

COMUNE DI RIMINI

PROVINCIA DI RIMINI

**REALIZZAZIONE DI UN PARCHEGGIO MULTIPIANO CON
ANNESSO EDIFICIO COMMERCIALE**

RELAZIONE GEOLOGICA

Località:

via Bramante - via Circonvallazione
Meridionale

Committente:

Silver Fox S.r.l.

I Professionisti:

"OPERA DELL'INGEGNO – RIPRODUZIONE VIETATA OGNI DIRITTO RISERVATO – ART.99 L. 633/41".

Data:

OTTOBRE 2017

Revisione

0

Riferimento:

17/rimini silver fox

Indice

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
3.1	<i>Aspetti geologici</i>	8
3.2	<i>Aspetti geomorfologici</i>	9
3.3	<i>Idrogeologia e Idrologia di superficie</i>	11
4	INDAGINI DI CAMPO	12
4.1	<i>Indagine geognostica</i>	12
4.2	<i>Indagine sismica</i>	13
5	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE, MODELLO GEOLOGICO	14
6	RISULTATI INDAGINE SISMICA.....	17
6.1	<i>Analisi dati</i>	17
6.2	<i>Modellazione</i>	17
6.3	<i>Determinazione VS₃₀</i>	18
7	PERICOLOSITÀ	19
8	SISMICITA'	21
9	SINTESI DELLO STUDIO GEOLOGICO	23

Allegati

1. Planimetria con ubicazione indagini di campo
2. Tabulati e diagrammi penetrometrici
3. Indagine sismica

1 PREMESSA

Il presente studio è stato eseguito su incarico della committenza al fine di definire la fattibilità geologica e il modello geologico che caratterizza il sottosuolo nell'area di superficie complessiva di 6648 mq di cui circa 4800 mq. di proprietà privata mentre la restante superficie di circa 1750 mq. di proprietà comunale, interessata dall'intervento di realizzazione di un edificio costituito da due corpi di fabbrica separati strutturalmente e definiti da caratteristiche architettoniche, strutturali e di destinazione completamente differenti.

Il progetto architettonico, redatto da REPLAN Professional Services di Pesaro e da ArchiNOW! Architecture Urbanism Landscape Design di Rimini, prevede la costruzione di un edificio destinato a parcheggi, composto da un piano completamente interrato che occupa una superficie complessiva di 3026 mq. e due piani superiori di 2320 mq. cadauno. Il secondo edificio, con destinazione commerciale, non avrà interrati e si svilupperà su un piano unico con superficie complessiva di 1700 mq. e altezza lorda di circa 5,5 ml.

Lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

- ricerca dei dati presenti nella letteratura scientifica riguardanti l'area in esame;
- esame delle cartografie tematiche e dei vincoli geologici;
- rilievo geologico e geomorfologico di un intorno significativo della zona di intervento;
- pianificazione e direzione lavori delle indagini geognostiche e sismiche;
- costruzione del modello geologico dell'area e valutazione della pericolosità sismica;
- confronto con il professionista responsabile della progettazione strutturale dell'intervento;
- stesura del report finale.



Figura 1.1: Planimetria Generale del Progetto preliminare.

Il presente elaborato è stato redatto in conformità con i seguenti documenti:

- D.M. 14/01/08: Testo Unico Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/08. Circolare 02/02/09.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale All.to al voto n.36 del 27/07/07.
- Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI) della Regione Emilia Romagna.
- P.R.G. e P.S.C.R. del Comune di Rimini.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito di indagine si trova nel centro abitato della città di Rimini, in corrispondenza della porzione meridionale del centro storico, tra via Bramante e via Circonvallazione Meridionale, ad una quota di ca 6 m s.l.m.m.

La zona è pianeggiante e densamente urbanizzata.

In particolare l'area di intervento è collocata in destra idrografica del Fiume Marecchia, che scorre a nord, a circa 1500 m e sulla destra idrografica del deviatore del Torrente Ausa a circa 1500 m da questo.

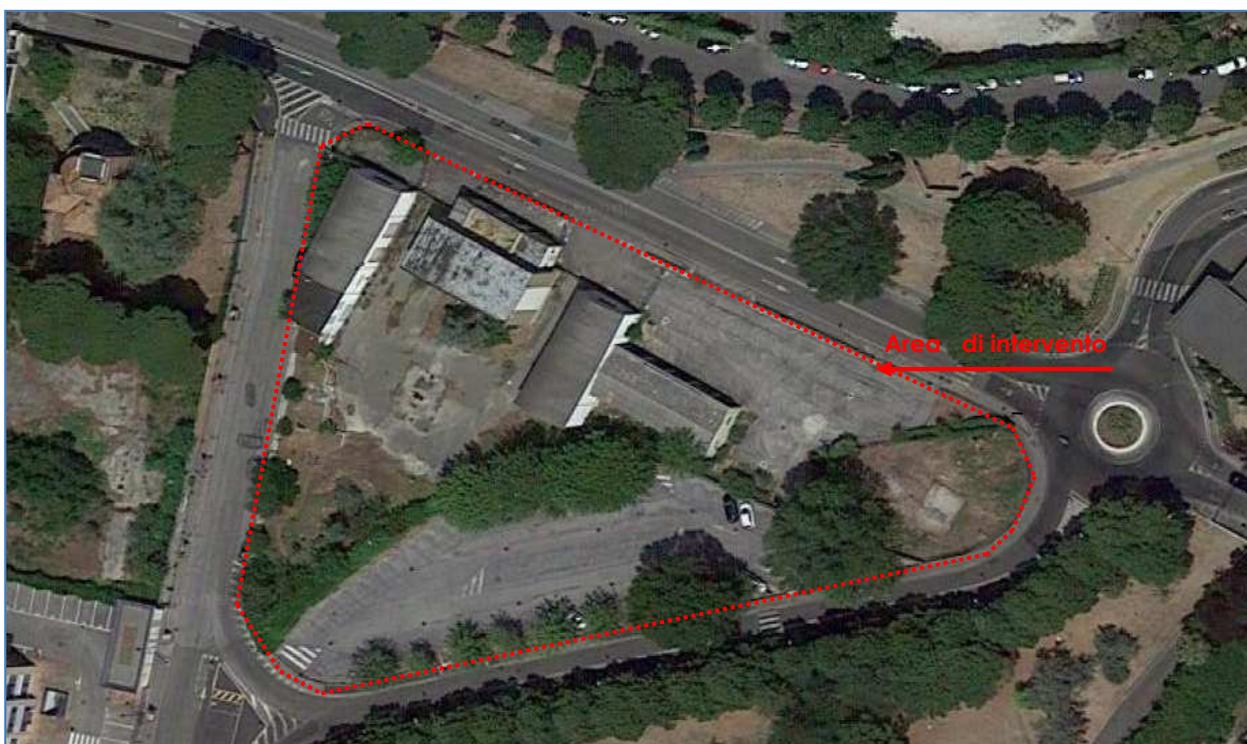


Figura 2.1: Immagine da Google maps 2017.

L'area di studio è compresa nell' Elemento 112 del Foglio 256 "RIMINI" della Carta Tecnica della Regione Emilia Romagna di cui nel seguito si riporta uno stralcio.

