva di dispersione



Profondità		Vs
da mt.	a mt.	m/sec.
0,00	3.52	141
3.52	8.42	171
8.42	20.12	149
20.12	30.00	235

V_{seq} (m/sec.) **172**

Categoria del suolo **D**

Località:

San Mauro Mare – Viale Pascoli

Comune:

San Mauro Pascoli (FC)

RELAZIONE GEOFISICA

OGGETTO:

INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR

Data:

Dicembre 2018

Impresa esecutrice

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

Premessa

Il mese di Dicembre 2018 abbiamo ricevuto l'incarico di effettuare una indagine sismica passiva a stazione singola al fine di stimare i profili delle velocità delle onde di taglio (V_s) per fornire la categoria di suolo di fondazione, secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2018), ex DM 14/09/2005;

Strumentazione utilizzata e modalità esecutive

La misura di microtremore ambientale è stata effettuata per mezzo di un registratore sismico mostrato in figura.



Il registratore è composto da una terna di velocimetri, i quali trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore.

Lo strumento è stato posizionato correttamente (tramite bolla sferica e piedini regolabili) sul terreno; inizia l'acquisizione dei microtremori: i modi di vibrare del terreno vengono amplificati, convertiti in forma digitale, organizzati e salvati su una memoria digitale. Successivamente i dati vengono trasferiti nel PC dove, mediante il codice di calcolo Grilla appositamente sviluppato, vengono analizzati ed elaborati come mostrato in seguito.

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

Procedura di analisi dati per stazione singola H/V

Dall’elaborazione della registrazione del rumore sismico ambientale, è stata ricavata la curva H/V (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) (Pag. 4).

Il grafico H/V TIME HISTORY (Pag. 4) mostra le “finestre temporali” analizzate per l’elaborazione della curva H/V e permette di individuare eventuali finestre di disturbo all’interno di una registrazione.

Il grafico DIRECTIONAL H/V (Pag. 4) rappresenta la proiezione del HVSR lungo le diverse direzioni, da 0° a 180° in senso orario, dove 0° rappresenta la direzione del Nord segnato sullo strumento (da 180° a 360° i risultati sono simmetrici). Questo permette di vedere se una componente orizzontale prevale sull’altra: cioè se la media HVSR riceve più il contributo da parte di un componente orizzontale.

In seguito, il grafico SINGLE COMPONENT SPECTRA (Pag. 5), mostra l’andamento delle singole componenti nelle tre direzioni (N-S_E-O_Verticale).

In base alle conoscenze stratigrafiche, utilizzando la curva H/V, è stato possibile realizzare su di essa un modello sintetico di Vs (EXPERIMENTAL VS. SYNTHETIC H/V) (Pag. 5) seguendo inoltre le linee guida Sesame, 2005 (Pag. 6). Infine viene calcolata la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno ai sensi di legge (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, ex DM 14/09/2005) con la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_{s_i} sono spessori e velocità dei singoli strati.

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

PIANO DELL'ARENILE SAN MAURO, HVSR Viale Pascoli

Instrument: TRZ-0194/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 06/12/18 12:24:15 End recording: 06/12/18 12:36:15

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

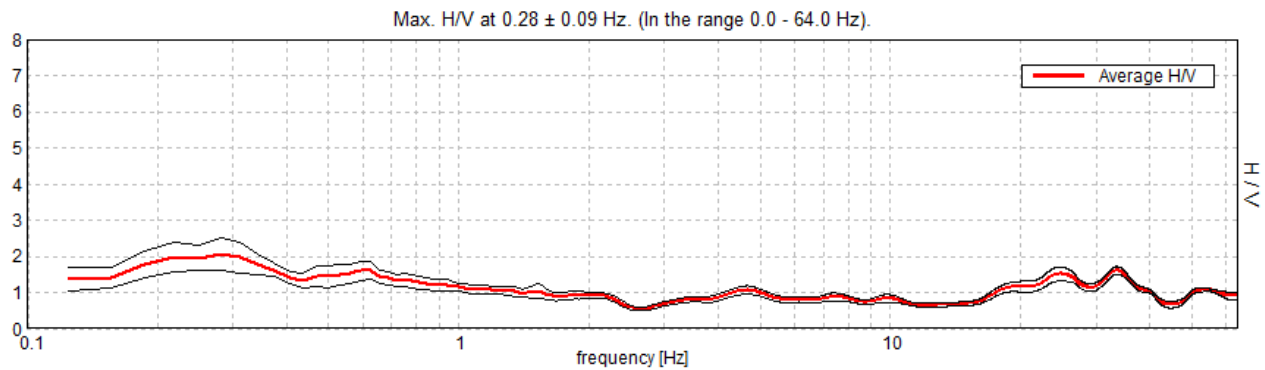
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

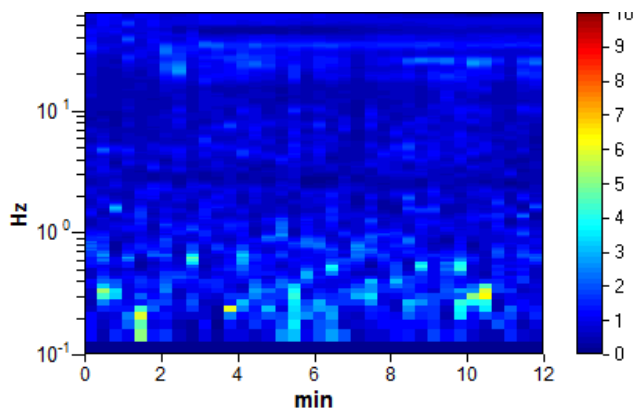
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

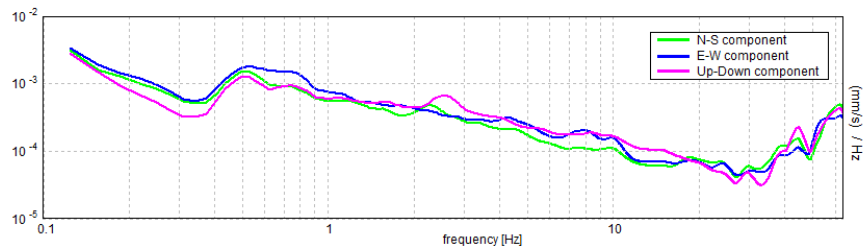
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



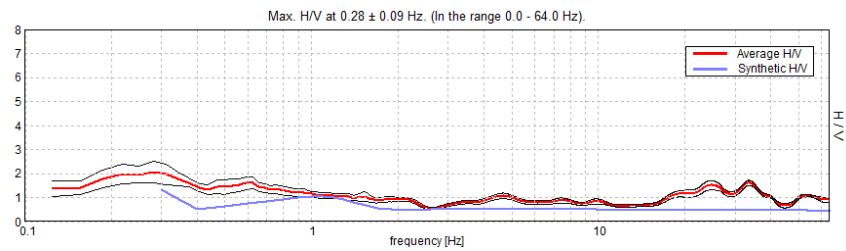
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

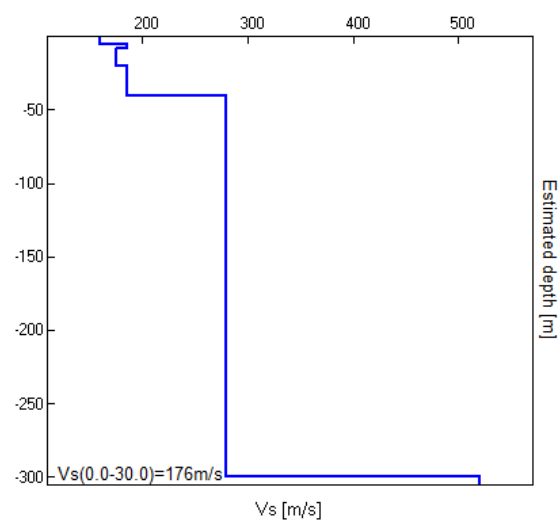


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
5.00	5.00	160	0.38
8.00	3.00	185	0.38
20.00	12.00	175	0.38
40.00	20.00	185	0.38
300.00	260.00	280	0.39
inf.	inf.	520	0.42

Vs(0.0-30.0)=176m/s



	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.28 ± 0.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteria for a reliable H/V curve					
[All 3 should be fulfilled]					
f ₀ > 10 / L _w		0.28 > 0.50		OK	
n _c (f ₀) > 200		202.5 > 200		OK	
σ _A (f) < 2 for 0.5f ₀ < f < 2f ₀ if f ₀ > 0.5Hz σ _A (f) < 3 for 0.5f ₀ < f < 2f ₀ if f ₀ < 0.5Hz		Exceeded 0 out of 14 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		0.094 Hz		OK	
Exists f ⁺ in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f ⁺) < A ₀ / 2					NO
A ₀ > 2		2.05 > 2		OK	
f _{peak} [A _{H/V} (f) ± σ _A (f)] = f ₀ ± 5%		0.33075 < 0.05			NO
σ _f < ε(f ₀)		0.09302 < 0.05625			NO
σ _A (f ₀) < θ(f ₀)		0.4485 < 2.5		OK	
L _w n _w n _c = L _w n _w f ₀ f f ₀ σ _f ε(f ₀) A ₀ A _{H/V} (f) f ⁻ f ⁺ σ _A (f) σ _{logH/V} (f) θ(f ₀)	window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold value for the stability condition σ _f < ε(f ₀) H/V peak amplitude at frequency f ₀ H/V curve amplitude at frequency f frequency between f ₀ /4 and f ₀ for which A _{H/V} (f ⁻) < A ₀ /2 frequency between f ₀ and 4f ₀ for which A _{H/V} (f ⁺) < A ₀ /2 standard deviation of A _{H/V} (f), σ _A (f) is the factor by which the mean A _{H/V} (f) curve should be multiplied or divided standard deviation of log A _{H/V} (f) curve threshold value for the stability condition σ _A (f) < θ(f ₀)				
Threshold values for σ _f and σ _A (f ₀)					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
ε(f ₀) [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
θ(f ₀) for σ _A (f ₀)	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log θ(f ₀) for σ _{logH/V} (f ₀)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

PIANO DELL'ARENILE SAN MAURO, HVSR Via Levante

Instrument: TRZ-0194/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 06/12/18 12:45:06 End recording: 06/12/18 12:57:06

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

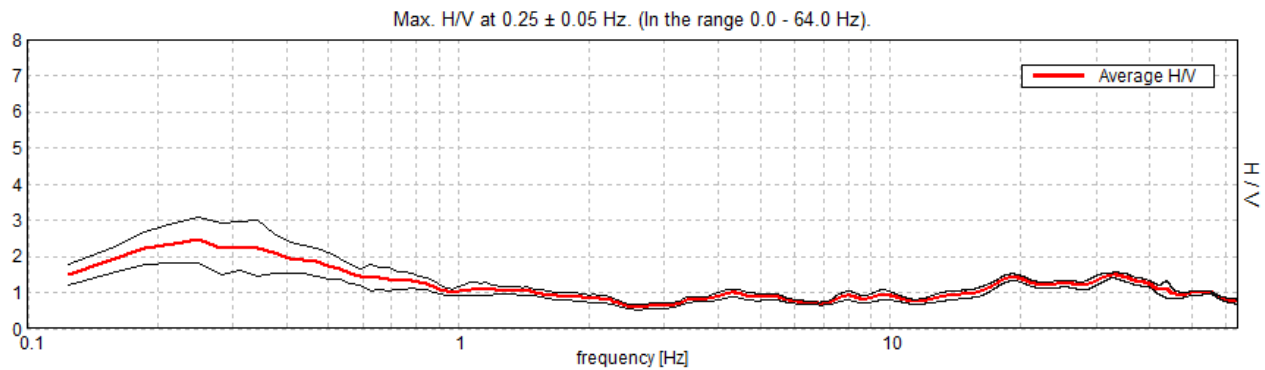
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

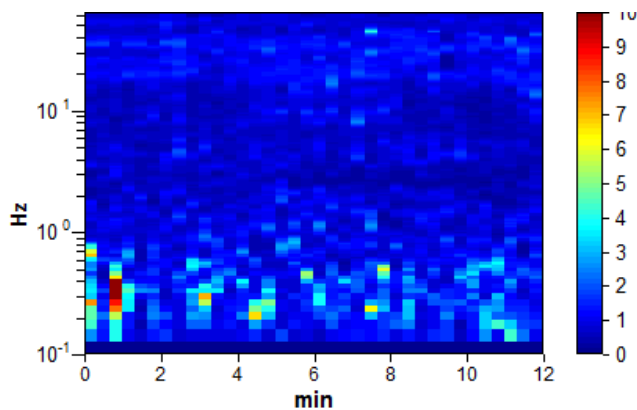
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

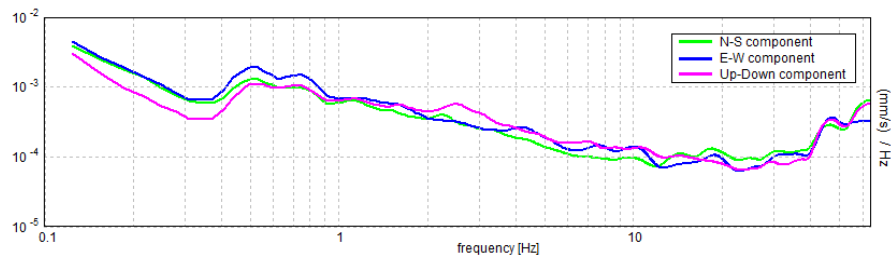
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



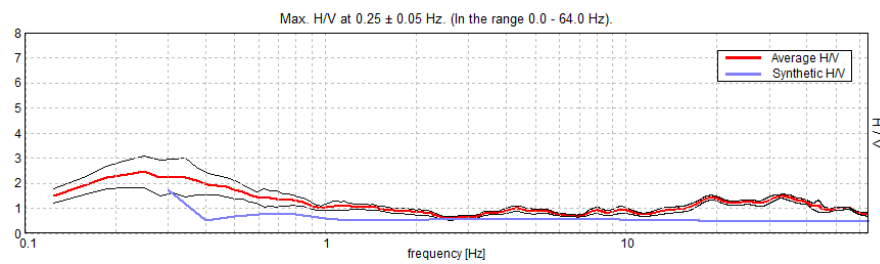
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

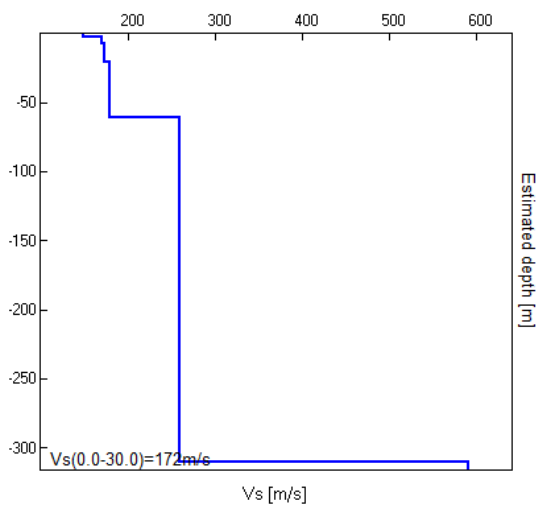


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.70	2.70	150	0.37
7.70	5.00	170	0.38
20.70	13.00	173	0.38
60.70	40.00	180	0.38
310.70	250.00	260	0.39
inf.	inf.	590	0.42

$V_s(0.0-30.0)=172\text{m/s}$



 www.geocoter.com	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 0.25 ± 0.05 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).					
Criteria for a reliable H/V curve					
[All 3 should be fulfilled]					
f ₀ > 10 / L _w		0.25 > 0.50		OK	
n _c (f ₀) > 200		180.0 > 200		OK	
σ _A (f) < 2 for 0.5f ₀ < f < 2f ₀ if f ₀ > 0.5Hz σ _A (f) < 3 for 0.5f ₀ < f < 2f ₀ if f ₀ < 0.5Hz		Exceeded 0 out of 13 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		0.094 Hz		OK	
Exists f ⁺ in [f ₀ , 4f ₀] A _{H/V} (f ⁺) < A ₀ / 2		0.875 Hz		OK	
A ₀ > 2		2.46 > 2		OK	
f _{peak} [A _{H/V} (f) ± σ _A (f)] = f ₀ ± 5%		0.18634 < 0.05			NO
σ _f < ε(f ₀)		0.04658 < 0.05		OK	
σ _A (f ₀) < θ(f ₀)		0.6275 < 2.5		OK	
L _w n _w n _c = L _w n _w f ₀ f f ₀ σ _f ε(f ₀) A ₀ A _{H/V} (f) f ⁻ f ⁺ σ _A (f) σ _{logH/V} (f) θ(f ₀)	window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold value for the stability condition σ _f < ε(f ₀) H/V peak amplitude at frequency f ₀ H/V curve amplitude at frequency f frequency between f ₀ /4 and f ₀ for which A _{H/V} (f ⁻) < A ₀ /2 frequency between f ₀ and 4f ₀ for which A _{H/V} (f ⁺) < A ₀ /2 standard deviation of A _{H/V} (f), σ _A (f) is the factor by which the mean A _{H/V} (f) curve should be multiplied or divided standard deviation of log A _{H/V} (f) curve threshold value for the stability condition σ _A (f) < θ(f ₀)				
Threshold values for σ _f and σ _A (f ₀)					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
ε(f ₀) [Hz]	0.25 f ₀	0.2 f ₀	0.15 f ₀	0.10 f ₀	0.05 f ₀
θ(f ₀) for σ _A (f ₀)	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log θ(f ₀) for σ _{logH/V} (f ₀)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

Con la determinazione delle onde di taglio vs i terreni indagati vengono inseriti in una delle seguenti categorie di sottosuolo (N.T.C. 2018 _ Tabella 3.2.II e Tabella 3.2.III):

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ tra 100 e 180 m/s
E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m.

