

Comune di Pesaro

PROVINCIA DI PESARO E URBINO

REALIZZAZIONE DI PIANO ATTUATIVO PPA 2006-2010 DEL COMUNE DI PESARO LOC. SANTA MARIA DELL'ARZILLA (SCHEDA 0.067).

Ubicazione:

Santa Maria Dell'Arzilla

Dati Catastali:

Committente:

CIAVARINI ALBA MARIA E FIGLI
CECCHI PAOLINA
VITALI AMEDEO

Professionisti:

Dott. Geol. Matteo Darderì
Dott. Geol. Patrizia Rondoni

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA INTEGRAZIONE (richiesta R.M. del 11/07/2018)

Data	Commessa	Rev.	Rif.
08/05/2019	2016	01	Pesaro/santamaria arzilla

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

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: piano attuativo 0.067		Data		Pagina 2 / 4
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica-Sismica	08.05.2019		
	INTEGRAZIONE		Rev.	01	

PREMESSA

La presente nota integra la relazione geologica e sismica redatta sempre da questo Studio di Geologia e datata ottobre 2016; essa fa seguito alla richiesta dell'Ufficio "Servizio Tutela Gestione e Assetto del Territorio della Regione Marche" riguardante considerazioni sull'azione sismica.

Nel merito si tratta di *"adeguare la relazione geologica e sismica prodotta alle nuove NTC2018, giustificando in particolare la possibilità, in base alla norma, di utilizzare la procedura semplificata per la determinazione della V_{seq} o altrimenti procedere con la determinazione della risposta sismica locale"*.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: piano attuativo 0.067		Data		Pagina 3 / 4
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica-Sismica	08.05.2019		
	INTEGRAZIONE		Rev.	01	

AZIONE SISMICA

Il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.42 del 20.2.2018 indica che le azioni sismiche di progetto possono essere calcolate tramite un approccio semplificato (invece di ricorrere allo studio di risposta sismico locale) che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

La norma prevede che i valori di V_s siano ricavati da specifiche prove o desunti da correlazioni empiriche, di comprovata affidabilità, con i risultati di prove in sito quali ad esempio le prove penetrometriche (statiche e dinamiche) e richiede la determinazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_{seq}) secondo la seguente formula:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Con:

h_i spessore dell'iesimo strato

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'iesimo strato

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s, se più profondo si pone 30 nella formula

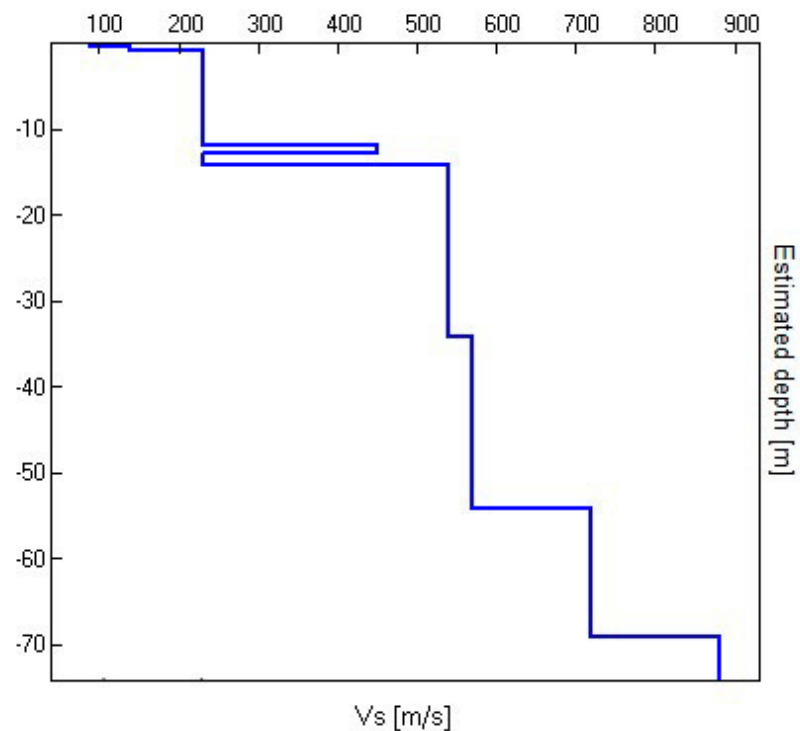
Una volta determinata la V_{seq} se il sottosuolo è ascrivibile ad una delle categorie indicate nella tabella 3.2.II, riportata di seguito, è possibile utilizzare l'approccio semplificato per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi 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.

Studio di Geologia Rondoni & Darderi Associati	Lavoro: piano attuativo 0.067		Data		Pagina 4 / 4
	Identificazione documento	Oggetto: Relazione Geologica-Sismica	08.05.2019		
	INTEGRAZIONE		Rev.	01	

Nel sito di progetto è stata eseguita una prova geofisica passiva a stazione singola (HVSR) i cui esiti sono contenuti nella relazione geologica e sismica già consegnata. Tale prova ha permesso di ottenere la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità che è riassunta nella figura seguente.



La velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è pari a 324 m/sec; poiché non è presente fino a 30 m di profondità un orizzonte classificabile come substrato sismico (con $V_s > 800$ m/sec) e le caratteristiche meccaniche dei terreni migliorano con la profondità, **il sottosuolo è attribuibile alla categoria C e vi sono le condizioni per utilizzare l'approccio semplificato nella determinazione delle azioni sismiche di progetto.**

COMUNE DI PESARO

Area Dinamiche Urbane
SERVIZIO EDILIZIA PRIVATA

REALIZZAZIONE DEL PIANO ATTUATIVO PPA 2006 - 2010 DEL COMUNE DI PESARO, LOC. SANTA MARIA DELL' ARZILLA - (scheda 0.067)

RIF. CATASTALI: SEZIONE DI CANDELARA Foglio 15 Mapp. n. 6 - 8 - 129 - 159 - 161 - 162 - 308 - 309

DITTE	CIAVARINI ALBA MARIA Via Santa Maria dell' Arzilla, 4461122 Pesaro (PU)	CECCHI PAOLINA Via Santa Maria dell' Arzilla, 10 61122 Pesaro (PU)	VITALI AMEDEO Via Angelo Recchi, 32 61122 Pesaro (PU)
			
I TECNICI	ING. MARCO ROSSI presso STUDIO INCO Via Picciola, 3 - 61121 Pesaro (PU) tel.0721.67035 e-mail studioinco@tin.it	ARCH. ANDREA BRAGAGNA presso STUDIO ASS.TO ARKA34 Via F. Mengaroni,34 - 61121 Pesaro (PU) tel.0721.32816 e-mail studioarka34@virgilio.it	ARCH. DANIELA PULIN presso STUDIO ASS.TO ARKA34 Via F. Mengaroni,34 - 61121 Pesaro (PU) tel.0721.32816 e-mail studioarka34@virgilio.it
			

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA

R05

RELAZIONE NUMERO

COMUNE DI PESARO
PROVINCIA DI PESARO E URBINO

Lavoro:

**REALIZZAZIONE DI PIANO ATTUATIVO PPA 2006-2010 DEL
COMUNE DI PESARO LOC. SANTA MARIA DELL'ARZILLA
(SCHEDA 0.067)**

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Località:

Santa Maria dell'Arzilla

Committente:

**Ciavarini Alba Maria e Figli
Cecchi Paolina
Vitali Amedeo**

Timbro e Firma:

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

Data:

Ottobre 2016

Elaborato:

relazione geologica

Riferimento:

16/pesaro santa maria arzilla piano

**REALIZZAZIONE DI PIANO ATTUATIVO PPA 2006-2010 DEL COMUNE DI
PESARO LOC. SANTA MARIA DELL'ARZILLA
(SCHEDA 0.067)**

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

INDICE

1. PREMESSA	1
2. UBICAZIONE DELL'AREA	2
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
4. ASPETTI METEO-CLIMATICI	5
5. INDAGINI DI CAMPO	8
5.1 Indagine geognostica	8
5.2 Indagine sismica	9
6. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO	11
7. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA	12
7.1 Analisi dati	12
7.2 Interpretazione	12
7.3 Determinazione VS ₃₀	14
8. RISCHIO SISMICO	15
8.1 Pericolosità sismica di base	16
8.2 Pericolosità sismica locale	16
9. VERIFICHE DI STABILITÀ	18
9.1 Premessa	18
9.2 Metodologia di verifica	18
9.3 Risultati delle verifiche di stabilità	21
9. PERICOLOSITA' GEOLOGICA	23
10. SINTESI DELLO STUDIO GEOLOGICO	24

1. PREMESSA

Su incarico affidato agli scriventi dalla Committenza, si redige la presente relazione al fine di verificare la compatibilità di quanto previsto con dal "Piano attuativo PPA 2006-2010 scheda 0.067)", con le condizioni litologiche, geomorfologiche, idrologiche, idrogeologiche e sismiche, in adempimento a quanto previsto dalle seguenti normative e documenti:

- **Decreto Ministeriale 14/01/2008** (nuove Norme Tecniche per le costruzioni) e **circ. LL.PP. n. 617 del 2/2/09**.
- **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.
- **N.T.A. P.A.I.** (Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale della Regione Marche approvato con delibera di Consiglio Regionale delle Marche n° 116 del 21/01/2004).
- **P.R.G.** del Comune di Pesaro.

Il progetto in questione, redatto dagli Studi Arka 34 e Inco di Pesaro, prevede la nuova edificazione in 6 lotti il cui terreno attualmente è parte incolto parte coltivato e libero da manufatti e fabbricati. L'intervento interesserà una superficie totale pari a 14733 m².

Per tale studio sono stati eseguiti un rilevamento geologico del territorio d'interesse, avvalendosi anche dell'esame foto-geologico e una campagna di indagini geognostiche e geofisiche.

Le analisi e i rilievi condotti, che vengono dettagliate nei paragrafi successivi, in particolare hanno riguardato:

- la consultazione della letteratura specialistica;
- l'inquadramento geologico – strutturale;
- le condizioni morfologiche - geomorfologiche;
- la situazione idrologica - idrogeologica;
- la componente litologica del sottosuolo;
- la caratterizzazione sismica del terreno.