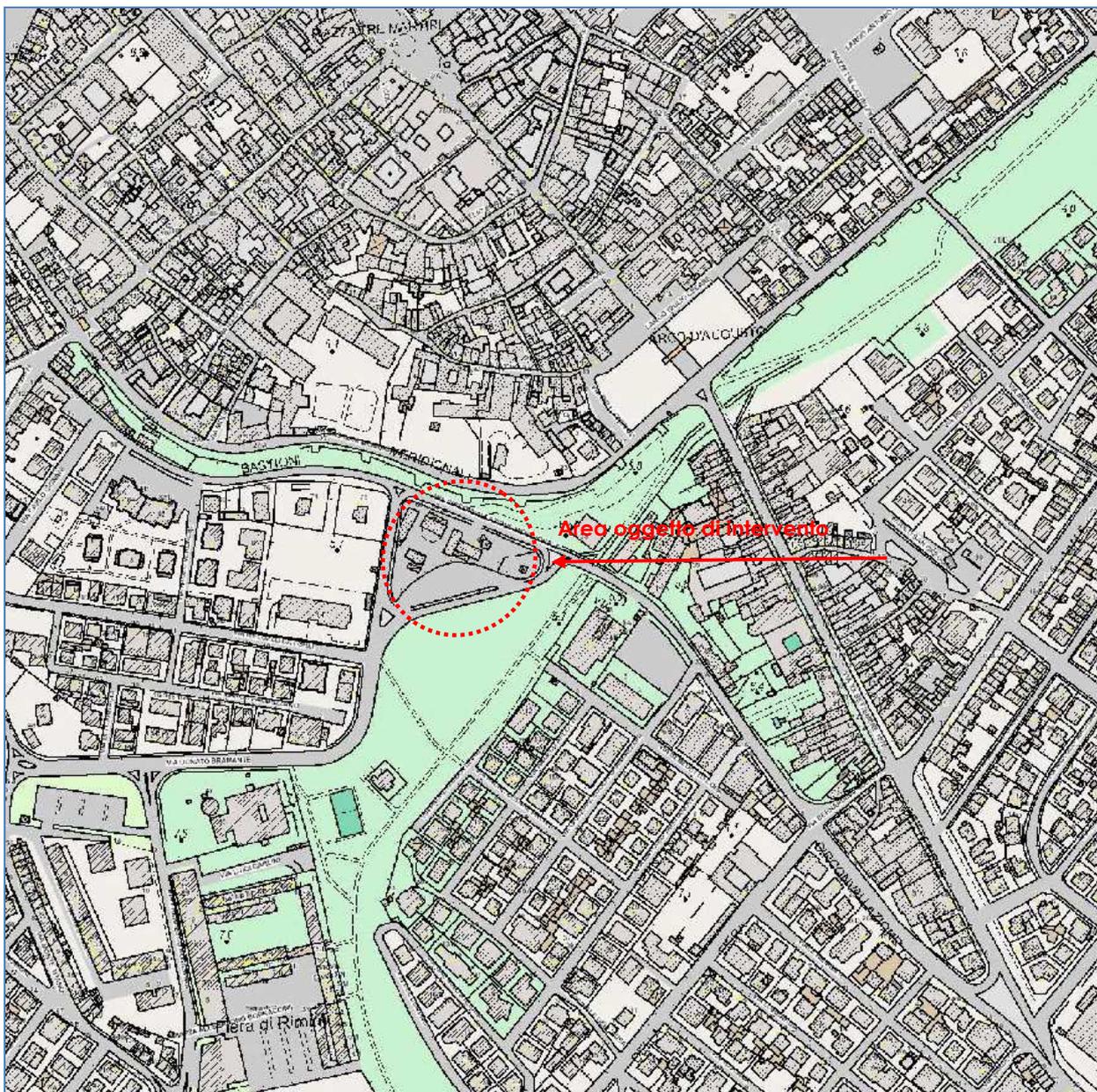


Figura 2.2: Estratto da Elemento 112 della Carta Tecnica Regionale (1:10.000) foglio 256.

Le coordinate del punto centrale dell'area di intervento nel sistema WGS84 risultano: lat. 44.055498° e long. 12.568754°.

Il Piano Regolatore Generale del comune di Rimini non indica vincoli di natura geologica per l'area in oggetto.

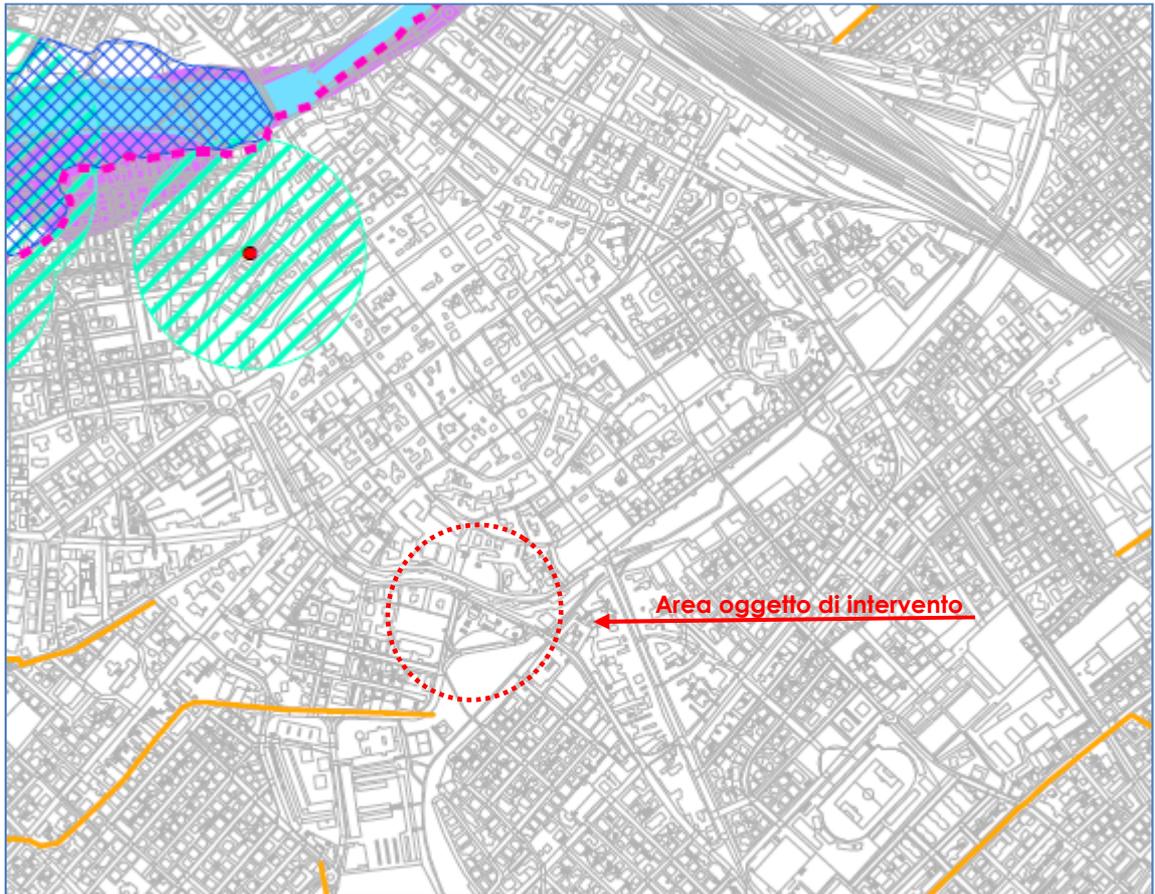


Figura 2.3: Piano strutturale comunale Tavola VIN 3° Tutele vulnerabilità e sicurezza territorio (1:10.000)

LEGENDA

..... Confine comunale

Ambiti a pericolosità idraulica

28 - Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua

29 - Reticolo idrografico minore

Scoli consorziali

30 - Scoli consorziali a cielo aperto

30 - Scoli consorziali tombinati

Aree esondabili

31 - Aree esondabili – tempi di ritorno fino a 200 anni

32 - Aree esondabili da verificare – tempi di ritorno fino a 50 anni

33 - Aree esondabili verificate – tempi di ritorno fino a 50 anni

34 - Aree esondabili – tempi di ritorno fino a 500 anni

Ambiti a pericolosità geomorfologica

44 - Zone instabili per fenomeni di dissesto attivi da verificare

44 - Zone instabili per fenomeni di dissesto attivi verificati

45 - Zone instabili per fenomeni di dissesto quiescenti da verificare

45 - Zone instabili per fenomeni di dissesto quiescenti verificati

46 - Depositi di versante da verificare

46 - Depositi di versante verificati

47 - Depositi eluvio-colluviali e antropici

48 - Aree potenzialmente instabili

49 - Calanchi

50 - Scarpate

Ambiti a vulnerabilità idrogeologica

35 - Aree di ricarica della falda idrogeologicamente connesse all'alveo (ARA)

36 - Aree di ricarica diretta della falda (ARD)

37 - Aree di ricarica indiretta della falda (ARI)

38 - Bacini imbriferi (BI)

Pozzi Romagna Acque

39 - Pozzi di acque ad uso idropotabile in servizio

39 - Pozzi di acque ad uso idropotabile fuori servizio

40 - Zone di salvaguardia delle opere di captazione di acque ad uso idropotabile in servizio

40 - Zone di salvaguardia delle opere di captazione di acque ad uso idropotabile fuori servizio

Acque minerali

41 - Punti captazione acque minerali

41 - Zone di salvaguardia delle acque minerali

Sorgenti

42 - Sorgenti

43 - Zone di salvaguardia delle sorgenti di collina

43 - Zone di salvaguardia delle sorgenti di pianura

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 Aspetti geologici

L'area oggetto di intervento è descritta nella CTR 256 ed è caratterizzata dalle alluvioni continentali terrazzate della pianura (Pleistocene-Attuale) costituite litologicamente, nel primo sottosuolo, da limi argillosi e argille limose con tipici caratteri deposizionali di piana inondabile; talora tali sedimenti sono alternati a sabbie limo-argillose che rappresentano episodi di rotta d'argine. Gli spessori maggiori del materasso alluvionale si hanno nella zona nord di Rimini (fino a 300 mt), mentre a sud dell'abitato il substrato si solleva bruscamente passando a spessori di poche decine di metri.