CONFIZIONI TOPOGRAFICHE

T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.
T2 - Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.
T3 - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.
T4 - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

Dall'analisi dell'indagine si può affermare che il sito è caratterizzato da una velocità delle onde di

HVSR1 $V_s = 176$ m/sec

HVSR 2 $V_s = 172$ m/sec

calcolata dalla profondità di 0,00mt. ÷ 30,00 mt., corrispondente ad un terreno di tipo D.

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle indagini

scala 1 : 10.000

Regione Emilia-Romagna

Unione Rubicone e Mare
(Gatteo, San Mauro Pascoli e Savignano sul Rubicone)

Comune di San Mauro Pascoli



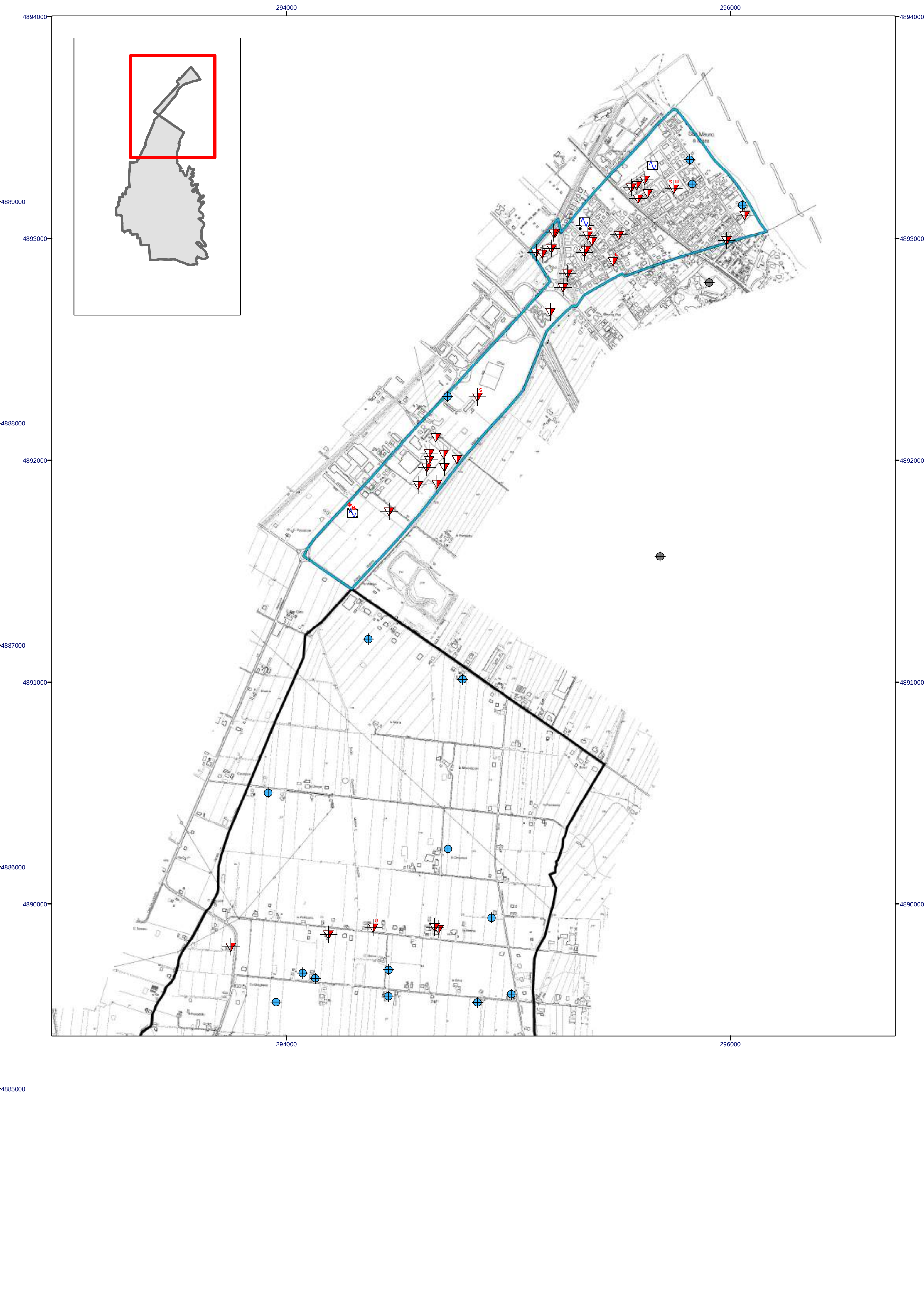
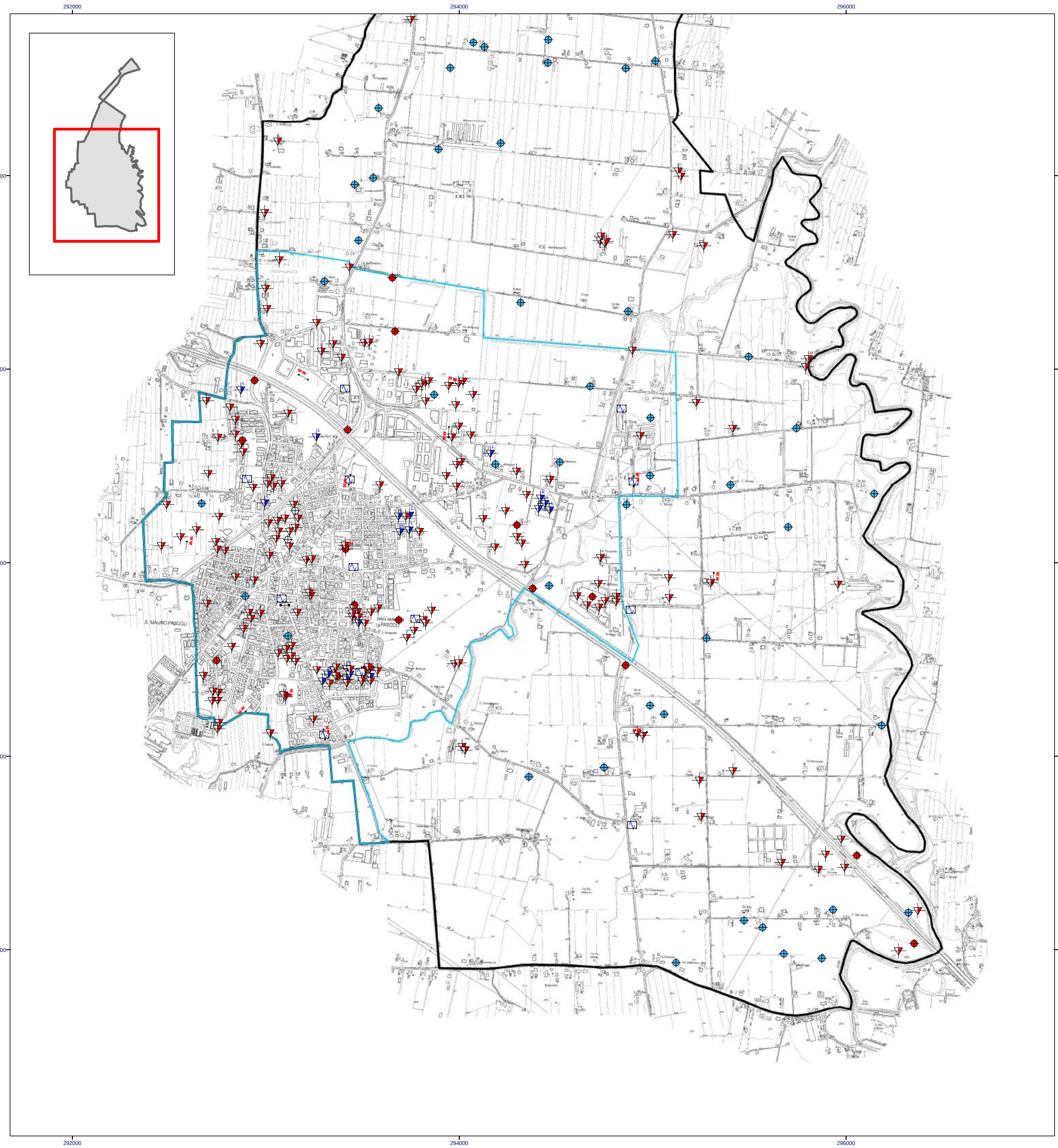
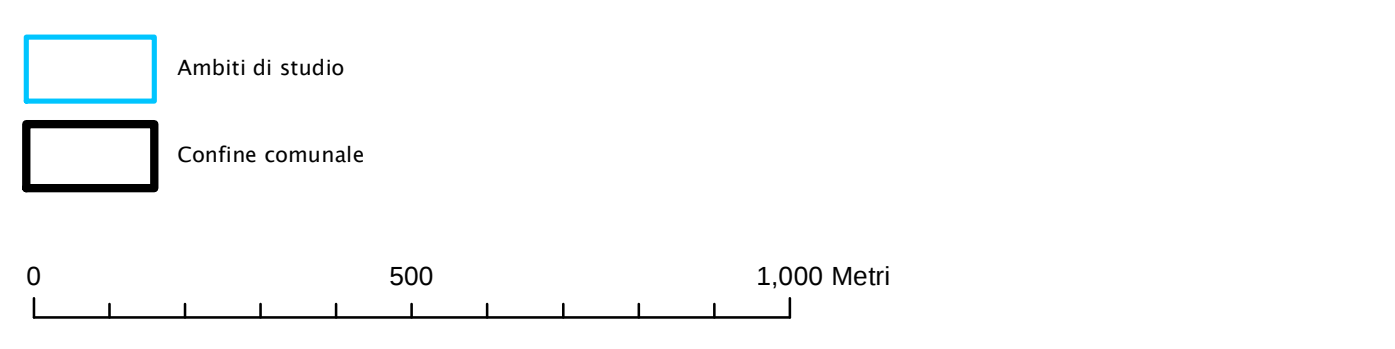
Tavola 1c

Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia-Romagna	Studio di Geologia Gabriele Tarabusi	27/10/2014
	Elaborazione cartografica Sofia Gamberi	

Legenda

- MW - MASW
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- Prova penetrometrica statica con punta elettrica (CPTe)
- Prova penetrometrica statica con piezometro (CPTU)
- Prova penetrometrica con cono sismico (SCPT)
- Prova penetrometrica con cono sismico e piezometro (SCPTU)
- Prova penetrometrica dinamica leggera
- Pozzo per idrocarburi
- Pozzo per acqua
- Sondaggio a carotaggio continuo
- Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
- Prova sismica in foro tipo Downhole
- Sondaggio a distruzione di nucleo
- Array sismico: ESAC/SPAC
- Stazione microtremore a stazione singola

Per le indagini di nuova realizzazione è riportato il codice del rapporto di prova allegato alla relazione illustrativa.



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI

RIF. PROVA:

CPTU n°:

U07-15

RER10

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna

CANTIERE: San Mauro A Mare (Fc)

DATA: 06/03/2015



CPTU



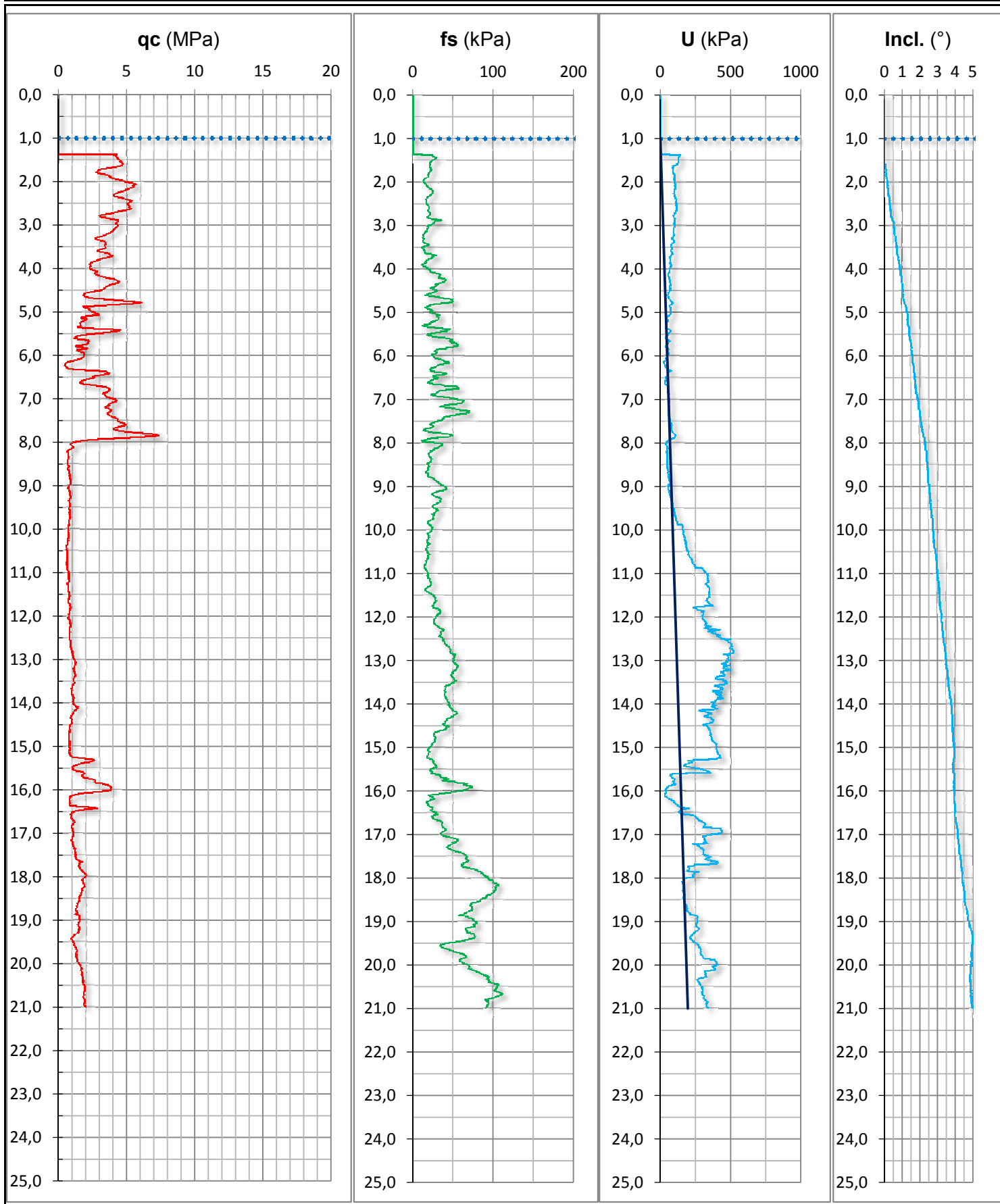
CPT

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA **DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U07-15	RER10