Lo studio è corredato dei seguenti elaborati:

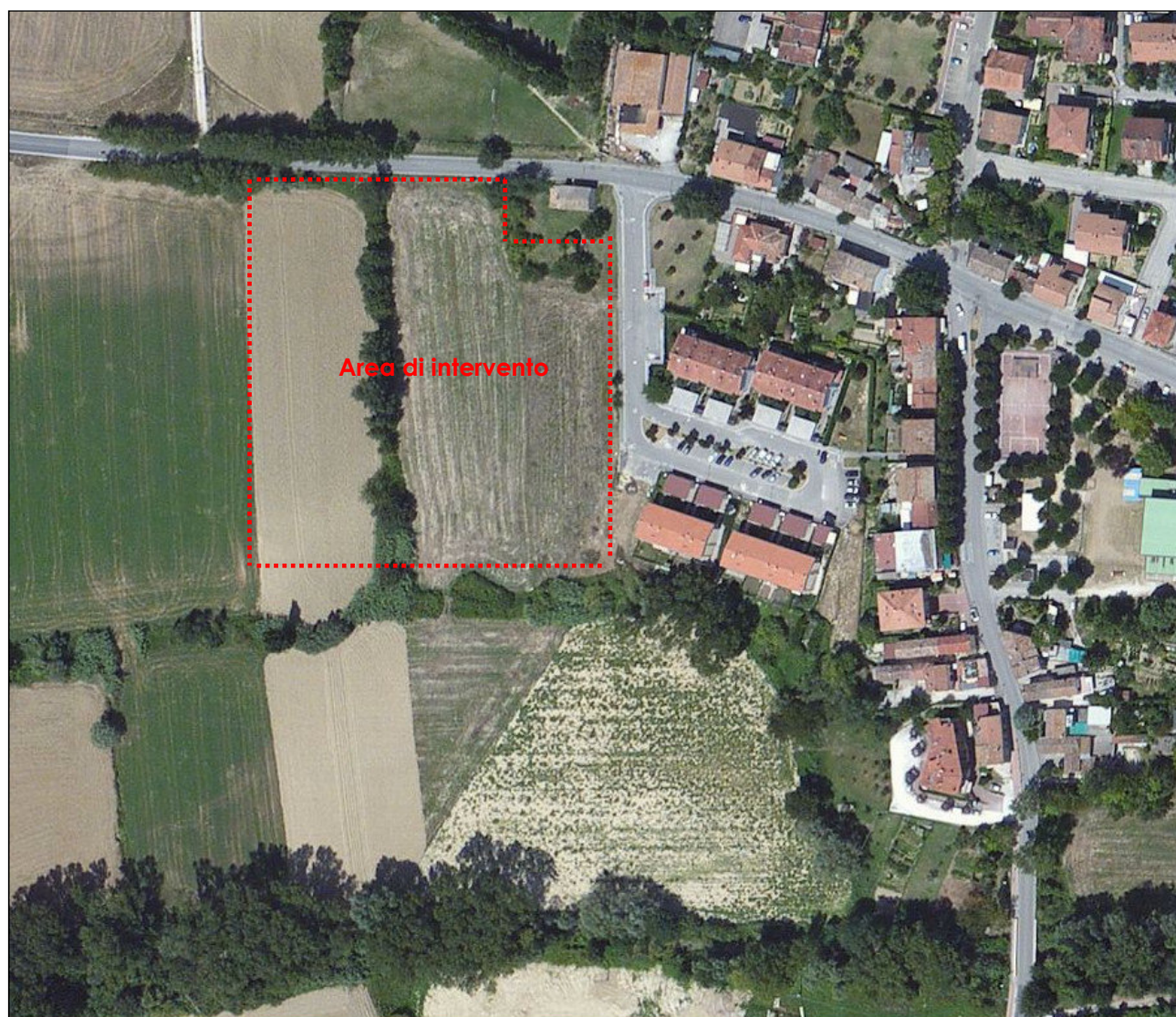
- All.to 1 Ubicazione dell'area: viene inquadrata l'area di studio nella carta topografica d'Italia in scala 1:25.000 e nella carta tecnica regionale in scala 1:10.000**
- All.to 2 Carta del Rischio Idrogeologico P.A.I.**
- All.to 3 Carta Geologica scala 1:10.000**
- All.to 4 Planimetria con ubicazione indagini di campo**
- All.to 5 Sezioni geolitologiche**
- All.to 6 Colonnine stratigrafiche ottenute dai sondaggi**
- All.to 7 Diagrammi e i tabulati ottenuti dalle prove penetrometriche**
- All.to 8 Risultati indagini Geofisiche**
- All.to 9 Tabulati verifiche di stabilità**

2. UBICAZIONE DELL'AREA

L'area in questione si ubica nella parte meridionale del territorio comunale di Pesaro, in località Santa Maria dell'Arzilla, ed è compresa nella seguente cartografia (cfr. All.to 1): Foglio n°268 Sezione II "Candelara" della Carta Topografica D'Italia (scala 1:25.000), sezione 268150 "Villagrande" della Carta Tecnica Regionale (scala 1:10.000).

L'area è identificata al NCEU del comune di Pesaro al Foglio 15 sez. di Pesaro mappali 6, 8, 129, 159, 161, 162, 182, 218 e 260

Topograficamente ricade nella piana alluvionale del Torrente Arzilla, in sinistra idrografica, a quote comprese tra circa 50 e 60 metri s.l.m. ed è rappresentata parte da una superficie sub pianeggiante (dove verranno posizionati i fabbricati) e parte da una pendice a debole inclinazione che degrada verso il corso del torrente suddetto.