La successione stratigrafica del primo sottosuolo nel sito in studio appartiene al SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) che nella pianura è costituito da una successione di cicli trasgressivo-regressivi, formati da argille, limi, sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale e, limitatamente al settore costiero, da sabbie litorali, che è la seguente:

Subsistema di Ravenna (AES8)

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

Unità di Modena (AES8a)

Ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale, argine e piana inondabile; sabbie e ghiaie di cordone litorale e di barra di foce; argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Spessore massimo circa 200 m (sottosuolo della pianura).



Figura 3.1: Estratto da – Cartografia Geologica Regione Emilia Romagna Sezione 256 scala 1:10.000

LEGENDA

- AES8a** AES8a UNITA' DI MODENA. Ghiaie, sabbie, limi e argille di canale fluviale, argine e piana inondabile. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive e dal contatto delle tracimazioni fluviali su suolo non calcareo (o scarsamente calcareo) di epoca romana (o più antica) nelle aree di pianura. Età post-romana (IV-VI secolo d.C. – Attuale; datazione archeologica)
- AES8** AES8: SUBSISTEMA DI RAVENNA. Subsistema sommitale del Sistema Emiliano - Romagnolo Superiore. In affioramento: depositi fluviali intravallivi e di piana alluvionale di prodelta e transizione alla piattaforma. I depositi di piana alluvionale includono ghiaie di canale fluviale a geometria nastriforme. Pleistocene superiore - Olocene

3.2 Aspetti geomorfologici

L'aspetto morfologico dell'area è quello pianeggiante tipico delle pianure alluvionali, originato dalla sovrapposizione di depositi fluviali, conseguenza del trasporto e del deposito di sedimenti da parte del Fiume Marecchia. La piana alluvionale così generata si raccorda, attraverso pendenze lievi, alla fascia costiera, costituita da depositi in prevalenza marini o di transizione.

In particolare il lotto di interesse è posto sull'ampia piana (terrazzo alluvionale del IV° ordine) che rappresenta la parte distale meridionale della conoide alluvionale del Fiume Marecchia in corrispondenza di un asse di paleoalveo antico (Zaghini M. e Toni G., 1988 - Idrogeologia e Geotecnica del conoide del Fiume Marecchia) e alla quota altimetrica media di 6.0 ml s.l.m.

Data la morfologia subpianeggiante non si rinviene alcuna evidenza di fenomeni gravitativi.



Figura 3.2: Estratto da: Carta Inventario delle frane dell'Emilia Romagna – Rimini Tav. 1 Edizione 2017 scala 1:10.000

LEGENDA

Depositi alluvionali

-  b1 - Depositi alluvionali attualmente in evoluzione
-  bn - Depositi alluvionali attualmente non in evoluzione

3.3 Idrogeologia e Idrologia di superficie

Gli elementi idrografici principali sono il deviatore del Fiume Marecchia il cui alveo è posto 1500 mt a nord e il canale deviatore del Torrente Ausa che scorre circa 1500 mt di distanza ad ovest, che si immette nello stesso Fiume Marecchia.

La rete idrografica di superficie è stata sostituita dalle fognature cittadine che raccolgono l'acqua di precipitazione dalle strade e dalle proprietà private.

I piezometri installati all'interno dei fori di due prove penetrometriche effettuate per la campagna geognostica (ottobre 2017) ha permesso di monitorare il livello freatico che in loco si posiziona attorno ai 2.0 mt di profondità (oscillazioni contenute che seguono il normale andamento delle stagioni ed altre più pronunciate quando a lunghi periodi aridi si susseguono altri caratterizzati da intensa e prolungata piovosità). In sintesi da questi dati nonché in base alla raccolta di testimonianze storiche e alla conoscenza idrogeologica locale derivata da una serie di indagini effettuate sul territorio limitrofo si può ragionevolmente ipotizzare un innalzamento dell'acqua fino a ml -1.0 / -1.5 dal piano campagna in caso di precipitazioni intense e prolungate.

4 INDAGINI DI CAMPO

La campagna di indagini eseguita nell'area di intervento si è basata su terebrazioni geognostiche e prove geofisiche e ha permesso di analizzare le caratteristiche litologico-stratigrafiche e geomeccaniche del sottosuolo per la definizione del "modello geologico", esaminare il livello della falda idrica e stimare il profilo della velocità delle onde di taglio (V_s) necessario per attribuire la "categoria di sottosuolo" secondo le NTC08.

La ubicazione dei punti dell'indagine geognostica e della prova geofisica HVSR viene rappresentata nella planimetria allegata (allegato n. 1).

4.1 Indagine geognostica

La campagna geognostica è stata eseguita in data 23/10/2017 mediante l'ausilio di penetrometro statico "Pagani" Tg 63 (100 Kn) le cui caratteristiche sono riportate di seguito e nei relativi grafici e tabelle anlitiche in allegato n.2.

Mezzo di spinta:

Geometria punta (Begemann):

- Diametro di base del cono 35.7 mm
- Angolo di apertura del cono 60°
- Area di base del cono 10 cm²
- Area laterale del manicotto 150 cm².

I valori di resistenza all'avanzamento della punta e del manicotto, misurati su ogni tratto di 20 cm, vengono visualizzati su display e registrati manualmente.



Fig. 4.1 Mezzo con cui è stata realizzata la prova penetrometrica

Sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche statiche tipo CPT spinte fino alla profondità massima di 20 metri (prova n. 1) dal p.c.a.

Prova penetrometrica CPT	Profondità dal p.c. delle prove (m)
Prova CPT1	20.0
Prova CPT 2	10.0
Prova CPT 3	10.0

I fori delle prove P1 e P3 sono stati condizionati con micropiezometro a tubo aperto per il monitoraggio della falda.

4.2 Indagine sismica

Per caratterizzare il sito di intervento dal punto di vista sismico e attribuire al terreno di fondazione la categoria di sottosuolo così come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, è stata eseguita una prova sismica passiva a stazione singola (HVSR) della durata di 16 minuti.

La prova utilizza la tecnica a stazione singola H/V (rapporto tra le componenti orizzontali e verticali del moto); una tecnica di esplorazione del sottosuolo che consiste nel registrare il microtremore sismico ambientale in un punto di prova per alcuni minuti tramite strumenti (velocimetri) opportunamente sensibili e nel ricavare il rapporto tra le componenti orizzontali e verticali. È una tecnica di sismica passiva che sfrutta il microtremore ambientale (altrimenti detto rumore sismico) cioè l'insieme di tutte le oscillazioni con accelerazioni molto piccole (ca. 10-15 m/s²) presenti ovunque sulla superficie terrestre (dinamismo della Terra, fenomeni atmosferici, attività antropica).

La misura di microtremore ambientale è stata eseguita con un tromografo digitale (TROMINO, della Ditta Micromed S.p.A.). Lo strumento è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) che registrano lungo le direzioni N-S, E-W e verticale e i dati immagazzinati vengono elaborati dal software "Grilla".

Tromino di Micromed S.p.a. >>>



Fig. 4.2 Attrezzatura utilizzata per l'indagine sismica

In allegato n. 3 sono allegati i dati dell'indagine sismica.

5 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE, MODELLO GEOLOGICO

La campagna geognostica, eseguita nel sito interessato dal intervento in progetto, ha permesso di individuare e raggruppare i terreni costituenti il primo sottosuolo, sinteticamente, in n. 2 orizzonti litologici.