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna
 CANTIERE: San Mauro A Mare (Fc)
 DATA: 06/03/2015

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 21,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,00
 PREFORO (m da p.c.): 1,36



PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**CPT 1**

2.010496-028

- committente : Regione Emilia Romagna
 - lavoro : Correlazione CPT e CPTU
 - località : San Mauro a Mare (Fc)
 - note :

- data : 06/03/2015
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,00 m da quota inizio
 - pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	10,20	2,5	4,0	5,0	0,33	15,0
0,40	----	----	--	-----	----	10,40	2,5	5,0	5,0	0,27	19,0
0,60	----	----	--	-----	----	10,60	2,0	4,0	4,0	0,27	15,0
0,80	----	----	--	-----	----	10,80	2,0	4,0	4,0	0,20	20,0
1,00	----	----	--	-----	----	11,00	1,0	2,5	2,0	0,13	15,0
1,20	----	----	--	0,40	----	11,20	1,0	2,0	2,0	0,20	10,0
1,40	16,0	19,0	32,0	0,27	120,0	11,40	1,0	2,5	2,0	0,20	10,0
1,60	20,0	22,0	40,0	0,20	200,0	11,60	1,0	2,5	2,0	0,20	10,0
1,80	16,5	18,0	33,0	0,27	124,0	11,80	1,5	3,0	3,0	0,20	15,0
2,00	23,0	25,0	46,0	0,07	690,0	12,00	1,5	3,0	3,0	0,33	9,0
2,20	20,0	20,5	40,0	0,67	60,0	12,20	2,0	4,5	4,0	0,33	12,0
2,40	20,0	25,0	40,0	0,13	300,0	12,40	2,5	5,0	5,0	0,40	12,0
2,60	32,0	33,0	64,0	0,20	320,0	12,60	4,0	7,0	8,0	0,53	15,0
2,80	19,0	20,5	38,0	0,40	95,0	12,80	4,5	8,5	9,0	0,33	27,0
3,00	23,0	26,0	46,0	0,13	345,0	13,00	5,5	8,0	11,0	0,53	21,0
3,20	19,0	20,0	38,0	0,27	142,0	13,20	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0
3,40	12,0	14,0	24,0	0,40	60,0	13,40	7,0	12,0	14,0	0,80	17,0
3,60	9,0	12,0	18,0	0,07	270,0	13,60	6,0	12,0	12,0	0,93	13,0
3,80	17,5	18,0	35,0	0,07	525,0	13,80	5,0	12,0	10,0	1,07	9,0
4,00	11,0	11,5	22,0	0,13	165,0	14,00	5,0	13,0	10,0	1,07	9,0
4,20	18,0	19,0	36,0	0,27	135,0	14,20	6,0	14,0	12,0	1,07	11,0
4,40	14,0	16,0	28,0	0,13	210,0	14,40	6,0	14,0	12,0	1,33	9,0
4,60	9,0	10,0	18,0	0,80	22,0	14,60	6,0	16,0	12,0	1,20	10,0
4,80	21,0	27,0	42,0	0,07	630,0	14,80	5,0	14,0	10,0	0,93	11,0
5,00	11,5	12,0	23,0	0,13	172,0	15,00	4,0	11,0	8,0	0,73	11,0
5,20	9,0	10,0	18,0	0,67	27,0	15,20	5,5	11,0	11,0	0,60	18,0
5,40	16,0	21,0	32,0	0,13	240,0	15,40	7,5	12,0	15,0	1,07	14,0
5,60	10,0	11,0	20,0	0,40	50,0	15,60	6,0	14,0	12,0	0,53	22,0
5,80	6,0	9,0	12,0	0,13	90,0	15,80	6,0	10,0	12,0	0,53	22,0
6,00	13,0	14,0	26,0	0,40	65,0	16,00	5,0	9,0	10,0	0,47	21,0
6,20	3,0	6,0	6,0	0,40	15,0	16,20	4,5	8,0	9,0	0,47	19,0
6,40	16,0	19,0	32,0	0,40	80,0	16,40	4,5	8,0	9,0	0,67	13,0
6,60	10,0	13,0	20,0	0,27	75,0	16,60	5,0	10,0	10,0	0,80	12,0
6,80	15,0	17,0	30,0	0,27	112,0	16,80	8,0	14,0	16,0	0,80	20,0
7,00	9,0	11,0	18,0	0,53	34,0	17,00	6,0	12,0	12,0	0,67	18,0
7,20	18,0	22,0	36,0	0,60	60,0	17,20	6,0	11,0	12,0	0,87	14,0
7,40	16,5	21,0	33,0	0,40	82,0	17,40	6,5	13,0	13,0	1,20	11,0
7,60	23,0	26,0	46,0	0,27	172,0	17,60	8,0	17,0	16,0	1,40	11,0
7,80	28,0	30,0	56,0	0,33	168,0	17,80	8,5	19,0	17,0	1,47	12,0
8,00	5,0	7,5	10,0	0,53	19,0	18,00	10,0	21,0	20,0	1,67	12,0
8,20	4,0	8,0	8,0	0,60	13,0	18,20	9,5	22,0	19,0	1,53	12,0
8,40	4,5	9,0	9,0	0,73	12,0	18,40	10,5	22,0	21,0	1,60	13,0
8,60	4,5	10,0	9,0	0,80	11,0	18,60	11,0	23,0	22,0	1,47	15,0
8,80	4,0	10,0	8,0	0,73	11,0	18,80	11,0	22,0	22,0	1,60	14,0
9,00	4,5	10,0	9,0	0,80	11,0	19,00	12,0	24,0	24,0	1,67	14,0
9,20	4,0	10,0	8,0	0,60	13,0	19,20	10,5	23,0	21,0	1,40	15,0
9,40	3,5	8,0	7,0	0,53	13,0	19,40	7,5	18,0	15,0	1,40	11,0
9,60	3,0	7,0	6,0	0,53	11,0	19,60	8,5	19,0	17,0	1,00	17,0
9,80	4,0	8,0	8,0	0,87	9,0	19,80	10,5	18,0	21,0	1,60	13,0
10,00	3,5	10,0	7,0	0,20	35,0	20,00	9,0	21,0	18,0	-----	----

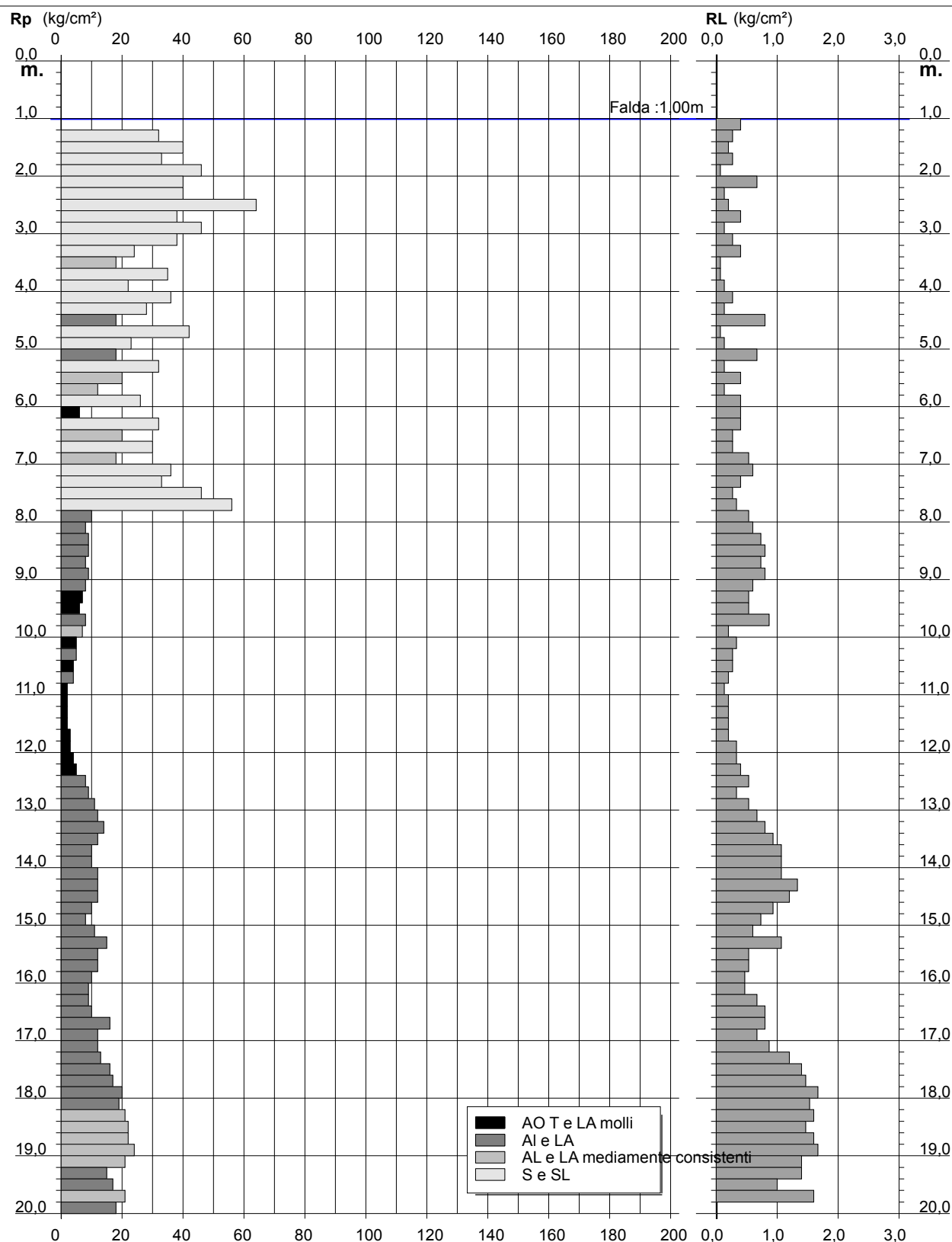
- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 12 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA****CPT 1**

2.010496-028

- committente : Regione Emilia Romagna
- lavoro : Correlazione CPT e CPTU
- località : San Mauro a Mare (Fc)

- data : 06/03/2015
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA

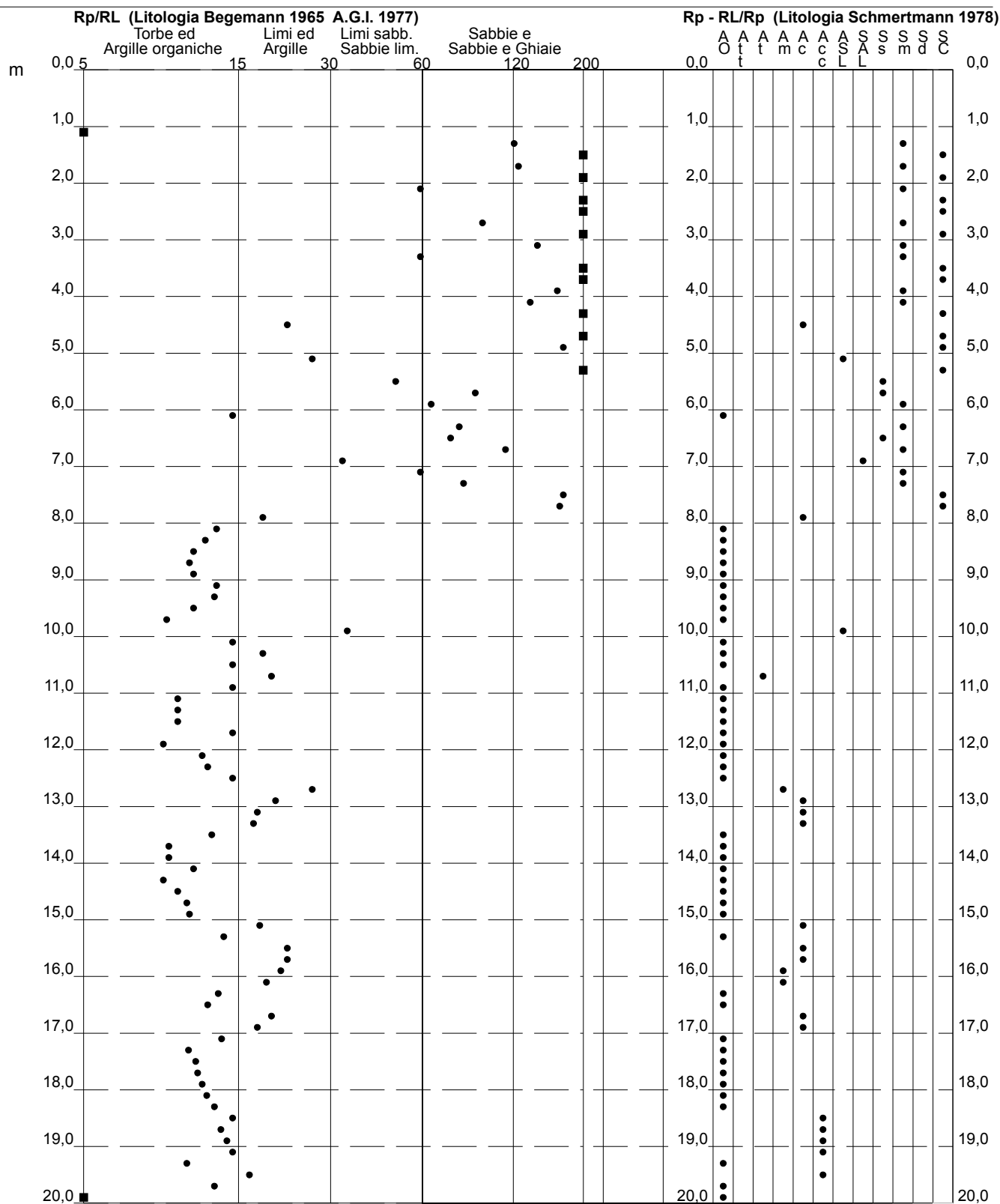
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-028

- committente : Regione Emilia Romagna
 - lavoro : Correlazione CPT e CPTU
 - località : San Mauro a Mare (Fc)
 - note :

- data : 06/03/2015
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,00 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-028

- committente : Regione Emilia Romagna
- lavoro : Correlazione CPT e CPTU
- località : San Mauro a Mare (Fc)
- note :