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame rientra nel dominio strutturale dell'Avanfossa adriatica, deformato e traslato verso Est nel Pliocene medio - Pleistocene inf. e corrisponde ad una fascia sismotettonica in cui l'attività sismica, generalmente moderata, è prevalentemente superficiale (ipocentri <10 Km) e associata a deformazioni di tipo compressivo e trascorrente con meccanismi focali caratterizzati da asse di massima compressione orientato in direzione SO-NE. In particolare ricade nella porzione settentrionale del Bacino Marchigiano Esterno (una grande unità geologica delimitata a N dalla Colata Gravitativa della Val Marecchia e a SO dalle dorsali della Catena Appenninica).

Tali strutture risultano deformate secondo uno stile a pieghe, orientate in direzione appenninica (NO-SE), con strette anticlinali asimmetriche vergenti a NE, separate da sinclinali e sono spesso disturbate da faglie longitudinali (NO-SE, NNO-SSE) e trasversali (NE-SO, ENE-OSO) e da pieghe minori. In particolare il sito di intervento si trova tra l'anticlinale di Gradara-M. Balante-Cuccurano che coinvolge per lo più terreni di età Messiniana, ma al cui asse affiora uno strettissimo pseudodiapiro della Formazione dello Shlier e la sinclinale Tomba di Pesaro-M. delle Forche-Cerasa che coinvolge depositi del Pliocene medio.

Le unità litologiche che costituiscono il substrato nell'area esaminata sono quindi rappresentate dalla formazione di origine marina del Pliocene medio, caratterizzata in prevalenza da argille marnose azzurre, siltose, talora lievemente sabbiose. A tali terreni si sono sovrapposti nel corso del Pleistocene e Quaternario i depositi continentali del Torrente Arzilla.

I risultati dell'indagine geognostica hanno riscontrato che nella zona in esame, i litotipi della formazione geologica sono rinvenibili a circa 12-14 m di profondità.

Le caratteristiche morfologiche della zona sono determinate principalmente dall'attività del torrente Arzilla che, attraverso alterne fasi di erosione e deposizione, ha portato alla formazione di superfici sub-pianeggianti, separate da scarpate più o meno incise.

L'area in questione è situata in sinistra idrografica del Torrente Arzilla, parte su di una superficie subpianeggiante e parte su di una pendice a debole pendenza (circa 10°) che rappresenta il gradino di raccordo con la sottostante piana alluvionale del Torrente Arzilla.

L'idrografia superficiale risulta caratterizzata dal corso del Torrente Arzilla che scorre da ovest ad est; l'area di progetto è direttamente interessata dal corso di un fosso che l'attraversa in direzione nord-sud convogliando le acque drenate dal versante al corso d'acqua suddetto.

Il substrato, che delimita l'acquifero alluvionale del Torrente Arzilla, può essere considerato praticamente impermeabile rispetto alle soprastanti alluvioni, in quanto formato da rocce con permeabilità molto bassa (argille plioceniche).

Lo scorrimento idrico sotterraneo nella pianura alluvionale può essere ricondotto ad un'unica falda la cui alimentazione avviene per apporti meteorici diretti, per apporti dai fianchi vallivi e dalle conoidi dei corsi d'acqua circostanti.

Il livello freatico, misurato nelle cannette piezometriche installate nei fori delle prove penetrometriche eseguite, si attesta ad una profondità variabile da 6.3 a 6.7 m dal p.c. (lettura del 04/04/2010).

Per quanto attiene il regime idrico superficiale le portate del Torrente Arzillo sono strettamente dipendenti dalla pluviometria locale. Nel suo bacino di alimentazione mancano infatti acquiferi di dimensioni tali da esercitare effetti di regolazione delle portate che presentano pertanto valori minimi nei mesi estivi (luglio-settembre).

Dal punto di vista geomorfologico si può affermare che la zona che sarà interessata dalle nuove edificazioni attualmente è stabile e non evidenzia problematiche.

4. ASPETTI METEO-CLIMATICI

Per la caratterizzazione climatica sono stati utilizzati i dati dell'Osservatorio Meteorologico "Valerio" di Pesaro e i dati relativi alle osservazioni termometriche e pluviometriche delle stazioni di Fano e Candelara, più prossime al sito in questione.

L'area in esame è caratterizzata da un clima associabile alla zona sublitoranea appenninica, distinto da massimo pluviometrico autunnale e minimo nel periodo estivo; secondo la classificazione di Köppen, è compresa nella zona climatica C (clima temperato), di tipo subcontinentale.