Per l'identificazione dei tipi litologici dei terreni oggetto di analisi ci si è avvalsi delle metodologie basate sui rapporti tra Q_c ed F_s (resistenza all'avanzamento del manicotto del penetrometro) e sui valori di resistenza all'avanzamento della punta (Q_c) del penetrometro statico. I dati così ottenuti sono stati inoltre confrontati con quelli in possesso ottenuti da esperienze dirette su terreni indagati in aree vicine permettendo di caratterizzare, entro un determinato range di variabilità, il comportamento geomeccanico dei terreni in esame.

ORIZZONTE A: Terreno vegetale di riporto

dal p.c. delle prove a -1.6 m (in cpt 1), -1.8 m (in cpt 2), - 2.0 m (in cpt 3).

Peso di volume $\gamma = 1.85 - 1.90 \text{ gr/cm}^3$

ORIZZONTE B: alluvioni fini

dal p.c. delle prove a -1.6 m (in CPT1), -1.8 m (in CPT 2), - 2.0 m (in CPT 3) a fine prove (10 m in CPT2 e 3, 20 m in CPT1).

Depositi alluvionali; i valori di resistenza all'avanzamento della punta del penetrometro (Q_c) e quelli della resistenza all'avanzamento del manicotto (f_s) permettono le seguenti considerazioni:

- i valori di Q_c indicano la presenza di litotipi poco consistenti fino a circa 6 m di profondità (valori di Q_c anche minori di 10 kg/cm^2) e mediamente consistenti inferiormente (valori di Q_c quasi sempre superiori a 20 kg/cm^2);
- il confronto nella tre prove eseguite dei valori del rapporto tra Q_c e f_s indicano che la litologia del terreno è abbastanza omogenea ed è costituita principalmente da limo-argilloso con livelletti a contenuto limoso-sabbiosi più abbondanti nel tratto compreso tra circa 6.5 m e circa 9 m di profondità.

Peso dell'unità di volume $\gamma = 1.95 - 2.05 \text{ gr/cm}^3$

Coesione non drenata $C_u = 0.3 - 1.2 \text{ Kg/cm}^2$

Coesione $c' = 0.01 - 0.03 \text{ Kg/cm}^2$

Angolo di attrito $\phi = 18 - 22^\circ$

Modulo di deformazione $E_{ed} = 30 - 100 \text{ Kg/cm}^2$

Le tre prove eseguite hanno registrato nei primi dieci metri di profondità valori ben confrontabili evidenziando una buona omogeneità litologica areale.

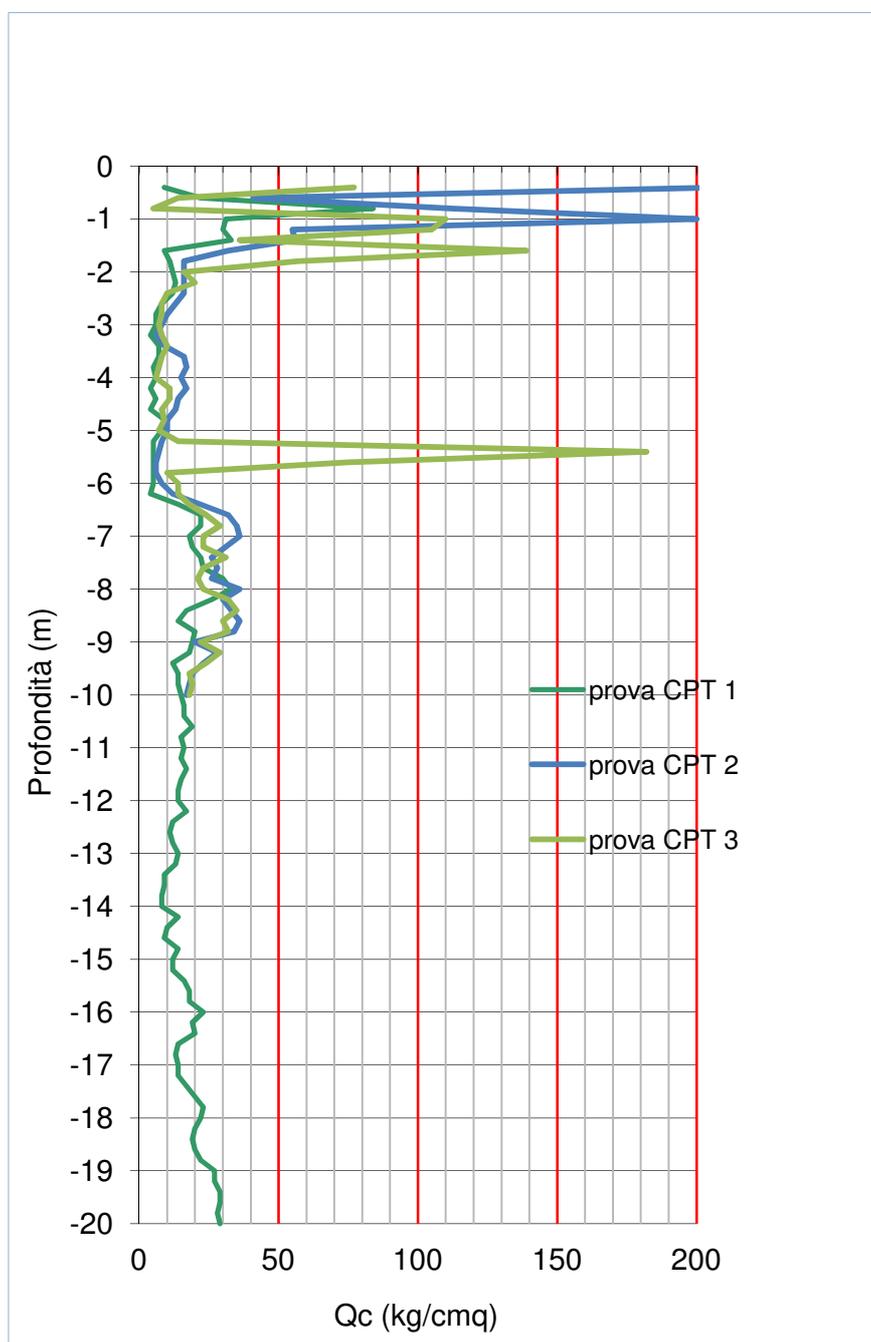


Fig. 5.1 – Confronto tra i valori di resistenza alla punta delle prove

La prova CPT n. 1 presenta in superficie, fino a circa 6 metri di profondità valori di resistenza alla punta minori rispetto alle altre prove eseguite.

Per ricavare la resistenza non drenata (C_u) è stata pertanto elaborata tale prova ottenendo una stima dei valori di C_u variabili da 0.3 a 1.2 kg/cm².

La formula di Balig permette una correlazione tra i valori di resistenza all'avanzamento della punta (Q_c) del penetrometro e la resistenza non drenata $C_u = \frac{(Q_c - \sigma')}{N_k}$

dove:

N_k generalmente variabile tra 15 e 30.

σ' = tensione geostatica efficace

Nel grafico seguente si rappresenta l'andamento della resistenza non drenata ottenuta dalla prova statica CPT 1 (con N_k pari a 18).