- data : 06/03/2015
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,00 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,60	--	--	???	1,85	0,11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
0,80	--	--	???	1,85	0,15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,00	--	--	???	0,85	0,17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,20	--	--	???	0,85	0,18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
1,40	32	120	3	0,88	0,20	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	39	29	0,166	53	80	112		
1,60	40	200	3	0,90	0,22	--	--	--	--	--	78	39	41	42	44	40	30	0,183	67	100	140		
1,80	33	124	3	0,88	0,24	--	--	--	--	--	69	38	40	41	44	39	29	0,157	55	83	116		
2,00	46	690	3	0,91	0,25	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	40	31	0,186	77	115	161		
2,20	40	60	3	0,90	0,27	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	39	30	0,166	67	100	140		
2,40	40	300	3	0,90	0,29	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	39	30	0,161	67	100	140		
2,60	64	320	3	0,94	0,31	--	--	--	--	--	85	40	41	43	45	40	32	0,207	107	160	224		
2,80	38	95	3	0,90	0,33	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	38	30	0,148	63	95	133		
3,00	46	345	3	0,91	0,34	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	38	31	0,163	77	115	161		
3,20	38	142	3	0,90	0,36	--	--	--	--	--	64	37	39	41	43	37	30	0,140	63	95	133		
3,40	24	60	3	0,86	0,38	--	--	--	--	--	47	35	37	39	42	34	28	0,095	40	60	84		
3,60	18	270	4	0,91	0,40	0,75	13,9	128	191	67	36	33	36	38	41	33	27	0,070	30	45	63		
3,80	35	525	3	0,89	0,42	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	36	29	0,123	58	88	123		
4,00	22	165	3	0,86	0,43	--	--	--	--	--	40	34	36	39	41	33	28	0,081	37	55	77		
4,20	36	135	3	0,89	0,45	--	--	--	--	--	56	36	38	40	43	36	30	0,121	60	90	126		
4,40	28	210	3	0,87	0,47	--	--	--	--	--	47	35	37	39	42	34	28	0,096	47	70	98		
4,60	18	22	2	0,98	0,49	0,75	10,8	128	191	67	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,80	42	630	3	0,90	0,51	--	--	--	--	--	59	36	38	40	43	36	30	0,127	70	105	147		
5,00	23	172	3	0,86	0,52	--	--	--	--	--	37	33	36	38	41	32	28	0,074	38	58	81		
5,20	18	27	2	0,98	0,54	0,75	9,4	130	195	67	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,40	32	240	3	0,88	0,56	--	--	--	--	--	47	35	37	39	42	34	29	0,096	53	80	112		
5,60	20	50	4	0,93	0,58	0,80	9,4	138	208	70	30	32	35	38	40	31	27	0,058	33	50	70		
5,80	12	90	4	0,88	0,60	0,57	6,0	158	237	48	12	30	33	36	39	28	26	0,023	20	30	42		
6,00	26	65	3	0,87	0,61	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	32	28	0,074	43	65	91		
6,20	6	15	1	0,46	0,62	0,30	2,5	33	50	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6,40	32	80	3	0,88	0,64	--	--	--	--	--	44	34	36	39	41	33	29	0,089	53	80	112		
6,60	20	75	4	0,93	0,66	0,80	8,0	158	237	70	27	32	34	37	40	30	27	0,051	33	50	70		
6,80	30	112	3	0,88	0,68	--	--	--	--	--	40	34	36	39	41	32	29	0,080	50	75	105		
7,00	18	34	4	0,91	0,69	0,75	6,9	175	262	67	22	31	34	37	40	29	27	0,042	30	45	63		
7,20	36	60	3	0,89	0,71	--	--	--	--	--	45	34	37	39	42	33	30	0,092	60	90	126		
7,40	33	82	3	0,88	0,73	--	--	--	--	--	42	34	36	39	41	33	29	0,083	55	83	116		
7,60	46	172	3	0,91	0,75	--	--	--	--	--	52	35	38	40	42	34	31	0,110	77	115	161		
7,80	56	168	3	0,93	0,77	--	--	--	--	--	59	36	38	40	43	35	31	0,126	93	140	196		
8,00	10	19	2	0,90	0,78	0,50	3,6	221	332	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,20	8	13	2	0,86	0,80	0,40	2,6	208	313	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,40	9	12	2	0,88	0,82	0,45	3,0	223	335	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,60	9	11	2	0,88	0,84	0,45	2,9	226	339	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8,80	8	11	2	0,86	0,85	0,40	2,4	214	321	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,00	9	11	2	0,88	0,87	0,45	2,7	231	346	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,20	8	13	2	0,86	0,89	0,40	2,3	217	325	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,40	7	13	1	0,46	0,90	0,35	1,9	42	64	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,60	6	11	1	0,46	0,91	0,30	1,6	38	56	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
9,80	8	9	2	0,86	0,92	0,40	2,2	219	329	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
10,00	7	35	4	0,83	0,94	0,35	1,8	199	299	32	--	28	31	35	38	25	26	--	12	18	25		
10,20	5	15	1	0,46	0,95	0,25	1,2	32	48	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
10,40	5	19	2	0,80	0,97	0,25	1,2	149	223	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
10,60	4	15	1	0,46	0,98	0,20	0,9	26	39	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
10,80	4	20	2	0,78	0,99	0,20	0,8	120	180	20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,00	2	15	1	0,46	1,00	0,10	0,4	13	20	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,20	2	10	1	0,46	1,01	0,10	0,3	13	20	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,40	2	10	1	0,46	1,02	0,10	0,3	13	20	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,60	2	10	1	0,46	1,03	0,10	0,3	13	20	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
11,80	3	15	1	0,46	1,04	0,15	0,6	20	29	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,00	3	9	1	0,46	1,05	0,15	0,6	20	29	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,20	4	12	1	0,46	1,06	0,20	0,8	26	39	12	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,40	5	12	1	0,46	1,06	0,25	1,0	32	49	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,60	8	15	2	0,86	1,08	0,40	1,8	228	342	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12,80	9	27	2	0,88	1,10	0,45	2,1	251	376	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
13,00	11	21	2	0,91	1,12	0,54	2,5	284	426	44	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
13,20	12	18	2	0,92	1,14	0,57	2,7	297	445	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
13,40	14	17	2	0,94	1,15	0,64	3,0	315	472	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
13,60	12	13	2	0,92	1,17	0,57	2,6	301	451	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
13,80	10	9	2	0,90	1,19	0,50	2,1	277	415														



SOGEO®
S.R.L.
INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI

Via san Potito 43 - 48022 LUGO (RA)
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo-srl.com
Concessione Ministero Infrastrutture e Trasporti - Settore C
Decr. n. 005754 del 01/07/2010

☒ CERTIFICATO N°:	C14-087-14	PROVA N°:	CPTUS-2
☐ RAPPORTO N°:		UBICAZIONE PROVA: (gradi decimali)	
DATA DI EMISSIONE:	21/08/2014	Latitudine:	N 44,163665°
		Longitudine:	E 12,445361°

Riferimento Preventivo n°:	031-14	Commessa n°:	14-080
Verbale di accettazione n°:	VA14-087	del:	21/08/2014

Richiedente:	Dott. Gabriele Pulelli
Committente:	PROGEO s.r.l., Via Talete 10/8 - 47122 FORLI'
Cantiere:	Zonazione Sismica Valle del Rubicone
Località:	San Mauro (FC) - Viale della Repubblica

Il presente certificato di prova si compone di n° pagine, esclusa la presente, ed ha per oggetto le seguenti prove:

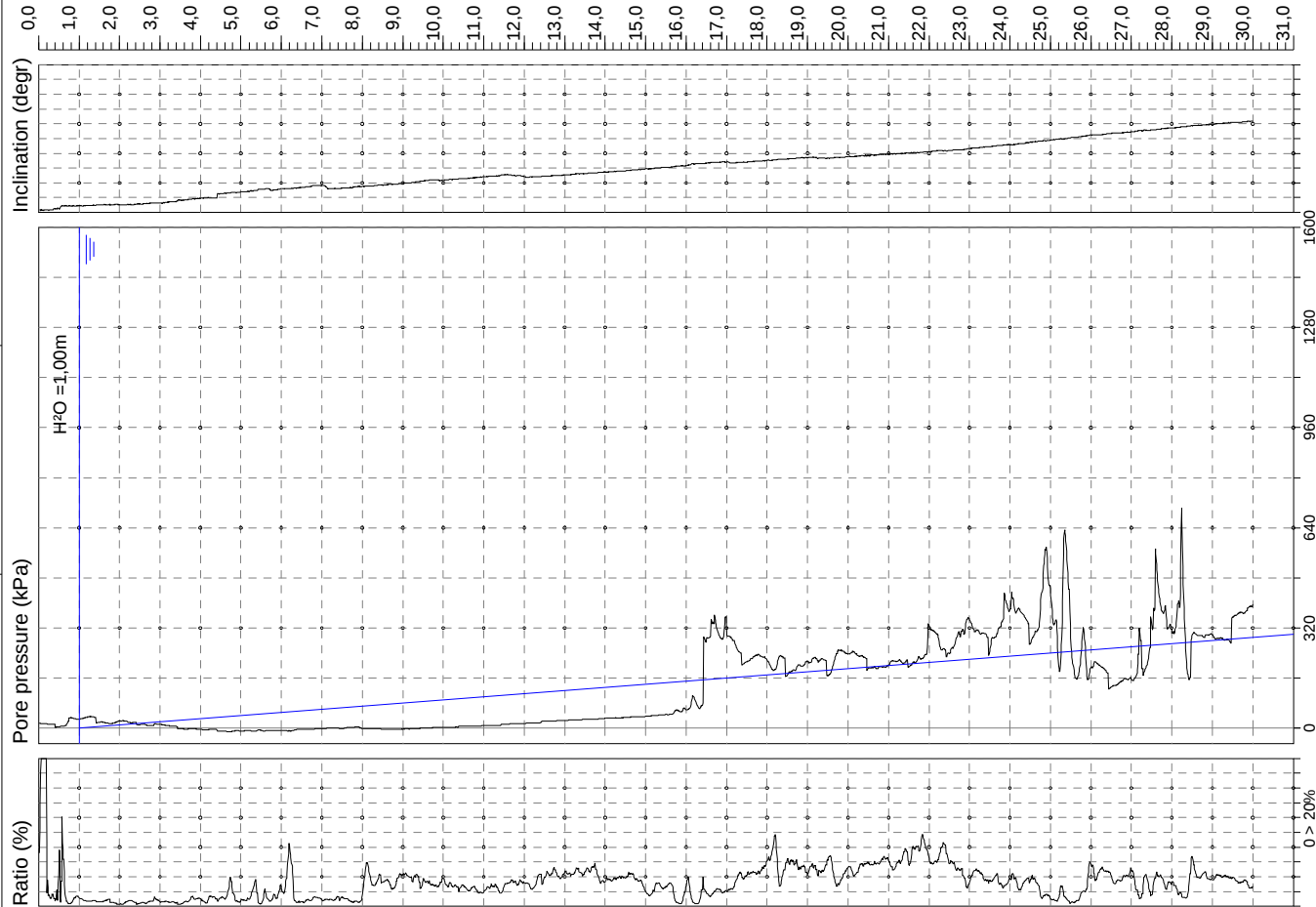
☐	Scheda stratigrafica	☐	Prova scissometrica a fondo foro
☐	Installazione piezometro Casagrande	☐	Prova SCPT
☐	Installazione Piezometro Norton	☐	Prova CPT
☐	Installazione Inclino metro	☐	Prova CPTE
☐	Installazione assestimetro	☒	Prova CPTU - Prova dissipazione
☐	Installazione tubo per prospezione geofisica	☐	Prova di carico su piastra
☐	Prova di permeabilità LEFRANC - LUGEON	☐	Prova di densità in situ

Attrezzatura utilizzata: Matricola n.:

Allegati:

Timbro blu sull'originale	Lo Sperimentatore:	Il Direttore del Laboratorio:
---------------------------	--------------------	-------------------------------

Normativa di Riferimento: A.G.I 1977



COMMITTENTE	UNIONE COMUNI DEL RUB.
CONO SISMICO	CPTUS2
Località	SAN MAURO MARE
Data acquisizione	1/08/2014

Profondità	Vp	Vs	ν	γ	E _{din}	G _{din}	K _{din}
	m/sec.	m/sec.		T/m³	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²

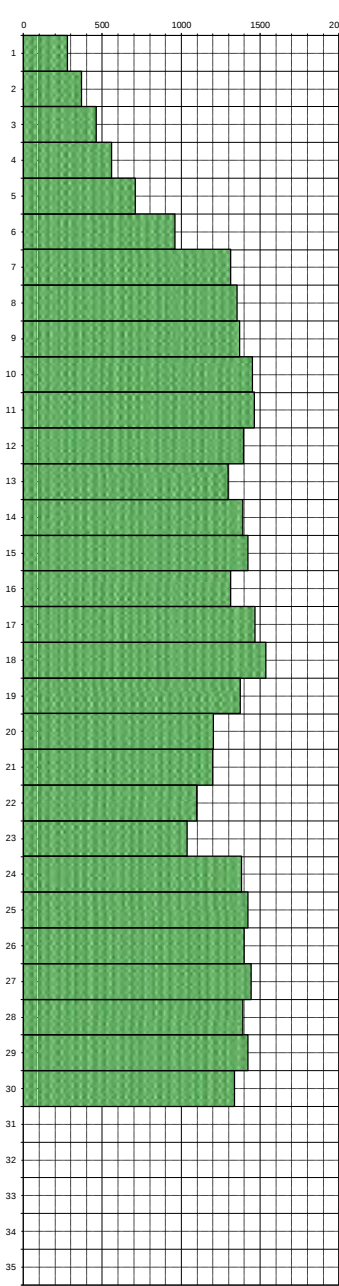
0							
1	278	130	0.36	1.49	699	257	831
2	370	135	0.42	1.57	830	291	1803
3	462	160	0.43	1.64	1224	427	2991
4	559	172	0.45	1.70	1477	510	4733
5	711	136	0.48	1.78	993	335	8699
6	961	167	0.48	1.88	1594	537	16988
7	1313	150	0.49	2.00	1373	460	34476
8	1354	192	0.49	2.01	2250	755	36503
9	1369	183	0.49	2.01	2042	685	37513
10	1452	161	0.49	2.03	1609	539	42994
11	1463	145	0.50	2.04	1306	437	43859
12	1395	146	0.49	2.02	1314	439	39456
13	1298	144	0.49	1.99	1264	423	33632
14	1389	158	0.49	2.02	1541	516	38978
15	1421	175	0.49	2.03	1878	629	40856
16	1312	232	0.48	2.00	3258	1098	33545
17	1467	176	0.49	2.04	1917	642	43852
18	1535	172	0.49	2.06	1856	621	48509
19	1375	178	0.49	2.01	1929	647	37908
20	1204	174	0.49	1.96	1813	609	28211
21	1198	184	0.49	1.96	2014	677	27787
22	1097	228	0.48	1.93	3024	1024	22292
23	1038	210	0.48	1.91	2542	860	19813
24	1381	222	0.49	2.01	3011	1013	37794
25	1421	231	0.49	2.03	3268	1099	40229
26	1398	253	0.48	2.02	3902	1315	38477
27	1445	232	0.49	2.03	3316	1115	41766
28	1389	258	0.48	2.02	4069	1373	37836
29	1421	196	0.49	2.03	2364	793	40637
30	1338	224	0.49	2.00	3030	1020	35197
31							
32							
33							
34							
35							

Legenda parametri dinamici					
Tp	Tempi onde di compressione	millisecondi	γ	Peso di volume	T/m³
Ts	Tempi onde di taglio	millisecondi	Edin	Modulo di Elasticità dinamico	Kg/cm²
Vp	Velocità onde di compressione	m/sec	Gdin	Modulo di Taglio dinamico	Kg/cm²
Vs	Velocità onde di taglio	m/sec	Kdin	Modulo di Compressibilità dinamico	Kg/cm²
ν	Coefficiente di Poisson	-			

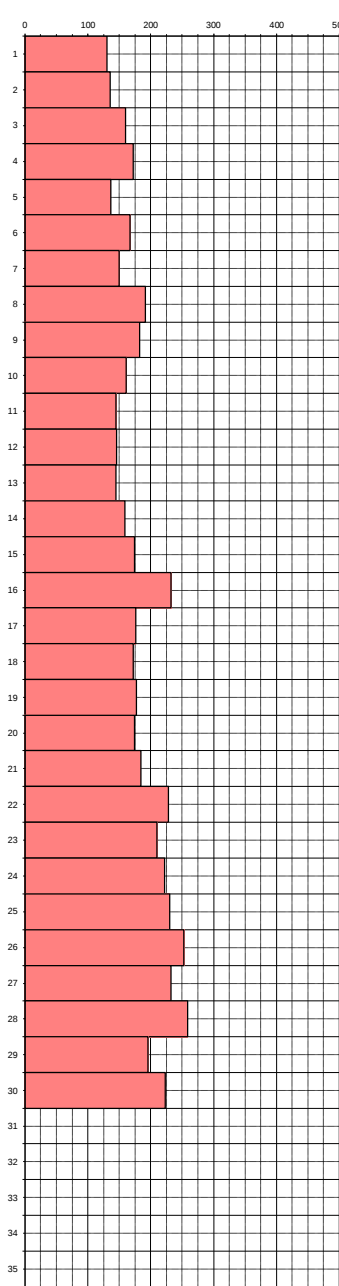
Codice lavoro	1422
---------------	------