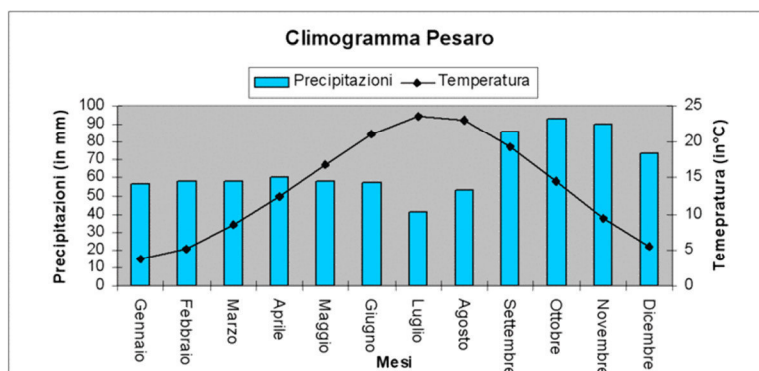
I venti dominanti sono quelli provenienti dai quadranti occidentali principalmente SO (libeccio, fohn). Frequentemente si ha una ventilazione settentrionale soprattutto da NE (bora).

In inverno il clima è freddo e umido (la temperatura media del mese più freddo, gennaio, è generalmente compresa fra i 3 e i 4 °C), d'estate è caldo e afoso. La massima storica di 39,2 gradi centigradi risale al 6 luglio 1950. I temporali sono concentrati principalmente nel periodo autunnale. Le nevicate sono rare. La temperatura media annua è di 13,6 °C.

Valori del clima di Pesaro (dal 1901 al 2000)

dati dell'Osservatorio Valerio di Pesaro

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno
Pressione atmosferica al mare (hPa)	1018,2	1016,1	1015,2	1012,9	1014,2	1014,6	1014,4	1014,5	1016,5	1016,8	1016,4	1016,7	1015,5
Temperatura media (°C)	3,8	5,1	8,5	12,5	16,8	21,1	23,6	23,1	19,4	14,5	9,4	5,5	13,7
Temperatura massima media (°C)	7,1	8,8	12,6	16,7	21,1	25,3	27,9	27,5	23,8	18,5	12,8	8,7	17,6
Temperatura minima media (°C)	1,2	2,1	4,7	8,0	11,9	15,8	18,1	18,0	15,1	11,1	6,7	3,0	9,7
Temperatura massima assoluta (°C)	20,0 (1979)	20,4 (1968)	24,6 (1952)	29,5 (1947)	33,0 (1945)	35,8 (1982)	39,2 (1950)	39,0 (1907)	35,0 (1987)	28,2 (1975)	24,8 (1963)	21,8 (1989)	39,2 (1950)
Temperatura minima assoluta (°C)	-13,0 (1985)	-15,2 (1940)	-10,0 (1971)	-2,3 (1929)	0,9 (1957)	4,5 (1955)	9,3 (1929)	9,6 (1981)	4,9 (1929)	0,7 (1971)	-3,0 (1922)	-10,6 (1940)	-15,2 (1940)
Umidità relativa media (%)	81	79	74	71	70	65	63	65	73	79	82	82	74
Precipitazioni medie (mm)	56,7	58,5	58,0	60,5	58,1	57,4	40,8	52,9	85,6	92,7	89,9	73,9	785,0
Nuvolosità media (decimi)	6,8	6,2	5,6	5,4	4,9	4,1	2,8	3,0	4,1	5,4	6,9	7,1	5,2



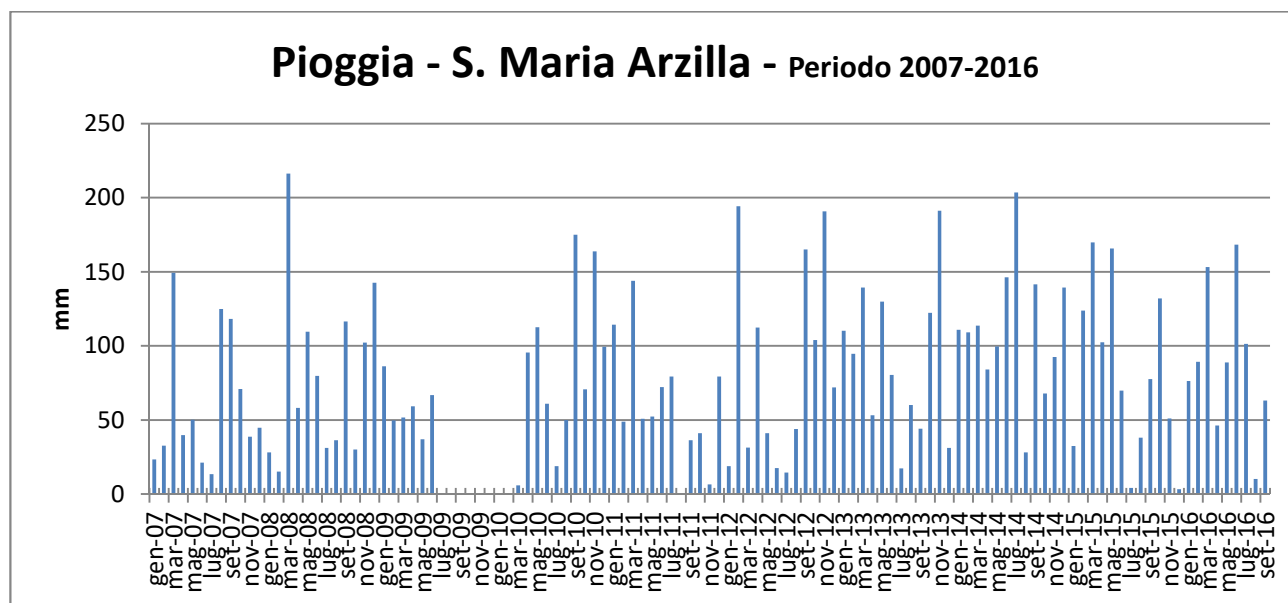
Le precipitazioni sono in genere distribuite in maniera irregolare durante l'anno con punte massime nei mesi autunnali e valori minimi nel trimestre estivo (Precipitazioni medie annue: 785 mm).