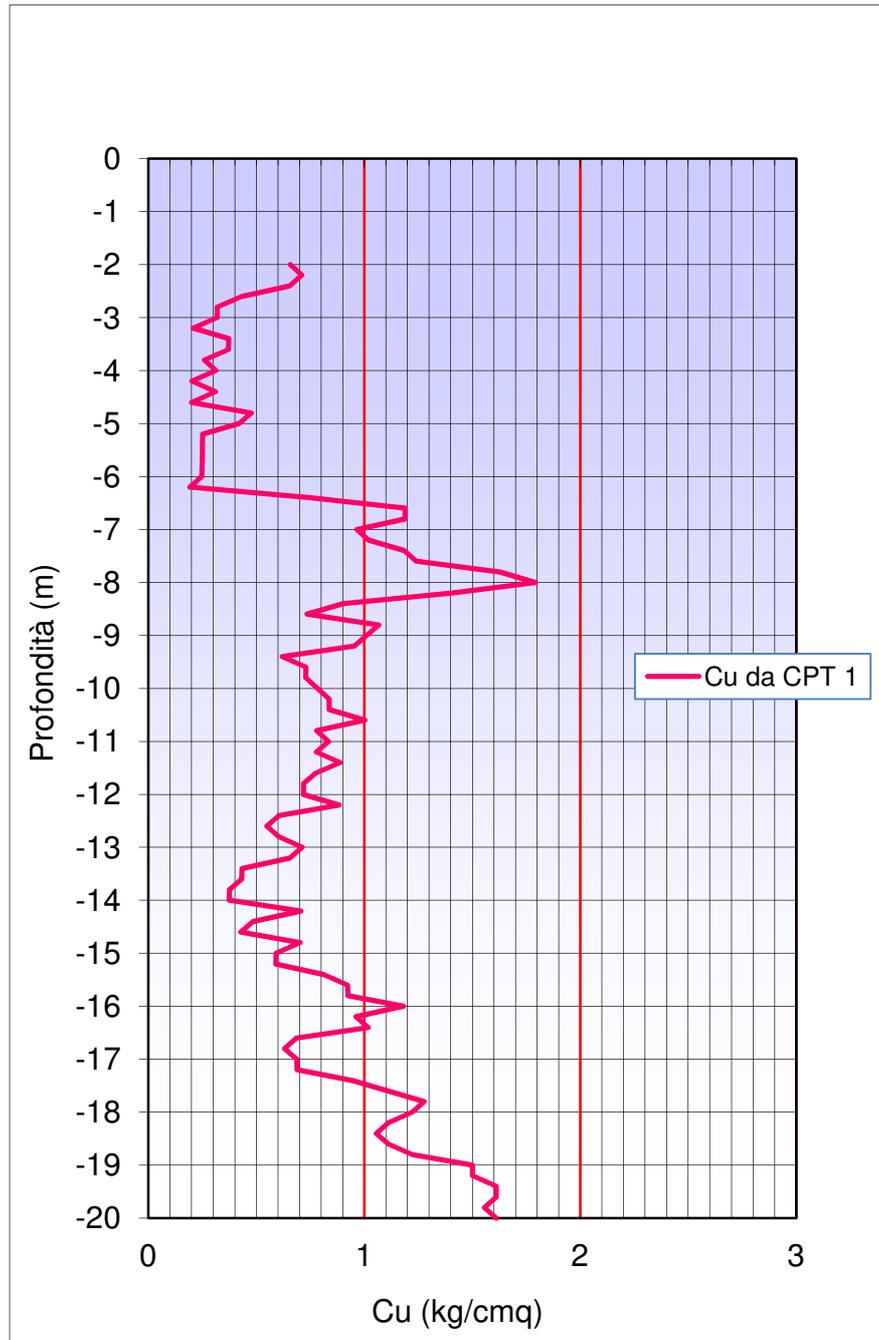


Fig. 5.2 - valori della resistenza non drenata

6 RISULTATI INDAGINE SISMICA

6.1 Analisi dati

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale, eseguita con lo strumento, è stata ricavata la curva H/V e le relative curve degli spettri raffiguranti le componenti N-S, E-O e Up-Down riportate sotto.

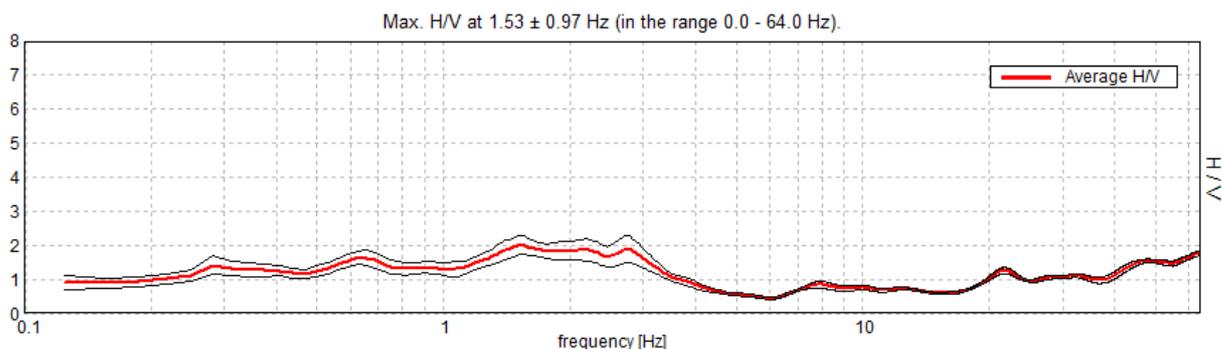


Fig. 6.1 Curva HV ottenuta dalla prova geofisica a stazione singola eseguita nel sito

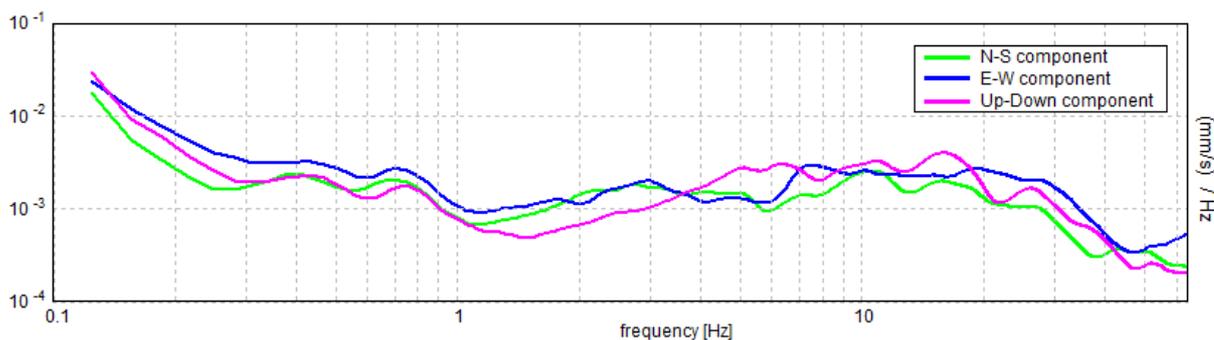


Fig. 6.2 Curve delle componenti Up-down, N-S e E-O ottenute dalla prova geofisica a stazione singola eseguita nel sito

6.2 Modellazione

Per l'interpretazione sismica del sito si è partiti dalla curva H/V, dalla conoscenza stratigrafica derivata dall'indagine geognostica puntuale e dai dati della letteratura scientifica.

Utilizzando la formula $F_r = V_s/4H$ che permette di ottenere una relazione tra frequenza di risonanza del terreno (F_r – ricavata dalla curva H/V), profondità (H – spessore dello strato superiore tra i due che generano il picco di risonanza) e velocità delle onde di taglio (V_s) è possibile creare un modello di sintesi (processo chiamato inversione della curva H/V, che contempla la propagazione delle onde di Rayleigh e di Love nel modo fondamentale e superiore dei sistemi multistrato) la cui curva nel grafico H/V (generata dal software “Grilla”) si avvicina alla curva sperimentale.

La figura seguente riporta il confronto tra il grafico H/V ottenuto dalla prova sismica (traccia rossa) con la curva "ricostruita" (traccia blu) mediante il processo della inversione.

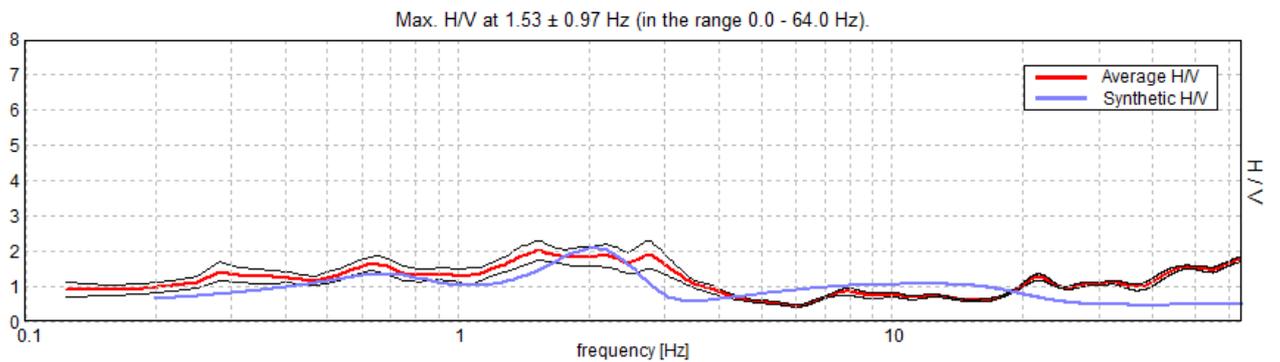


Fig. 6.3 – in blu la curva ottenuta dalla modellazione a confronto con quella registrata dalla strumento

La "stratigrafia sismica" che ha consentito di giungere a tale curva (traccia blu) viene rappresentata di seguito:

Spessore [m]	Vs [m/s]	Coefficiente di Poisson
1.0	95	0.35
1.0	125	0.30
4.0	175	0.35
20.0	210	0.40
115.0	400	0.35
5.0	500	0.35
5.0	600	0.35
10.0	550	0.35
inf.	600	0.35

6.3 Determinazione VS30

Attraverso l'indagine sismica, ai sensi delle "Norme Tecniche per le costruzioni" (2008), è stata determinata la velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno con la seguente formula:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}.$$

che risulta: **V_{S30}=205 m/sec** .