VELOCITA' ONDE DI COMPRESSIONE
m/sec



VELOCITA' ONDE DI TAGLIO
m/sec



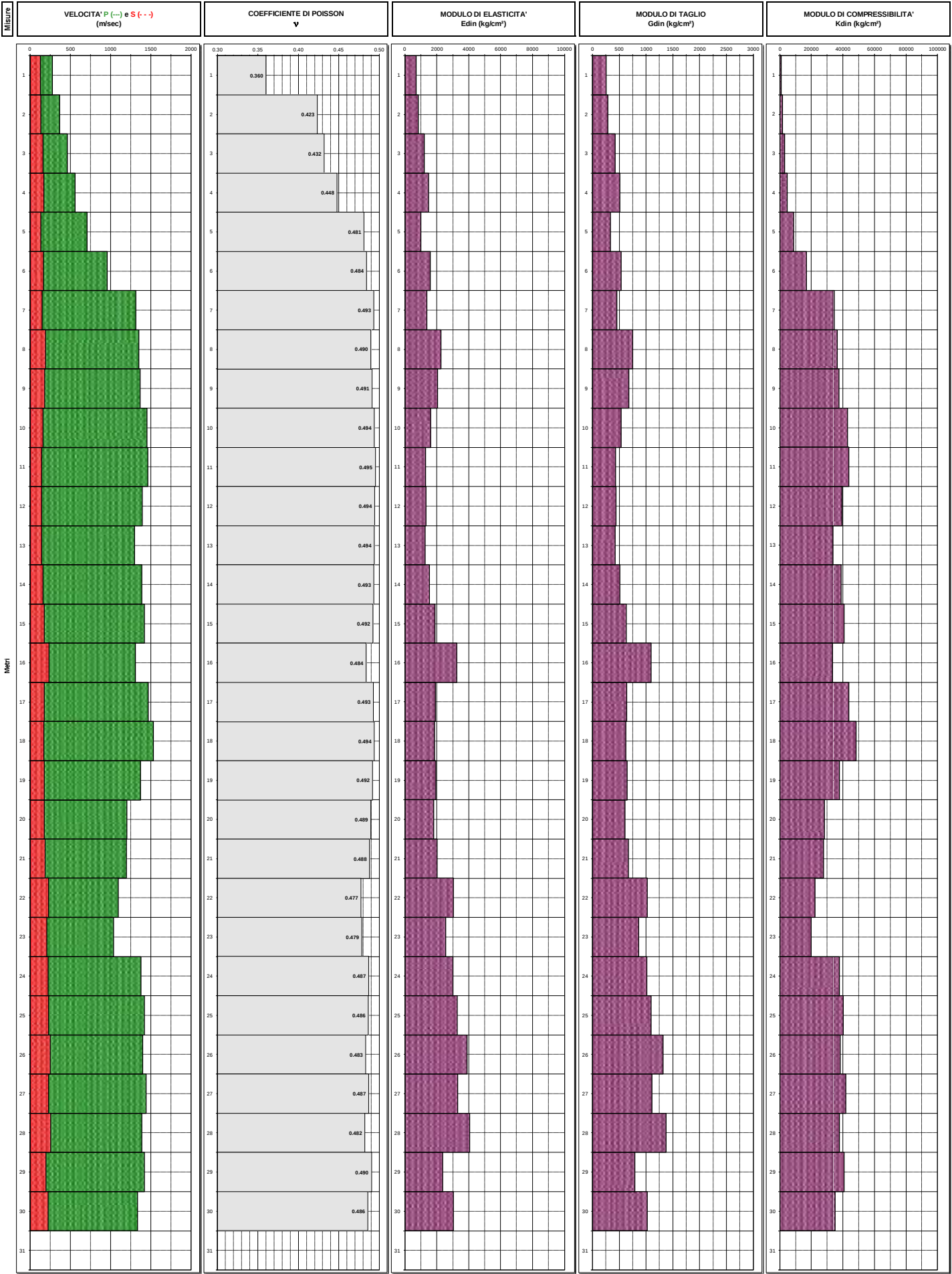
CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI SUOLI (D.M. del 14/01/2008)			
$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$	VS ₃₀	=	178 m/sec
CATEGORIA SUOLO		=	D

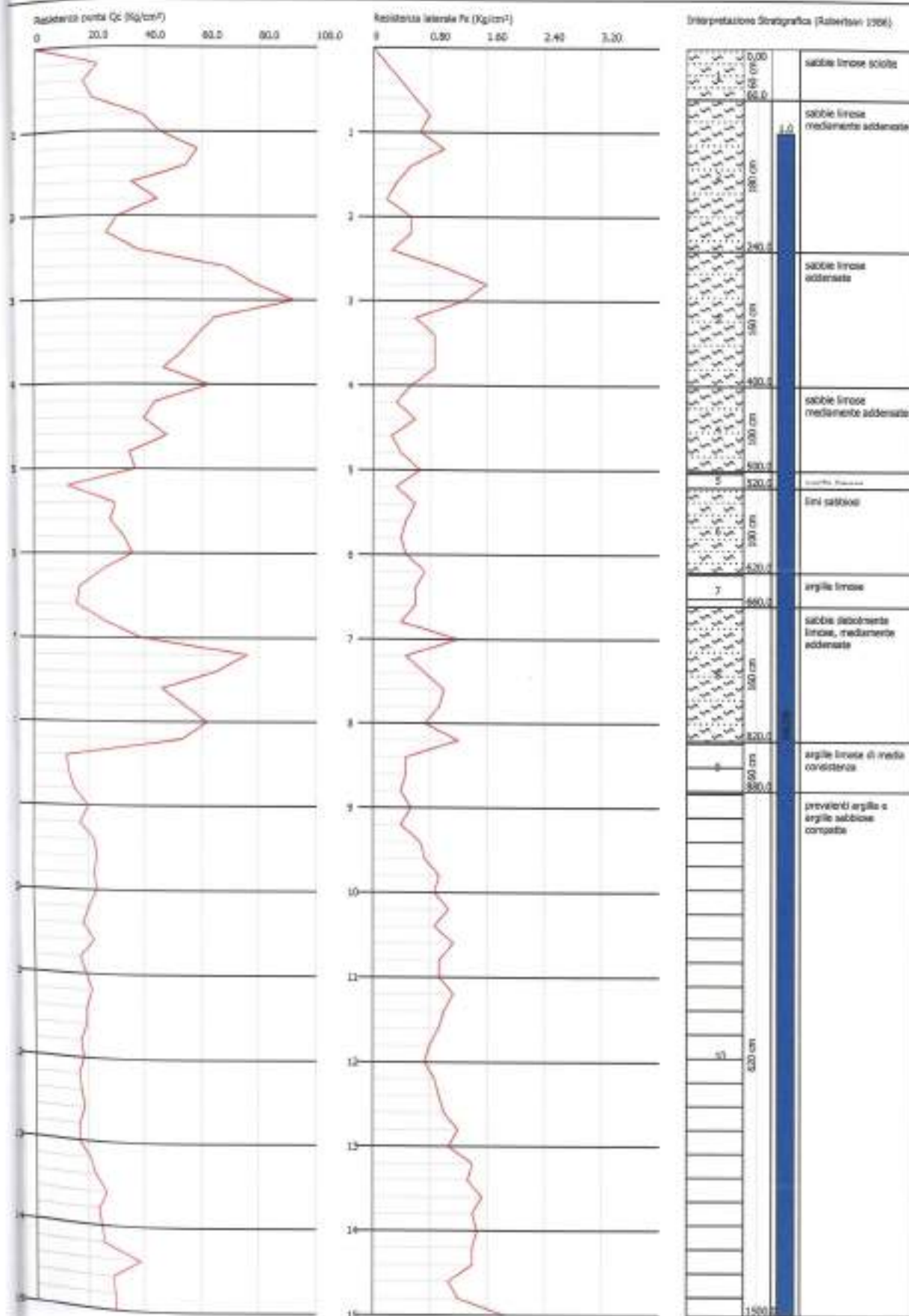
COMMITTENTE
CONO SISMICO
Località
Data acquisizione

UNIONE COMUNI DEL RUB.
CPTUS2
SAN MAURO MARE
1/08/2014



GRAFICI DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI





PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: SARA S.a.s.di Varcakova Jana & C.

Cantiere: Ampliamento di ristorante

Località: San Mauro Mare, via Orsa Minore

PROVA_m Nr.1

Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data 03/06/2011

Profondità prova m-15.00

Falda idrica: Quota iniziale = m-1.00

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	23	26	23.138	0.2	115.69	0.864378943728931
0.40	18	21	18.138	0.4	45.345	2.20531480868894
0.60	21	27	21.138	0.6	35.23	2.83848992336077
0.80	39	48	39.138	0.8	48.9225	2.0440492615872
1.00	45	57	45.138	0.6666667	67.7069966146502	1.4769522353671
1.20	58	68	58.276	1	58.276	1.71597226988812
1.40	54	69	54.276	0.5333334	101.767487279064	0.982632102586779
1.60	35	43	35.276	0.3333333	105.828010582801	0.944929413765733
1.80	44	49	44.276	0.2	221.38	0.451711988436173
2.00	30	33	30.276	0.5333334	56.7674929040634	1.7615715418153
2.20	26	34	26.414	0.5333334	49.5262438092195	2.01913152116302
2.40	37	45	37.414	0.2666667	140.30248246219	0.712745763617897
2.60	68	72	68.414	1	68.414	1.46168912795627
2.80	78	93	78.414	1.6	49.00875	2.04045196010916
3.00	92	116	92.414	1.266667	72.9584018530522	1.37064405825957
3.20	64	83	64.552	0.6	107.586666666667	0.929483207336721
3.40	58	67	58.552	0.8666667	67.5599974015386	1.48016583549665
3.60	53	66	53.552	0.8666667	61.7907668542013	1.61836476695548
3.80	46	59	46.552	0.8666667	53.7138440879291	1.86171743426706
4.00	62	75	62.552	0.5333334	117.284985339377	0.852624056784755
4.20	43	51	43.69	0.3333333	131.070013107001	0.762951018539712
4.40	39	44	39.69	0.6	66.15	1.51171579743008
4.60	47	56	47.69	0.2666667	178.837477645315	0.55916691130216
4.80	34	38	34.69	0.4	86.725	1.15307004900548
5.00	36	42	36.69	0.6666667	55.0349972482501	1.81702562005996
5.20	12	22	12.828	0.3333333	38.4840038484004	2.59848222637979
5.40	29	34	29.828	0.6	49.7133333333333	2.01153278798444
5.60	27	36	27.828	0.4666667	59.6314243120411	1.67696816156389
5.80	32	39	32.828	0.4	82.07	1.21847203606677
6.00	35	41	35.828	0.4666667	76.7742802304086	1.30251953779167
6.20	24	31	24.966	0.7333333	34.0445470020249	2.93732796603381
6.40	16	27	16.966	0.6	28.2766666666667	3.53648473417423
6.60	15	24	15.966	0.6	26.61	3.75798571965427
6.80	25	34	25.966	0.4	64.915	1.54047600708619
7.00	38	44	38.966	1.2	32.4716666666667	3.07960786326541
7.20	75	93	76.104	0.4666667	163.079988351429	0.613196021234101
7.40	64	71	65.104	0.7333333	88.7781858535539	1.12640283239125
7.60	45	56	46.104	1	46.104	2.16900919659899
7.80	53	68	54.104	0.9333333	57.9685734988776	1.7250726378826
8.00	61	75	62.104	0.7333333	84.6872765766944	1.18081492335437
8.20	52	63	53.242	1.2	44.3683333333333	2.25385973479584
8.40	11	29	12.242	0.4666667	26.2328552690818	3.81201355987584
8.60	12	19	13.242	0.4666667	28.3757122588777	3.52414061320042
8.80	14	21	15.242	0.4	38.105	2.62432751607401
9.00	19	25	20.242	0.5333334	37.9537452557818	2.63478608833119
9.20	16	24	17.38	0.4	43.45	2.30149597238205

9.40	21	27	22.38	0.6666667	33.5699983215001	2.97885031277927
9.60	22	32	23.38	0.7333333	31.8818196309918	3.13658383233533
9.80	21	32	22.38	0.9333333	23.978572284949	4.17039008042895
10.00	22	36	23.38	0.8666667	26.9769220393492	3.70687211291702
10.20	19	32	20.518	1.066667	19.2356189888691	5.1986889560386
10.40	17	33	18.518	0.8666667	21.3669222551184	4.68013122367426
10.60	21	34	22.518	1.133333	19.8688293731851	5.03300914823697
10.80	16	33	17.518	0.9333333	18.7692863846174	5.32785306541843
11.00	18	32	19.518	0.9333333	20.9121436040051	4.78191054411313
11.20	20	34	21.656	1.133333	19.1082409141885	5.23334410786849
11.40	18	35	19.656	1	19.656	5.08750508750509
11.60	18	33	19.656	0.9333333	21.0600007521429	4.74833791208791
11.80	16	30	17.656	0.8	22.07	4.53103760761214
12.00	17	29	18.656	0.7333333	25.4400011563637	3.93081743138937
12.20	15	26	16.794	0.8666667	19.3776915623965	5.16057341907824
12.40	16	29	17.794	0.9333333	19.0650006808929	5.24521355513094
12.60	17	31	18.794	1	18.794	5.32084707885495
12.80	15	30	16.794	1.2	13.995	7.14540907466952
13.00	15	33	16.794	1.066667	15.7443700798843	6.35147671787543
13.20	19	35	20.932	1.4	14.9514285714286	6.68832409707625
13.40	21	42	22.932	1.333333	17.1990042997511	5.81429007500436
13.60	25	45	26.932	1.533333	17.5643516444243	5.69334991831279
13.80	22	45	23.932	1.4	17.0942857142857	5.84990807287314
14.00	23	44	24.932	1.466667	16.999087045662	5.88266885929729
14.20	24	46	26.07	1.4	18.6214285714286	5.37015726889145
14.40	37	58	39.07	1.4	27.9071428571429	3.58331200409521
14.60	27	48	29.07	1.066667	27.2531164834011	3.669305125559
14.80	28	44	30.07	1.2	25.0583333333333	3.99068839374792
15.00	28	46	30.07	1.866667	16.1089256948347	6.20773860991021

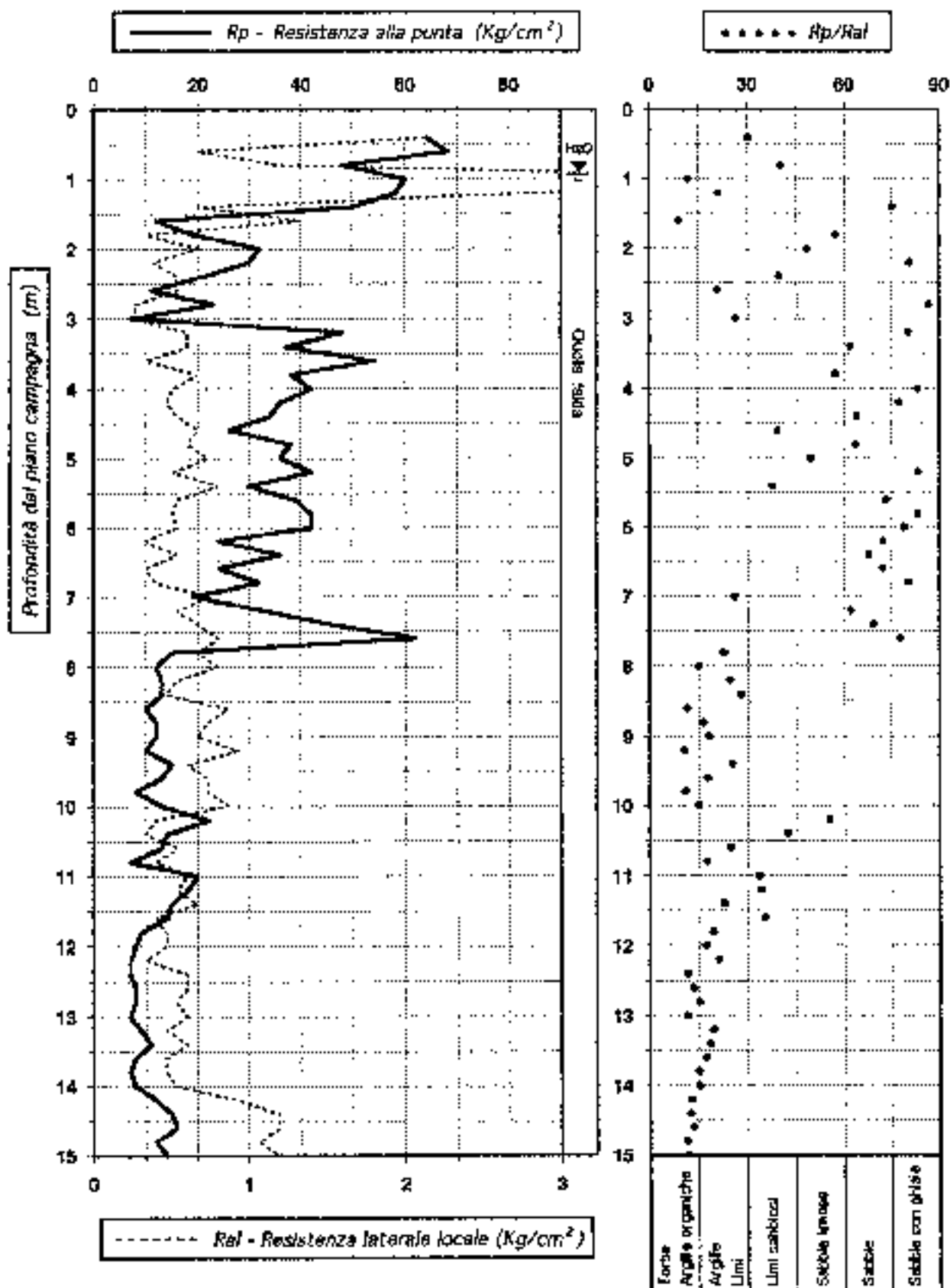
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.60	20.80467	0.4	1.978132	Incoerente	sabbie limose sciolte
2.40	41.16489	0.5407407	2.088183	Incoerente	sabbie limose mediamente addensate
4.00	65.62525	0.95	2.167943	Incoerente	sabbie limose addensate
5.00	40.49	0.4533333	2.087791	Incoerente	sabbie limose mediamente addensate
5.20	12.828	0.3333333	1.889407	Coesivo	argilla limosa
6.20	30.2556	0.5333334	2.037044	Incoerente	limi sabbiosi
6.60	16.466	0.6	1.931882	Coesivo	argille limose
8.20	52.71175	0.8333333	2.124935	Incoerente	sabbie debolmente limose, mediamente addensate
8.80	13.57533	0.4444444	1.935368	Coesivo	argille limose di media consistenza
15.00	22.12878	1.058065	1.998315	Coesivo	prevalenti argille e argille sabbiose compatte