Di seguito vengono forniti i dati inerenti le precipitazioni atmosferiche e le temperature medie relativi al periodo 1901 – 2000 (medie calcolate sulla base dei dati dell'Osservatorio Valerio di Pesaro).

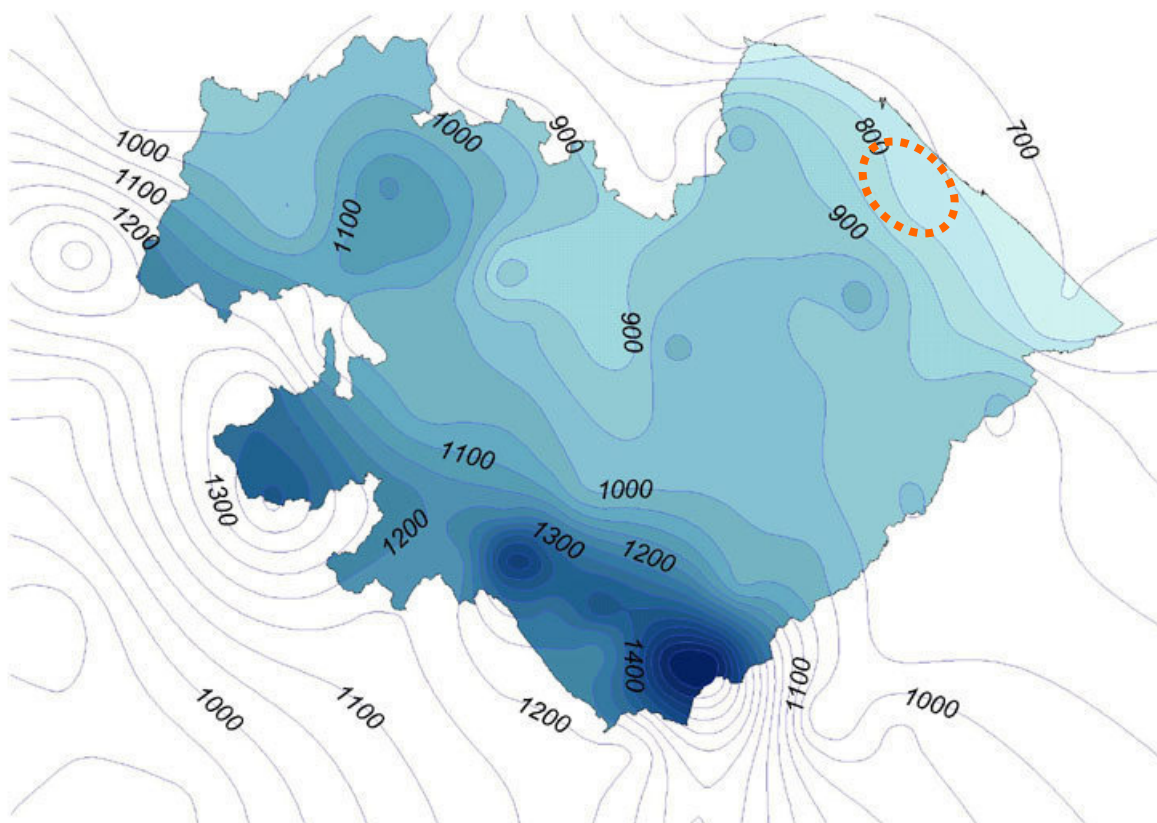
	PRECIPITAZIONI MEDIE MENSILI (mm)	TEMPERATURE MEDIE MENSILI
Gennaio	56,7	3,8°
Febbraio	58,5	5,1°
Marzo	58,0	8,5°
Aprile	60,5	12,5°
Maggio	58,1	16,8°
Giugno	57,4	21,1°
Luglio	40,8	23,6°
Agosto	52,9	23,1°
Settembre	85,6	19,4°
Ottobre	92,7	14,5°
Novembre	89,9	9,4°
Dicembre	73,9	5,5°

e le precipitazioni a S. Maria dell'Arzilla (cumulate mensili mm) riferite al periodo gennaio 2007-settembre 2016 (in cui non risultano registrati i mesi di luglio, settembre, novembre 2009), estratte da:

-Sistema Informativo Regionale Meteo-Idro-Pluviometrico- Dipartimento Regione Marche per le Politiche Integrate di Sicurezza e Protezione Civile.



Distribuzione media delle precipitazioni



5. INDAGINI DI CAMPO

La compagna 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 (Vs) necessario per attribuire la "categoria di sottosuolo" secondo le NTC08.

5.1 Indagine geognostica

Sono state realizzate le seguenti indagini:

- In data 21/03/2010 sono state eseguite n° 3 prove penetrometriche statiche tipo CPT.

L'attrezzatura utilizzata presenta le seguenti caratteristiche:

Mezzo Pagani autoancorante Tg63 100kn

- 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.