7 PERICOLOSITÀ

L'area dove sarà realizzata l'opera in progetto non ricade tra quelle a rischio perimetrate dal Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Emilia Romagna.

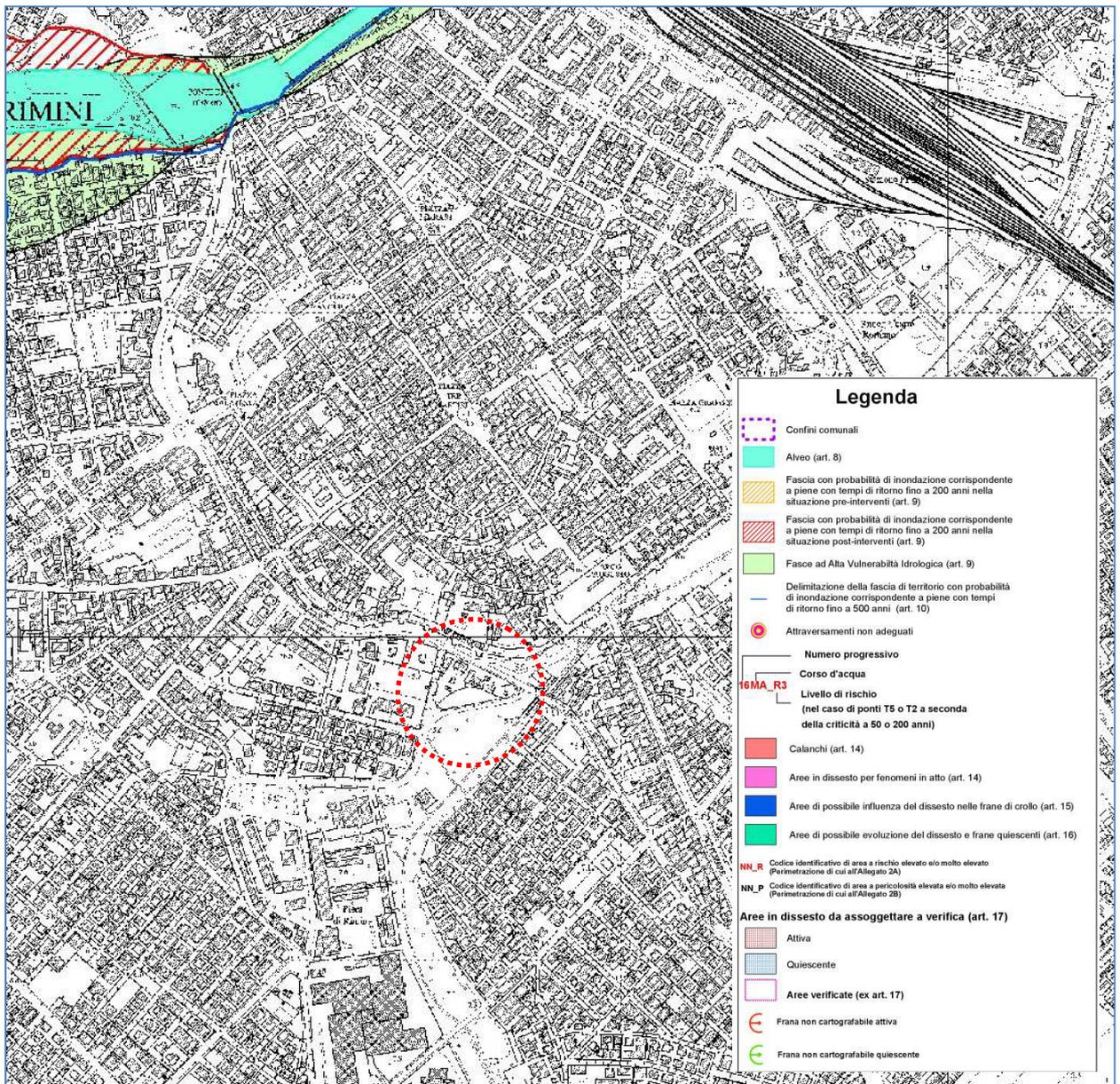


Figura 7.1: Estratto da: Carta del Rischio Idrogeologico (P.A.I.) - Tav. Rimini 1 scala 1:10.000 Autorità interregionale di bacino Marecchia-Conca

I litotipi costituenti la successione stratigrafica del primo sottosuolo, fino a 20 metri di profondità, sono di origine alluvionale a contenuto limo - argilloso; la litologia

prevalentemente coesiva del terreno consente di escludere il fenomeno della liquefazione in caso di sisma.

Il progetto ITHACA, sviluppato dal Servizio Geologico di Stato – ISPRA, riporta la posizione di tutte le faglie attive in grado cioè di produrre movimenti in superficie (faglie "capaci"); la figura seguente rappresenta la traccia di quelle più prossime alla zona d'intervento. Come si vede non esistono problematiche note riguardo al fenomeno di rottura superficiale dovuta a faglia essendo la faglia più vicina a circa più di un 500 km in direzione NE.

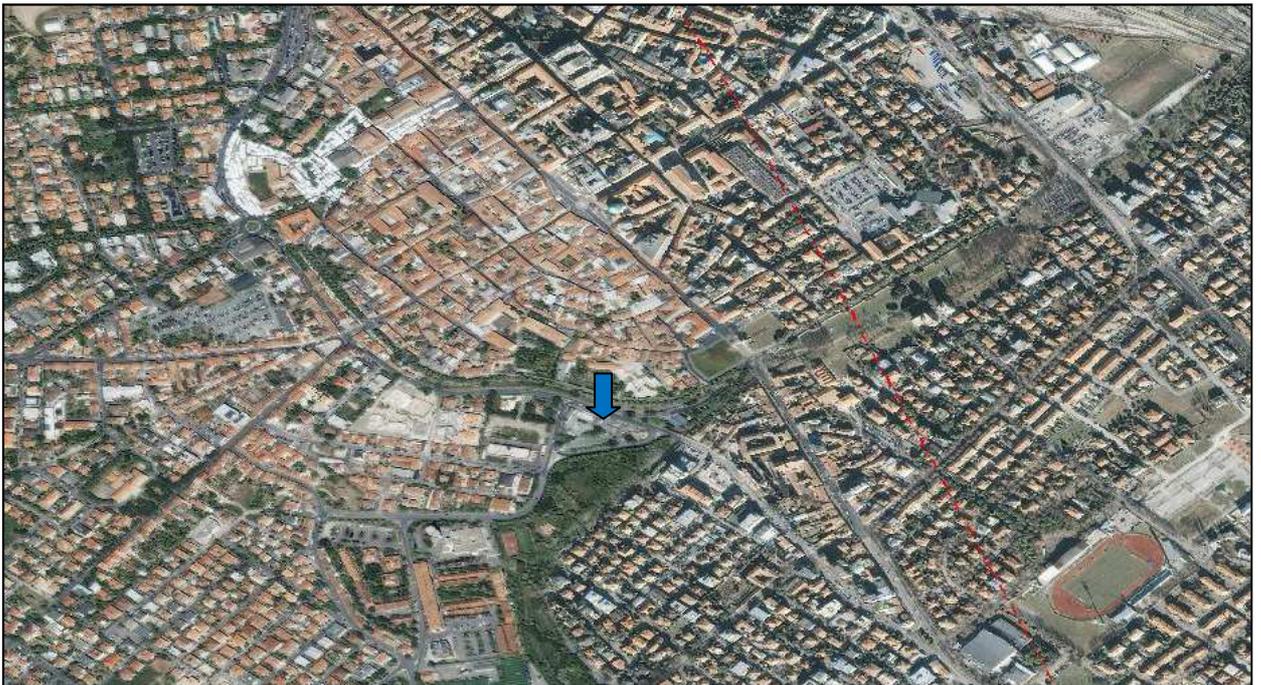


Fig. 7.2 – Faglie capaci da progetto ITHACA (in rosso), in blu la zona d'intervento.