**SONDAGGIO
PENETROMETRICO
STATICO
N° 2**

COMMITTENTE : Comune di Savignano su
LOCALITA' : Arenile di Savignano Mare
DATA : 29. 12. 1997

**Sondaggio
Penetrometrico
Statico
N° 79**

QUOTA : p. spiaggia



**SONDAGGIO
PENETROMETRICO
STATICO
N° 1**

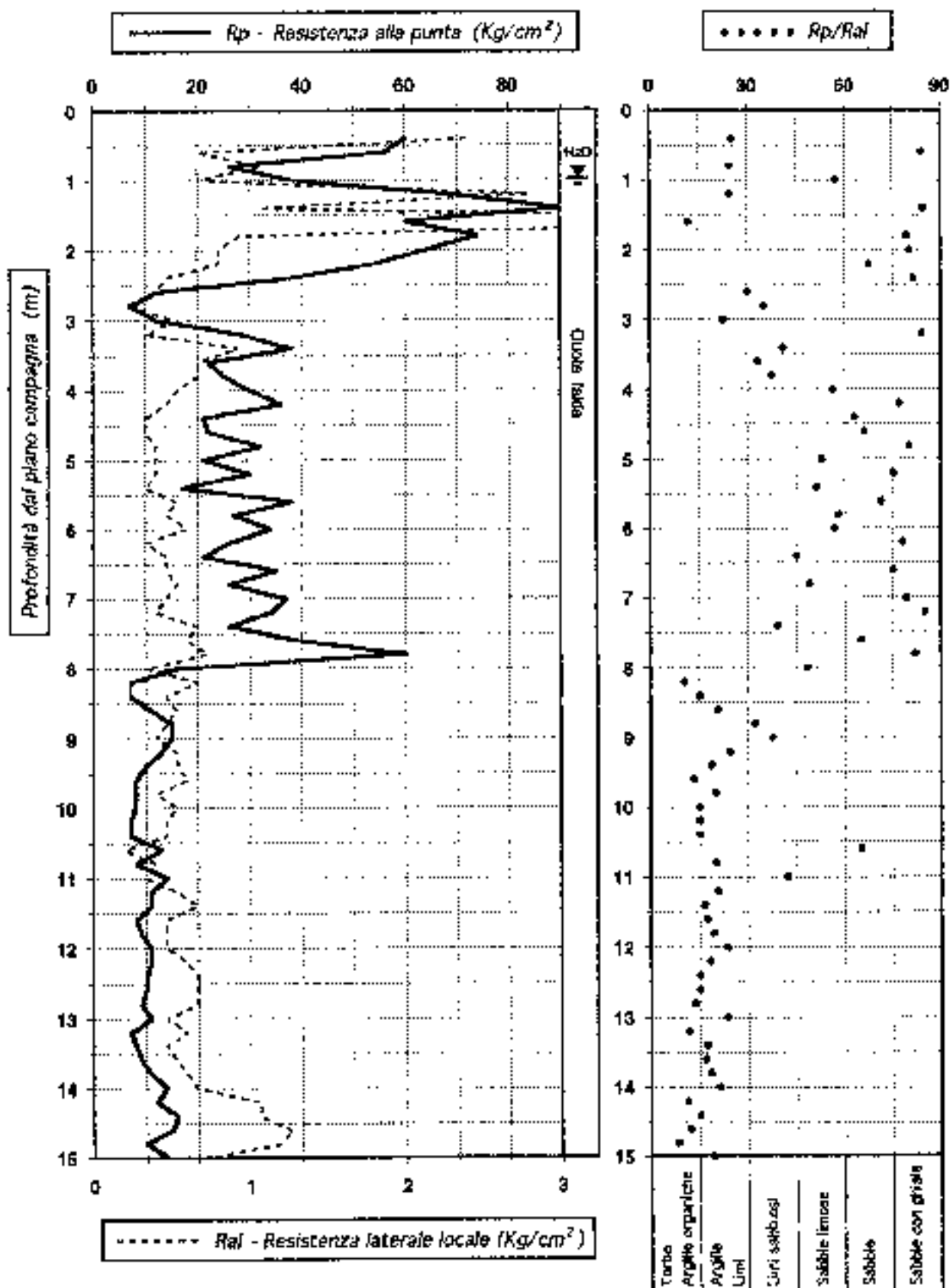
COMMITTENTE: Comune di Savignano sul

LOCALITA': Arenile di Savignano Mare

DATA: 29.12.1997

QUOTA: p. spiaggia

**Sondaggio
Penetrometrico
Statico
N° 78**

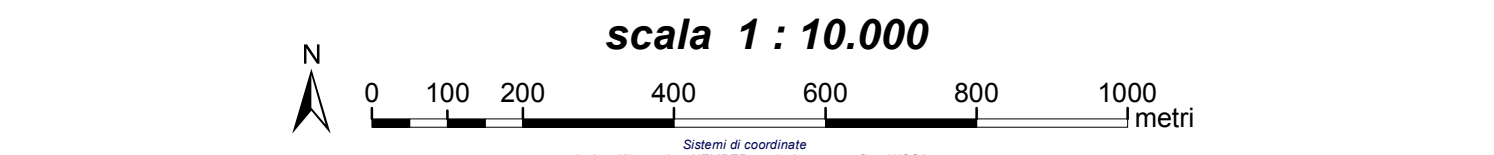


Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla
valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mappa del rischio potenziale
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Aree Costiere Marine

Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità
di Bacino dell'Arno del 23/12/2013 (distretto Appennino Settentrionale)

TAVOLA 012 - Bellaria-Igea Marina



La cartografia rappresentata nella mappa del rischio di alluvioni, predisposta in attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010. In particolare, l'art. 6 della Direttiva 2007/60/CE, che prevede la redazione di mappe del rischio di alluvioni, indica che le mappe del rischio di alluvioni devono essere redatte in base ai dati disponibili e che le mappe del rischio di alluvioni devono essere redatte in base ai dati disponibili e che le mappe del rischio di alluvioni devono essere redatte in base ai dati disponibili.

CLASSE DI PERICOLOSITA'	CLASSE DI PERICOLOSITA'	CLASSE DI PERICOLOSITA'	CLASSE DI PERICOLOSITA'
CLASSE DI PERICOLOSITA'	CLASSE DI PERICOLOSITA'	CLASSE DI PERICOLOSITA'	CLASSE DI PERICOLOSITA'
D4	D4	D4	D4
D3	D3	D3	D3
D2	D2	D2	D2
D1	D1	D1	D1

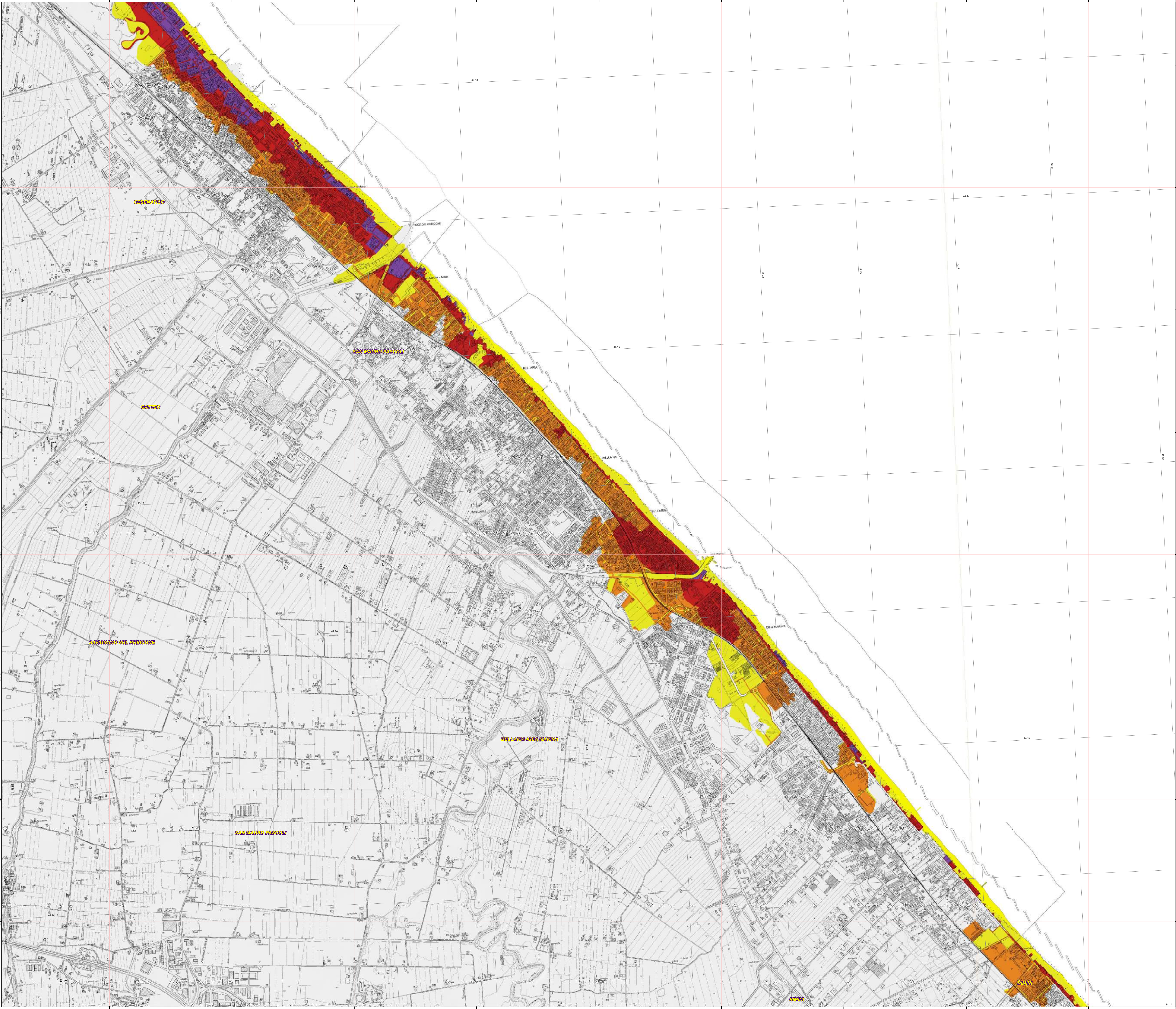
Tempeste marine	Altre
Matrice A	Zone d'acqua naturale protette (TPOD) (protezione ordinaria)
Matrice B	Zone d'acqua naturale protette e secondarie (LMI TPOD, TPOD2) (protezione ordinaria)
Matrice C	Zone d'acqua naturale protette e secondarie (LMI TPOD, TPOD2) (protezione ordinaria)

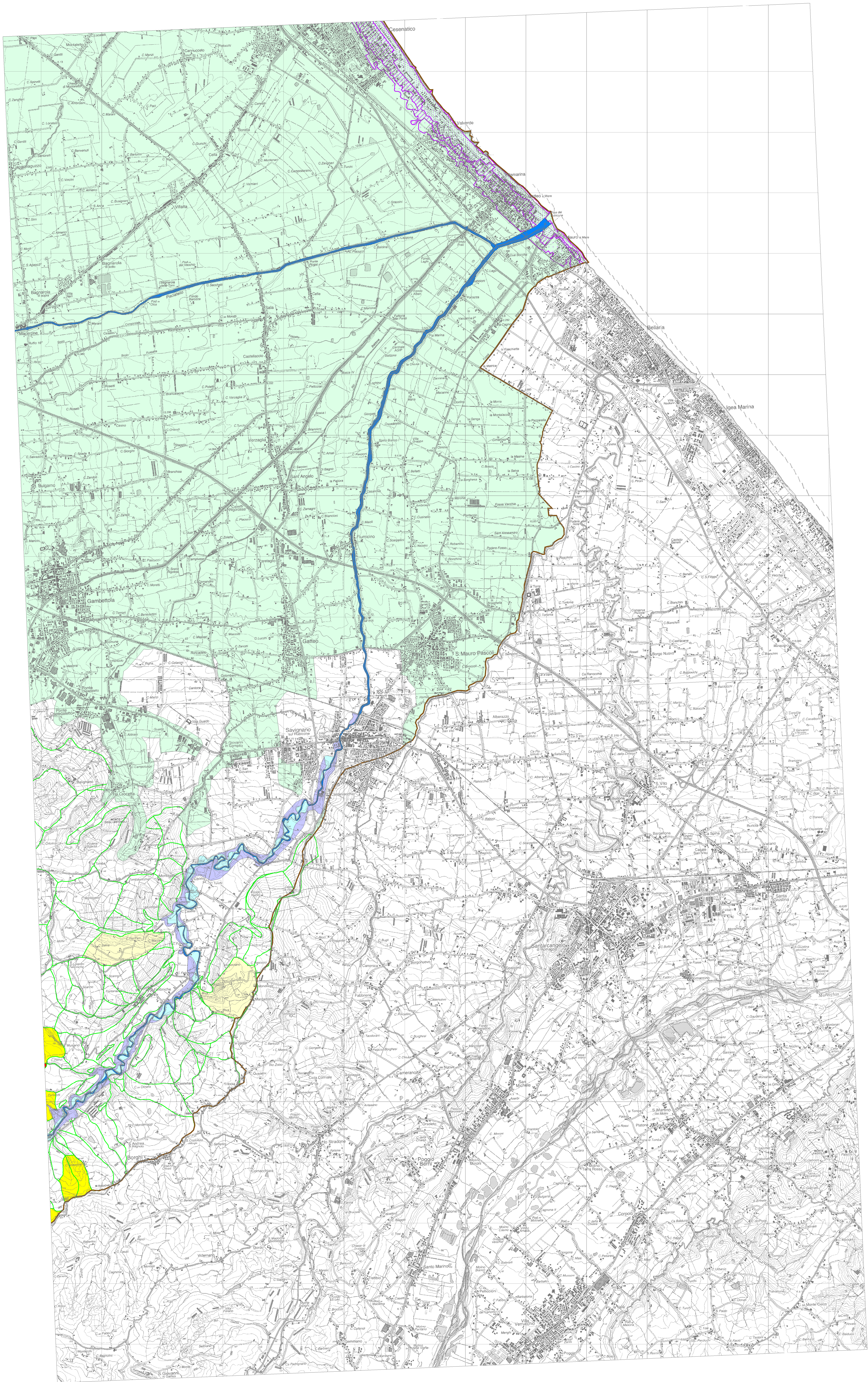
La mappa del rischio elaborata applicando la matrice sopra descritta, che costituisce la base per la redazione delle mappe del rischio di alluvioni, è stata elaborata in base ai dati disponibili e che le mappe del rischio di alluvioni devono essere redatte in base ai dati disponibili.