Mezzo Pagani Tg 63 100Kn



Prova penetrometrica CPT	Profondità dal p.c.(m)
Prova P1	12.2
Prova P2	15.8
Prova P3	14.8

I fori delle prove P1 e P2 sono stati condizionati con canna piezometrica per il monitoraggio della falda.

- In data 13/05/2010 sono stati eseguiti n° 2 sondaggi a rotazione con attrezzatura tipo "trivelsonda".

Mezzo tipo "Trivelsonda" →



Nella tabella seguente si riporta la profondità raggiunta nei sondaggi

Sondaggio	Profondità dal p.c.(m)
S1	11.2
S2	13.5

5.2 Indagine sismica

La caratterizzazione sismica del sito di intervento è stata eseguita attraverso la realizzazione di tre prove sismiche passive 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 Spa



6. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO

Le prove geognostiche eseguite hanno consentito di ricostruire il quadro litostratigrafico del sito di intervento che viene rappresentato graficamente nelle sezioni geolitologiche allegate.

ORIZZONTE LITOLOGICO A terreno vegetale ed agrario

Dal p.c a a -1.0 m

Limo argilloso di colore marrone chiaro.

ORIZZONTE LITOLOGICO B depositi alluvionali.

Da -1.0 m a -12.3 m (S2)/-12.4 m (P3)/ -14.4 m (P2)

Depositi alluvionali costituiti da alternanza di livelli a granulometria fine e subordinatamente livelli più grossolani: si tratta di litotipi argilloso limosi localmente con spalmature sabbiose alternati a livelli di sabbie o ghiaie in matrice sabbioso-limosa; generalmente i livelli granulari sabbioso-ghiaiosi sono alla base dell'orizzonte, mentre nel sondaggio S1 anche tra 2.8 e 4.5 m di profondità sono state individuate sabbie medie e fini debolmente limose ed argillose.

A luoghi si rinvencono resti vegetali e concrezioni carbonatiche biancastre.

Il colore è variegato nocciola, marrone e grigio.

I valori di resistenza all'avanzamento della punta del penetrometro statico (Qc) indicano che i livelli coesivi sono generalmente da poco a mediamente compatti (Qc compresi tra 10 e 30 kg/cm²).

ORIZZONTE LITOLOGICO C litotipi della formazione geologica.

Da -12.3 m/-12.4 m / -14.4 m a fine prove (S2, P3 e P2 non raggiunto in S1 e P1)

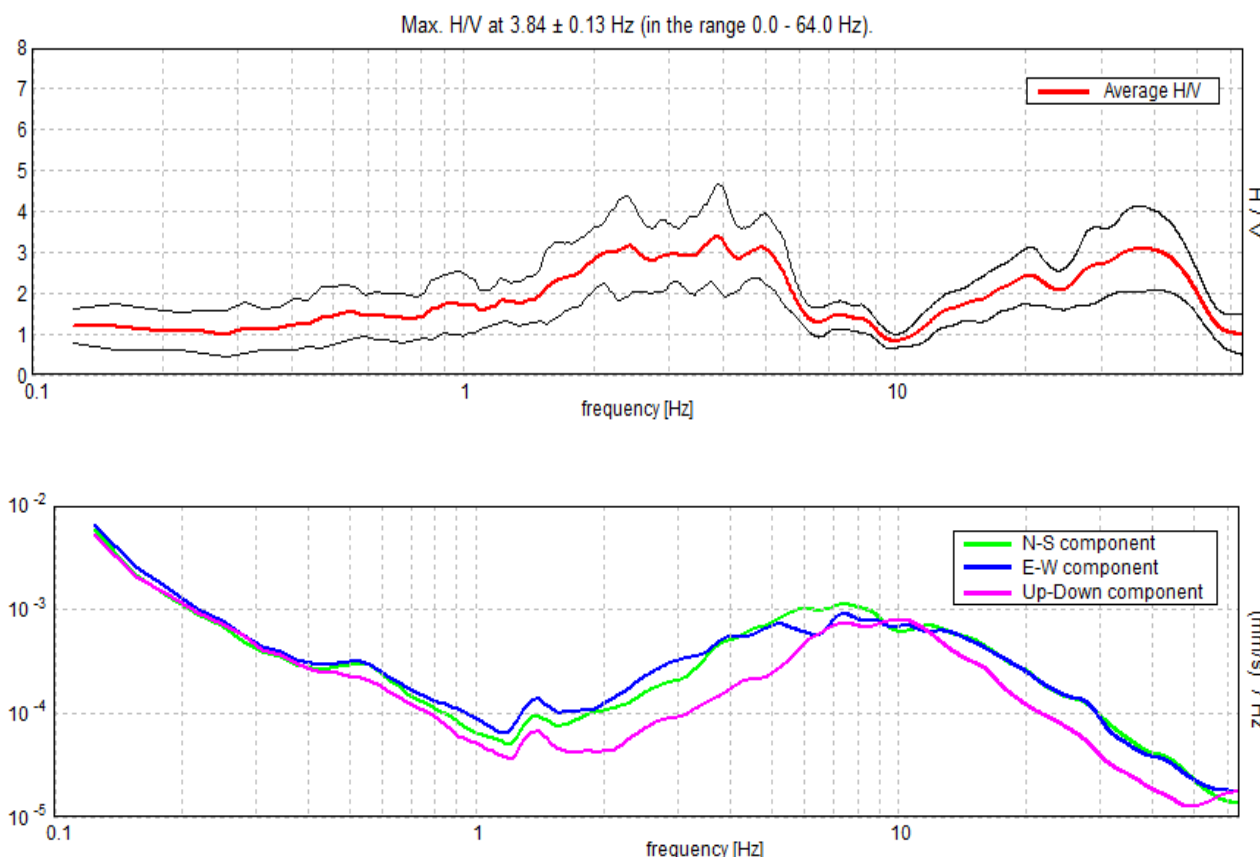
Argilla limosa molto compatta di colore grigio azzurro.