8. SISMICITA'

L'area in esame è posta in Comune di RIMINI, che agli effetti della più recente normativa è classificata come area sismica di II^a categoria ($S = 9$, grado di sismicità).

Con l'entrata in vigore del D.M.14/01/09 la stima della pericolosità sismica viene definita attraverso un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente", l'azione di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di intervento che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Le NTC 08 contengono i valori di a_g (accelerazione orizzontale massima al sito), F_0 (valore max del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T^*c (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) per 10751 punti della superficie d'Italia che rappresentano il reticolo di riferimento.

La definizione della pericolosità sismica di base per il sito in oggetto è stata fatta mediante interpolazione dei punti del reticolo di riferimento considerando i seguenti aspetti:

1. coordinate geografiche (WGS84): lat. 44.055498° e long. 12.568754°.
2. l'intervento previsto è considerato in Classe III: "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso".
3. La *vita nominale* considerata è di 75 anni.

Per definire "l'azione sismica di progetto" è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che, nell'approccio semplificato (3.2.2. NTC 08), si basa sulla individuazione della categoria di sottosuolo e della condizioni topografiche a cui appartiene il sito di progetto.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

La Categoria topografica per sito in esame è T1.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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 $i > 30^\circ$

Sulla base delle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero è possibile ricavare i seguenti dati:

Stato Limite	Tr (anni)	Ag (g)	Fo	Tc' (s)
Operatività (SLO)	45	0,061	2,501	0,276
Danno (SLD)	75	0,078	2,529	0,281
Salvaguardia Vita (SLV)	712	0,212	2,507	0,304
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,277	2,503	0,316

Coefficienti sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,38	1,28
Cc Coeff. funz. Categoria	1,61	1,60	1,56	1,54
St Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
kh	0,018	0,024	0,082	0,099
kv	0,009	0,012	0,041	0,050
Amax m/sec²	0,900	1,154	2,876	3,473
Beta	0,200	0,200	0,280	0,280

9 SINTESI DELLO STUDIO GEOLOGICO

In base ai dati ottenuti dalle indagini e dai rilievi condotti, il sito in esame risulta idoneo alla realizzazione di quanto previsto in progetto.

Di seguito si sintetizzano le caratteristiche del sito.

Geologia:

L'area di intervento ricade nella zona costituita essenzialmente da litologie competenti ad aree di pianura costituite da depositi alluvionali fini di tipo limo argilloso e limo sabbioso costituenti la geometria del conoide del Fiume Marecchia, le cui alternanze deposizionali sono dettate quasi esclusivamente dal variare del regime idraulico del fiume stesso. Il tipo litologico dominante in tutta l'area, riscontrato nelle prove CPT eseguite è quello limo-argilloso con sparsi livelletti di sabbia e sabbia limosa. Le prove eseguite hanno consentito di evidenziare nei primi dieci metri di sottosuolo una buona omogeneità litologica areale e di rilevare nei primi sei metri un livello di litotipi poco consistente.

La litostratigrafia del sottosuolo nell'area di intervento è descritta al par. 5 dove sono indicati anche i range dei principali parametri geomeccanici del terreno.

Morfologia:

L'area ricade nel centro urbano di Rimini in una zona densamente edificata. L'aspetto morfologico dell'area è quello pianeggiante tipico delle pianure alluvionali, originato dalla sovrapposizione di depositi fluviali, conseguenza del trasporto e del deposito di sedimenti da parte del Fiume Marecchia.

Idrologia:

attualmente nel sito di intervento non vi evidenziano problematiche relative alle acque di scorrimento. Le acque corrive afferiscono al sistema fognario urbano.

L'area non ricade nel perimetro delle aree a rischio indicate dal Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Emilia Romagna.

Idrogeologia:

i piezometri installati nei fori delle prove penetrometriche hanno evidenziato una falda idrica il cui livello si attesta a 2 m di profondità dal piano campagna attuale (lettura ottobre 2017).

Risposta sismica locale:

Le verifiche sismiche (NTC 08) dovranno essere eseguite considerando la categoria di sottosuolo "C".

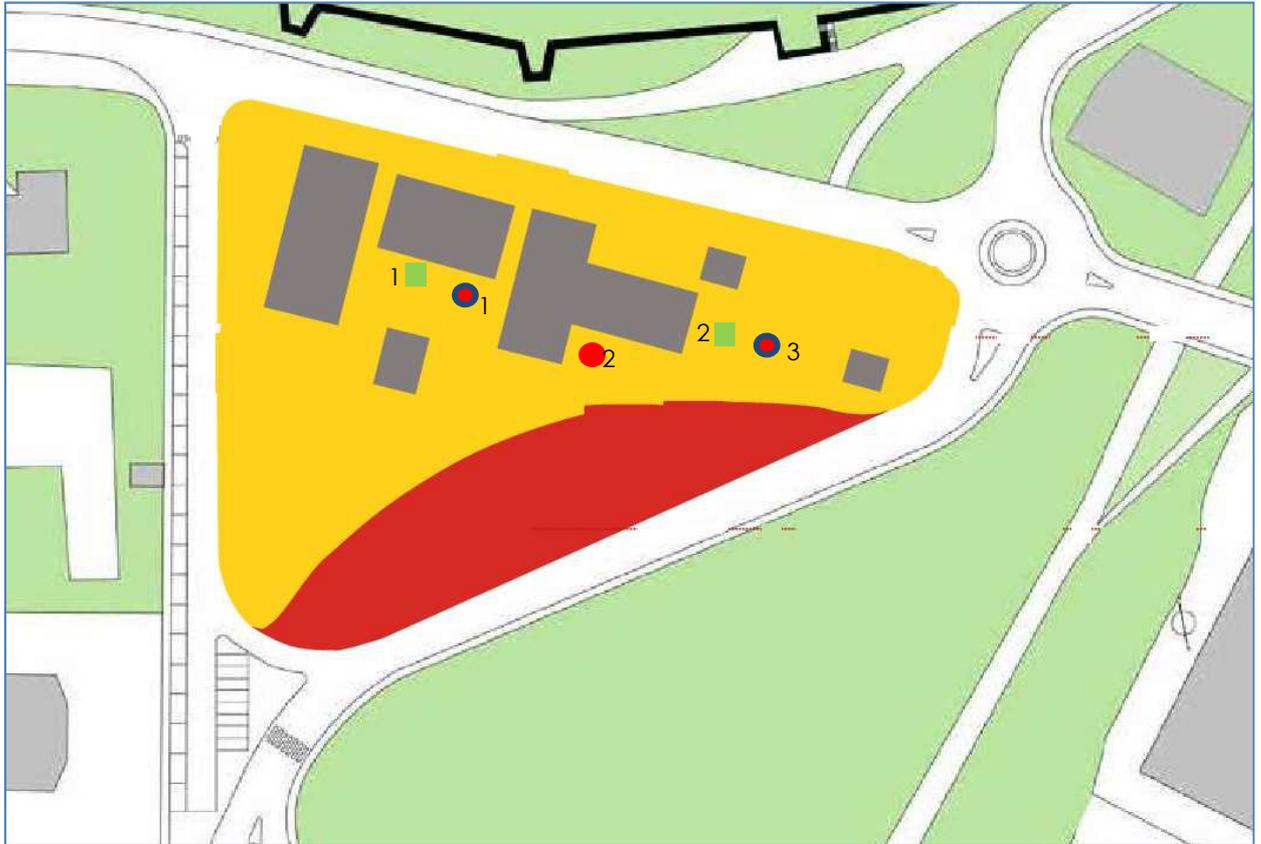
Le indagini eseguite hanno consentito di individuare il modello geologico e sismico per l'area in oggetto. La elaborazione dei dati ha consentito inoltre una caratterizzazione geomeccanica degli orizzonti litologici che costituiscono il sottosuolo nell'area di intervento che può essere considerata di orientamento per lo strutturista che eseguirà le verifiche geotecniche il quale dovrà stabilire la necessità di una eventuale integrazione e indicare la tipologia delle ulteriori indagini e prove da eseguire.