Per approfondimenti:
<http://www.regione.emilia-romagna.it>
<http://www.appenninoseptentrionale.it>
<http://www.abbv.it>



GRUPPO DI LAVORO PREDISPOSIZIONE MAPPE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO DI ALLUVIONI Del 31/07/2011 D.G.R. 12442/2011	Coordinamento delle attività per l'attuazione della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010. Rapporti con le Autorità di Bacino regionali: MATTM, ISPRA, Supporto alla stesura di metodologie e indirizzi operativi.
Servizio Difesa del Suolo, della Costa e Bonifica (DIO Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa, RER)	Elaborazione mappe della pericolosità di alluvione dei corsi d'acqua naturali, analisi del rischio e rapporti con la pianificazione di bacino vigente.
Autorità di Bacino del fiume Reno Autorità di Bacino Regionale Romagnoli Autorità di Bacino Marecchia - Conca Autorità di Bacino del fiume Po (coordinamento distretto padano) Autorità di Bacino del fiume Tevere (coordinamento distretto centrale) Autorità di Bacino del fiume Arno (coordinamento distretto Appennino Settentrionale)	Elaborazione mappe della pericolosità e del rischio per fenomeni di inondazione marina. Sistemizzazione banche dati, elaborazioni cartografiche e supporto alla produzione delle mappe del rischio di alluvione. Supporto alla elaborazione delle mappe di pericolosità dall'ambito di bonifica e analisi morfologiche.
Servizio Geologico, Simico e dei Suoli (DIO Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa, RER)	Segnalazione criticità e verifica mappe
Servizi Tecnici di Bacino e AIPD	Banche dati elementi esposti e rapporti con la pianificazione di emergenza
Agenzia Regionale di Protezione Civile	Analisi della pericolosità di alluvione della rete di bonifica.
Consorzi di Bonifica	Banche dati elementi esposti.
Province	Messa a disposizione PTCP (piano rischio idraulico), Piani di Emergenza Protezione Civile

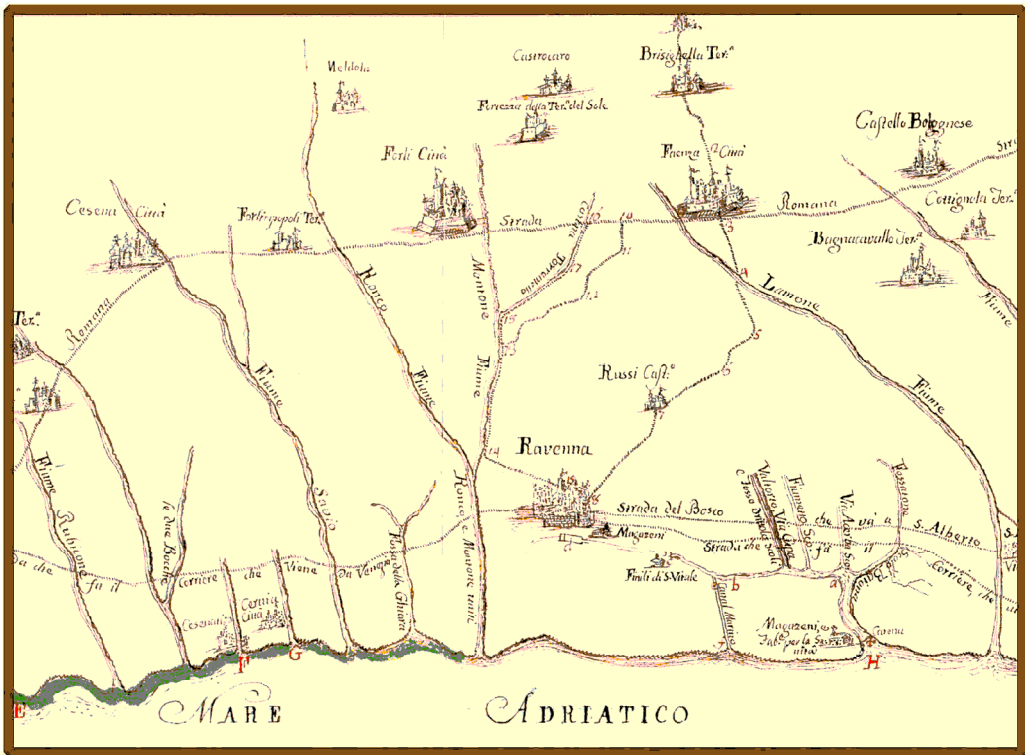




Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

PIANO STRALCIO PER IL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Variante di coordinamento tra il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni e il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico

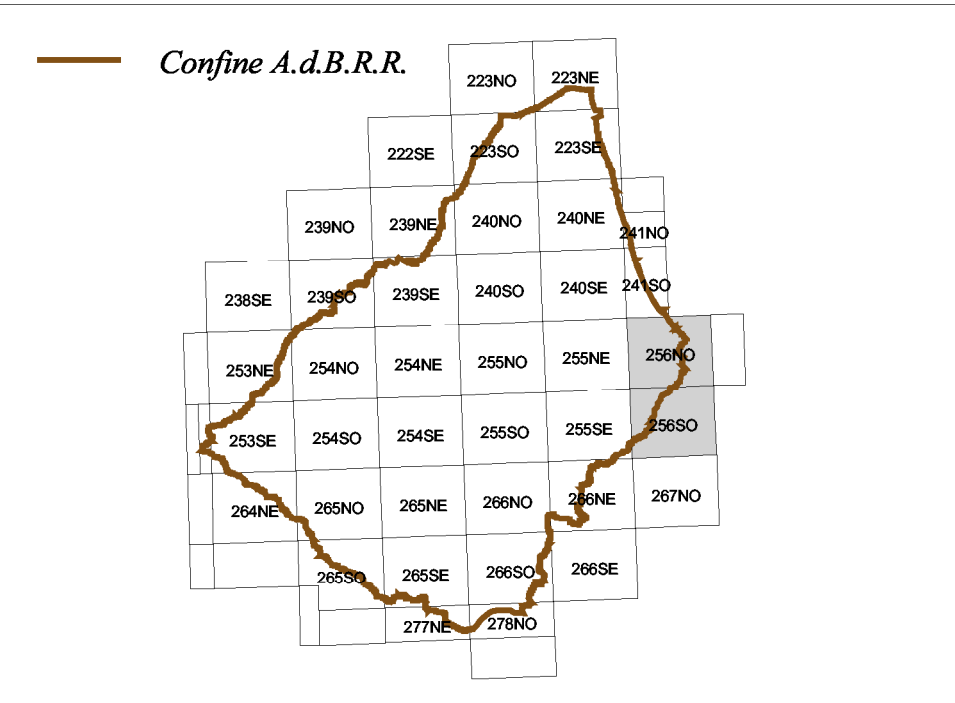


PERIMETRAZIONE AREE A RISCHIO IDROGEOLOGICO

Scala 1:25000

TAVV. 256 NO - 256 SO

Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 2/2 del 7 novembre 2016
Approvata dalla Giunta Regionale con DGR n. del



Aree a rischio idrogeologico

- TITOLO II - "Assetto della rete idrografica"**
- Art. 2 ter - alveo: piena ordinaria
 - Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione
 - Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione
 - Art. 6 - aree di potenziale allagamento
 - Art. 10 - distanze di rispetto dai corpi arginali
- TITOLO III - "Aree a rischio di frana" (invariato)**
- Limite Unità Idromorfologiche Elementari
 - Art. 13 - R1 (rischio moderato)
 - Art. 13 - R2 (rischio medio)
 - Art. 13 - R3 (rischio elevato)
 - Art. 13 - R4 (rischio molto elevato)
- TITOLO IV - "Costa"**
- Art. 15 - P3 (alluvioni frequenti)
 - Art. 15 - P2 (alluvioni poco frequenti)
 - Art. 15 - P1 (alluvioni rare)

Inquadramento su base topografica derivata dalle immagini raster delle tavole a scala 1:25.000 della Carta Tecnica Regionale con aggiunta del territorio toscano. Elaborazioni cartografiche a cura della Segreteria Tecnico Operativa A.d.B.

Presidente

Paola Gazzolo

Segretario Generale

Arch. Paola Altobelli

Progettista

Ing. Gabriele Strampelli

Gruppo di lavoro del presente Progetto di Variante

Dott. Gabriele Cassani - Responsabile Pianificazione e norme
Dott. Oscar Zani - Pianificazione e norme
Dott. Claudio Camporesi - Cartografia e supporto informatico

Gruppo di progetto del Piano Stralcio Rischio Idrogeologico

Arch. Erminio Ferrucci - Coordinamento al Progetto di piano
Dott. Domenico Donati - Coordinamento alle Analisi di Piano

Ing. Alberto Pistocchi - Responsabile Progetto rischio idraulico
Dott. Oscar Zani - Responsabile Progetto rischio frane
Dott. Gabriele Cassani - Responsabile Rapporti con la pianificazione e norme
Dott. Claudio Camporesi - Cartografia e supporto informatico

Rag. Carla Guignoni - Responsabile funzione amministrativa
Seg. Susi Gaudenzi - Supporto funzione amministrativa

Carta delle criticità costiere

Elaborazioni basate su dati archiviati nel geodatabase

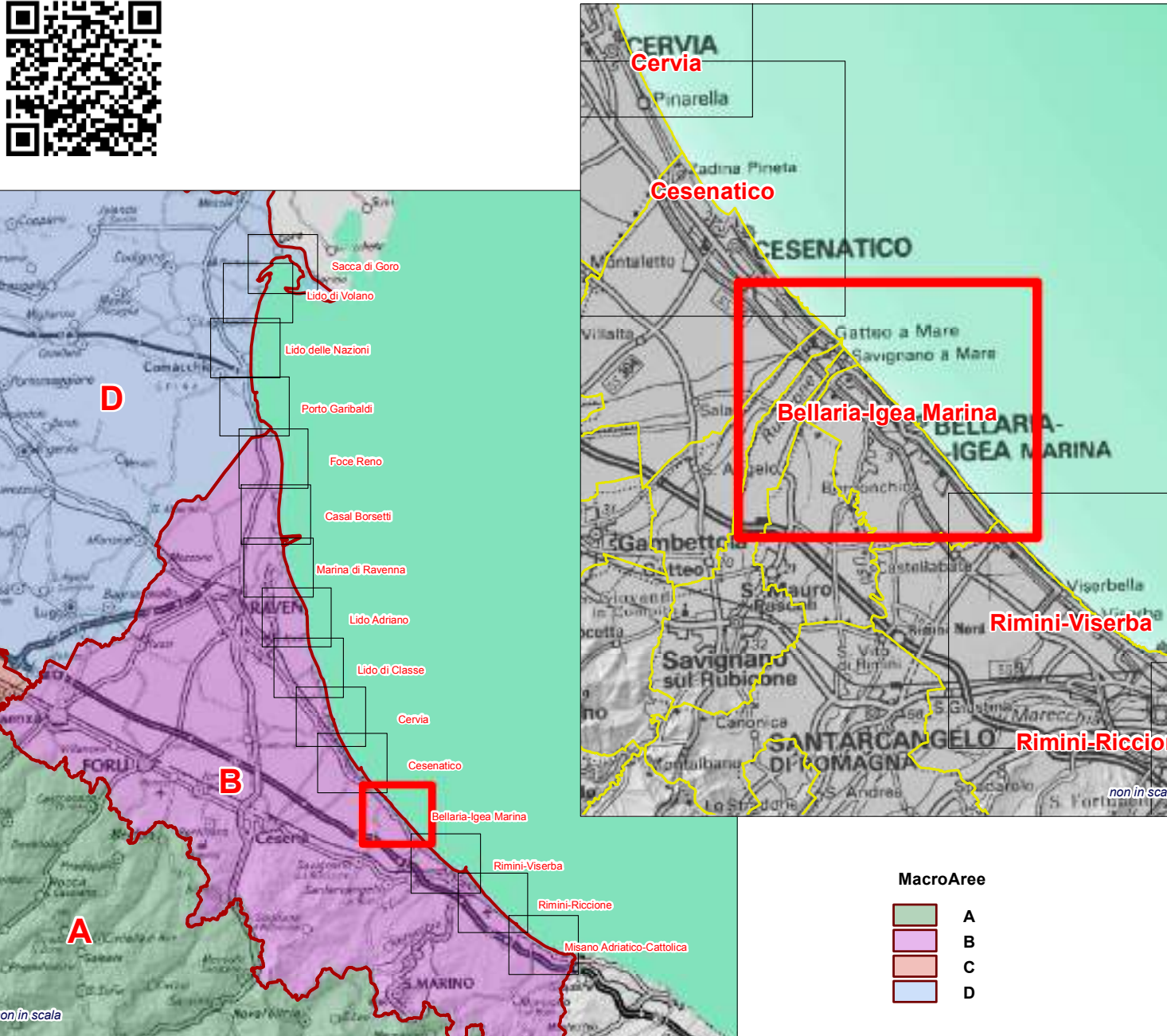


Sistema Informativo del Mare e della Costa
della Regione Emilia-Romagna

TAVOLA 12 - Bellaria-Igea Marina

scala 1 : 10.000

0 100 200 400 600 800 1000
metri



La Cartografia delle Criticità Costiere è stata elaborata a supporto delle attività del Centro Funzionale Regionale per fornire una sintesi delle principali criticità che affliggono il territorio costiero regionale, con particolare attenzione ai fenomeni di erosione della costa e di inondazione marina.

Per quel che riguarda il fenomeno dell'inondazione marina si è utilizzata la perimetrazione delle aree di pericolosità elaborata dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (SGSS) ai sensi della Direttiva Alluvioni (D.Lgs. 49/2010) per l'ambito costiero. Si rimanda ai documenti della Direttiva stessa, consultabili al link sotto indicato, per approfondimenti in merito alla metodologia utilizzata.

L'analisi dei tratti critici per erosione dei litorali è stata prodotta integrando le seguenti informazioni:

- 1) tassi di variazione della linea di riva 2005-2011 (erosione, stabilità, accrescimento);
- 2) tassi di variazione della linea di riva sul lungo periodo (1943-2005);
- 3) variazioni del fondale sotto-costa nel periodo 2006 - 2012 (escavazione ed abbassamenti);
- 4) ampiezza della spiaggia emersa.