Questo Studio è a disposizione per eventuali chiarimenti e approfondimenti

ALLEGATI

- 1. Planimetria con ubicazione indagini di campo**
- 2. Tabulati e diagrammi penetrometrici**
- 3. Indagine sismica**

1 Planimetria con ubicazione indagini di campo



- Prova Penetrometrica statica CPT
- Micropiezometro a tubo aperto
- Prova Sismica HVSR

2. Tabulati e diagrammi penetrometrici

3. Indagine sismica

RIMINI, CPT1 SILVER FOX

Instrument: TEP-0038/01-09

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 31/10/17 12:14:09 End recording: 31/10/17 12:30:10

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

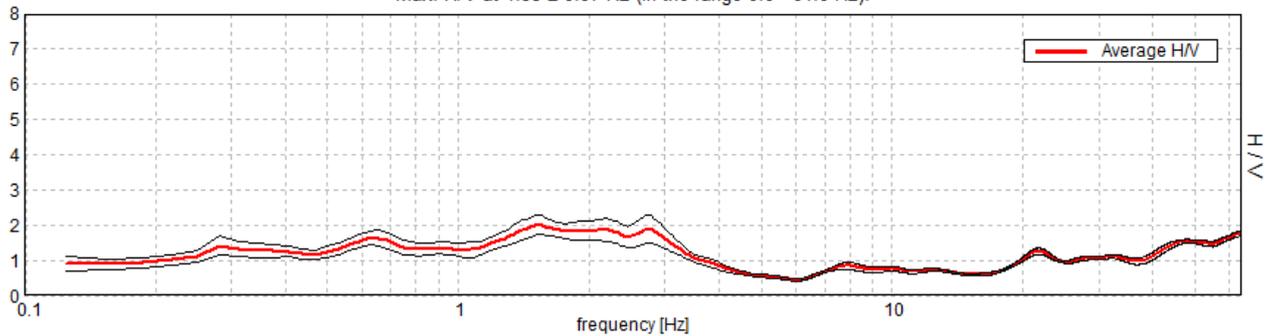
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

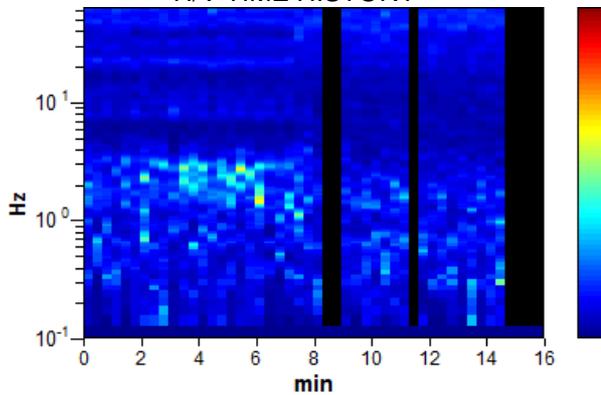
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

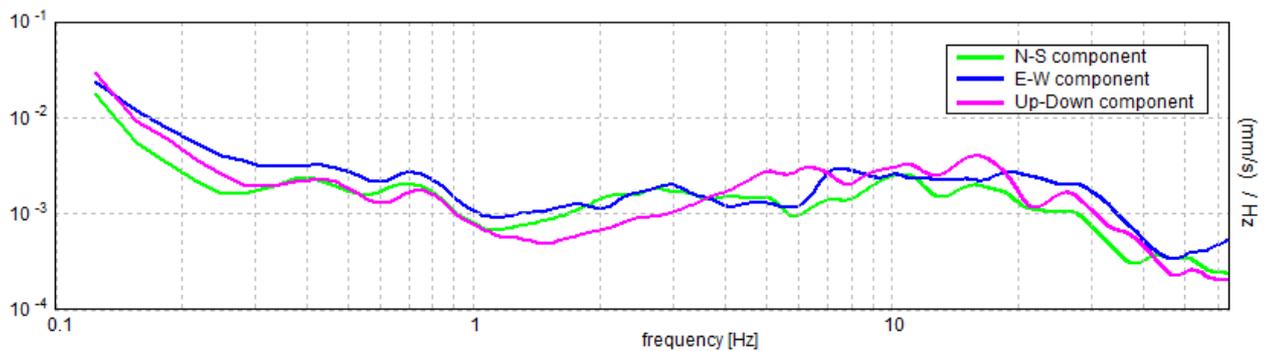
Max. H/V at 1.53 ± 0.97 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



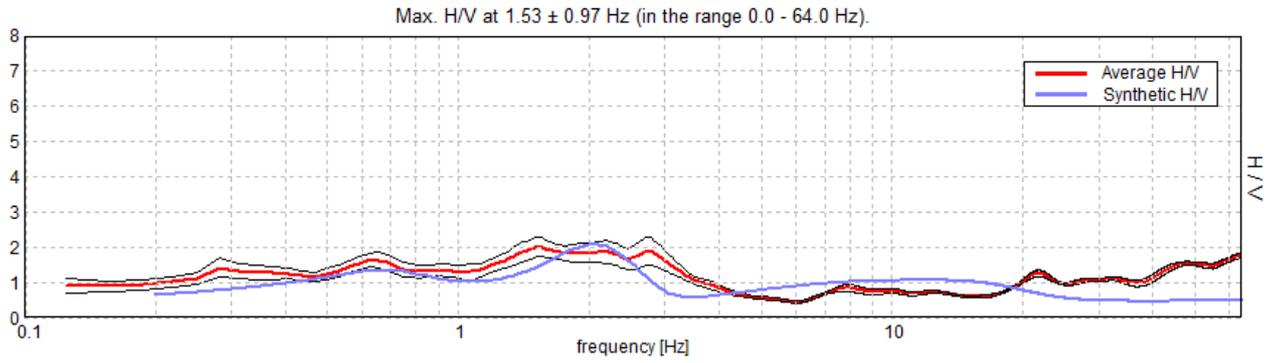
H/V TIME HISTORY



SINGLE COMPONENT SPECTRA

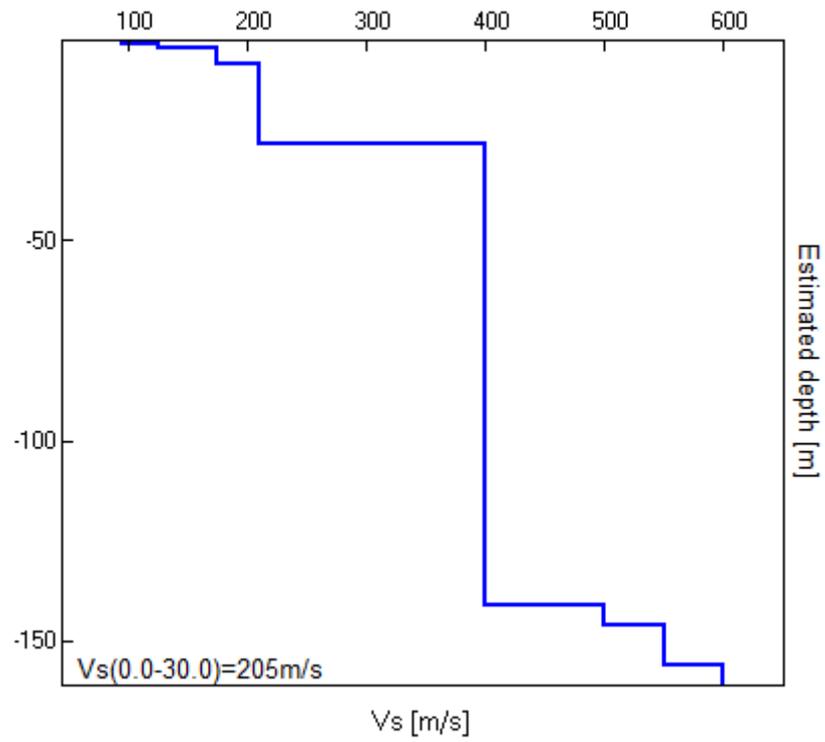


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	95	0.35
2.00	1.00	125	0.30
6.00	4.00	175	0.35
26.00	20.00	210	0.40
141.00	115.00	400	0.35
146.00	5.00	500	0.35
156.00	10.00	550	0.35
inf.	inf.	600	0.35

$V_s(0.0-30.0)=205\text{m/s}$



[According to the SESAME, 2005 guidelines.]

Max. H/V at 1.53 ± 0.97 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1255.6 > 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 74 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.02 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.63337 < 0.05$	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.96984 < 0.15313	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2838 < 1.78	OK	

1.

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

2.

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