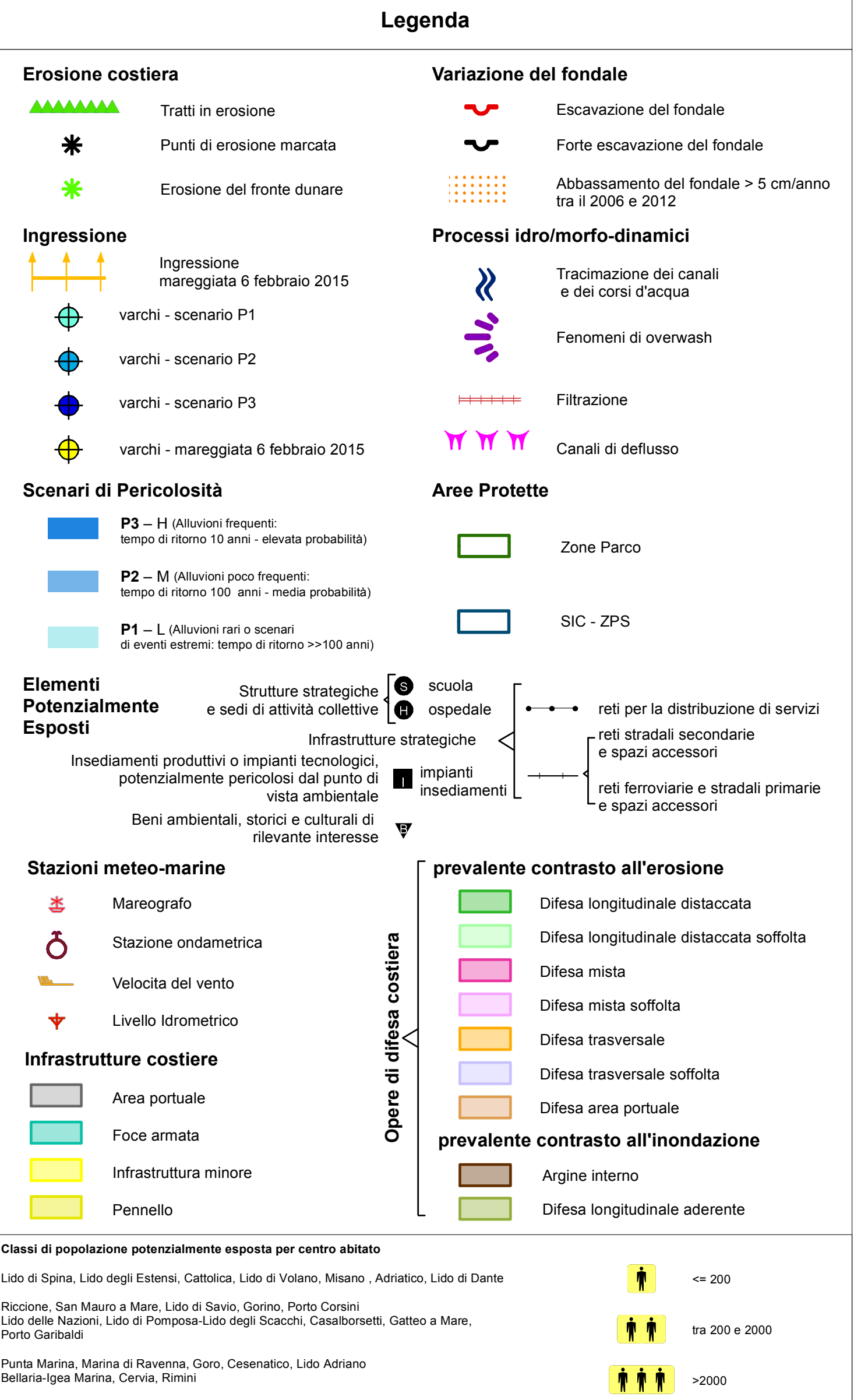
Lo studio condotto è di tipo qualitativo e si è basato su un approccio di analisi integrata dei dati disponibili nel Sistema Informativo del Mare e della Costa e sulle conoscenze maturate nell'ambito delle ricerche degli ultimi 15 anni. La definizione dei tratti critici si basa sulla corrispondenza di più parametri tra quelli presi in considerazione. Nella maggior parte dei casi, i settori costieri particolarmente critici sono caratterizzati da una ridotta ampiezza della spiaggia, quote di chiusura verso terra poco elevate e da un forte abbassamento del fondale sotto-costa.

In cartografia sono stati rappresentati anche altri processi che, interagendo con i fenomeni di erosione ed inondazione, possono aumentare il grado di fragilità dei tratti costieri, quali la trascinazione dei canali, l'escavazione dei fondali e vari processi idromorfici dinamici particolarmente rilevanti, come ad esempio l'overwash.

Per approfondimenti:
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/costa/il-rischio-costiero>
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/ruolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/piano-gestione-del-rischio-alluvioni>

Cartografia interattiva:
https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgs/usa/viewer.jsp?sezione=rischio
<http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/ruolo-bacino/sezioni/piano-di-gestione-del-rischio-alluvioni/cartografia>

Per informazioni e contatti:
segreteria@regione.emilia-romagna.it



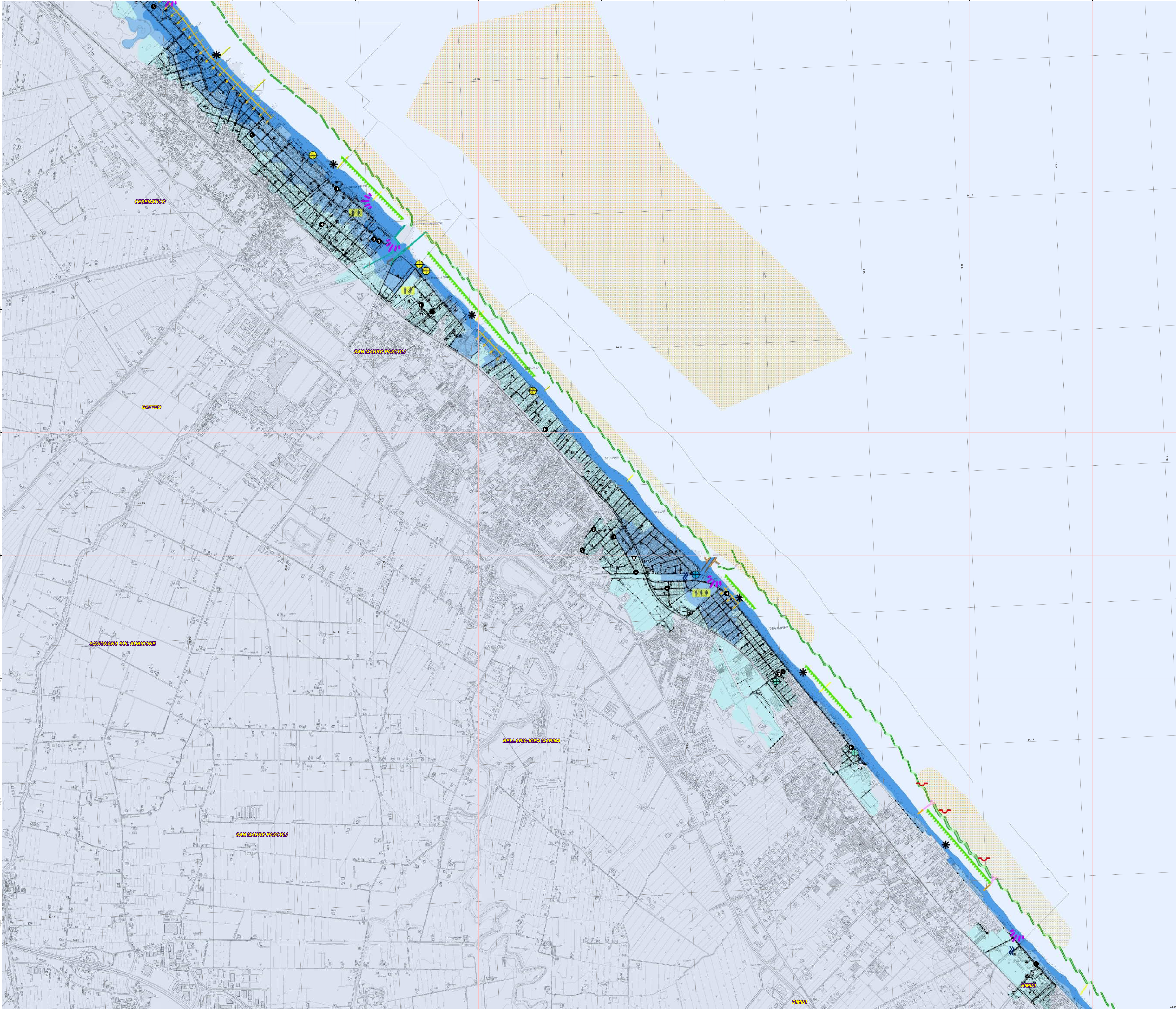
Data di pubblicazione Giugno 2015
Aggiornamento previsto ogni 2 anni

Utilizzo della Carta

La carta rappresenta un supporto conoscitivo ed informativo destinato ad un'utenza vasta, costituita da tecnici, amministratori e cittadini. I contenuti non possono essere utilizzati a fini di natura legale o giudiziaria. La carta non è fornitrice né di garanzia né di assicurazione. L'uso della carta è a rischio. L'utente è responsabile dell'uso della carta. La carta non può essere utilizzata per fini di natura legale o giudiziaria. L'utente è responsabile dell'uso della carta. La carta non può essere utilizzata per fini di natura legale o giudiziaria. L'utente è responsabile dell'uso della carta.

Gruppo di Lavoro

Coordinamento: Luca Piana
Elaborazioni: Elisabetta G. Lorus, S. Luciani, P. Piana, L. Salvo, G.





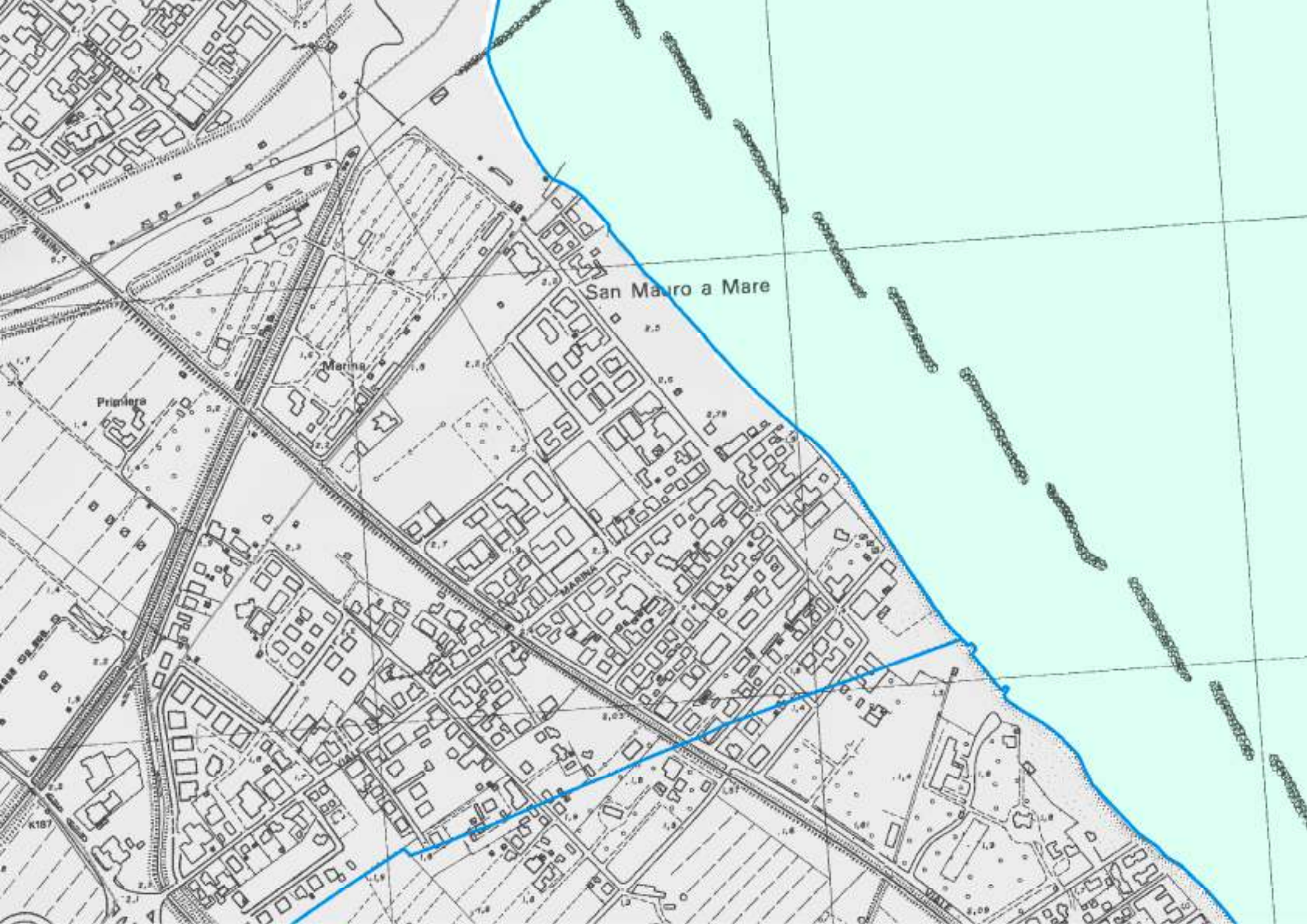
256010

256020

BELLARIA

256060

256050





Gatteo
a Mare

C. le due
Bocche

San Mauro
a Mare

256020

Calmata

Primiera Marina

Fondi
Ponte

Due
Bocche

C. Lago

Sabbioni

Cascina
Prati

C. Ponta

SP 10

la Torretta

San Mauro a Mare



Cantiere: San Mauro Pascoli (FC) - San Mauro Mare, Litorale

Data: Dicembre 2018

Sondaggio n.:1

Campione n.: 1

Profondità mt.: - 1,00

Analisi granulometrica

Metodo della prova: setacciatura per via umida

Stato del campione: disturbato

Peso secco netto: 159,54 gr.

setacci A.S.T.M. n.	luce netta mm.	passante %
10	2.000	100.00
30	0.600	94.72
50	0.300	22.25
100	0.150	7.81
200	0.075	0.95

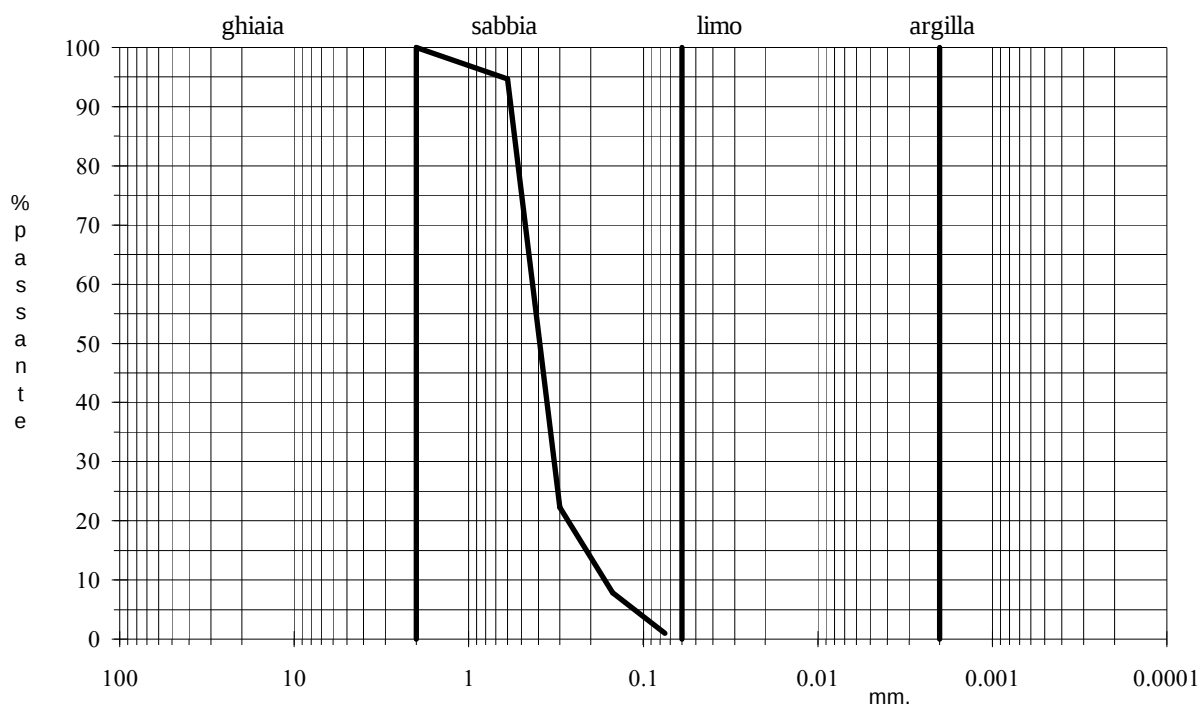
Descrizione
(Classificazione A.G.I.)Ghiaia
%Sabbia
%Limo e argilla
%

Sabbia

"

99

1



Cantiere: San Mauro Pascoli (FC) - San Mauro Mare, Litorale

Data: Dicembre 2018

Sondaggio n.:2

Campione n.: 1

Profondità mt.: - 1,00

Analisi granulometrica

Metodo della prova: setacciatura per via umida

Stato del campione: disturbato

Peso secco netto: 194,28 gr.

setacci A.S.T.M. n.	luce netta mm.	passante %
10	2.000	100.00
30	0.600	96.61
50	0.300	25.65
100	0.150	6.79
200	0.075	3.10

Descrizione
(Classificazione A.G.I.)Ghiaia
%Sabbia
%Limo e argilla
%

Sabbia

"

97

3