7. RISULTATI INDAGINE GEOFISICA

7.1 Analisi dati

Le tre prove sismiche HVSR eseguite hanno fornito risultati molto simili, le verifiche riportate nel seguito si riferiscono alla prova HVSR 1 e possono ritenersi significative per tutta l'area di intervento.

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale state ricavate la curva H/V e la relativa curve degli spettri raffiguranti le componenti Up-Down E-W e N-S.



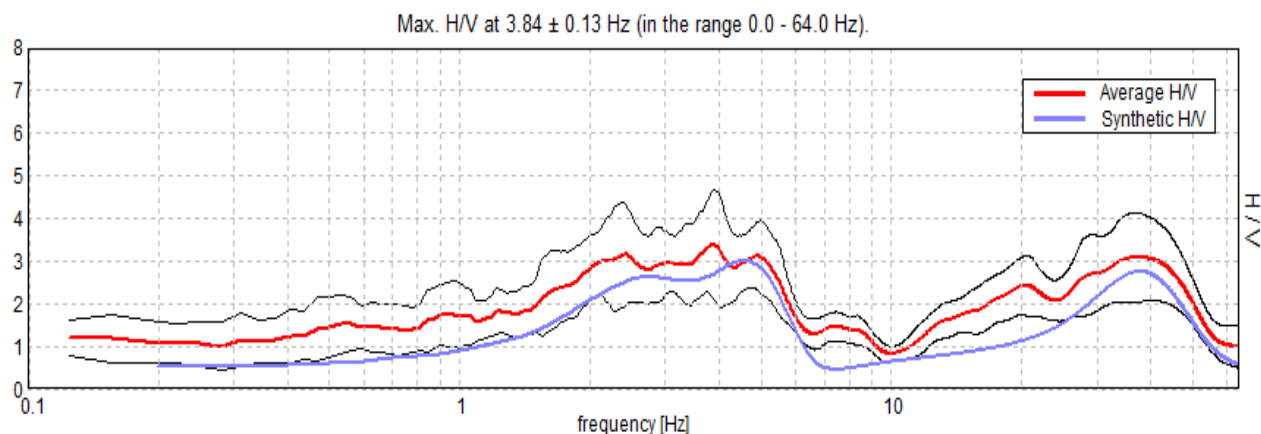
7.2 Interpretazione

Per la interpretazione sismica del sito si è partiti dalla curva H/V registrata con lo strumento e dalle conoscenze stratigrafiche ricavate dall'indagine geognostica puntuale (in particolare sono stati considerati i risultati della prova penetrometrica P2) e dai dati bibliografici.

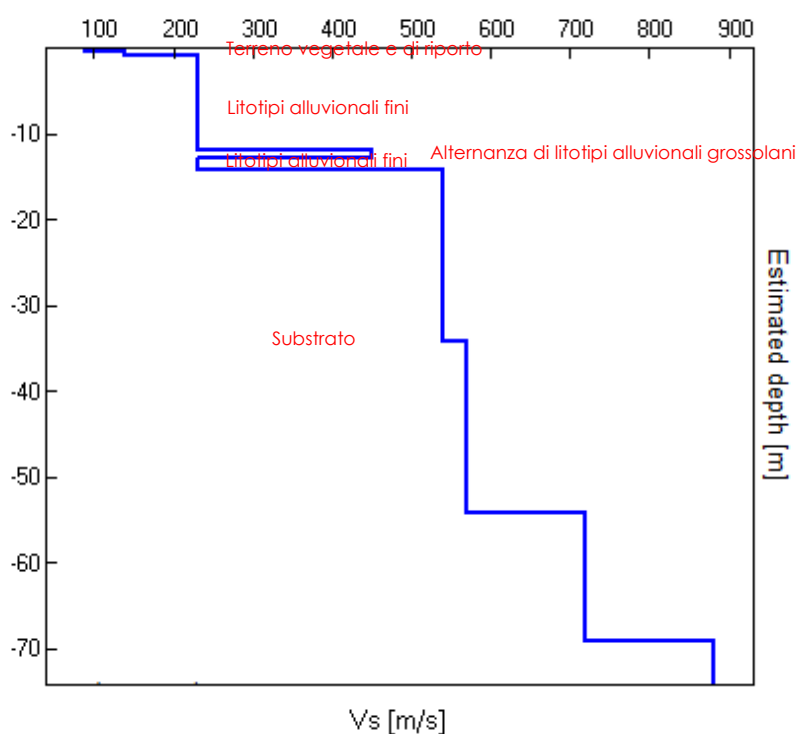
Attraverso la formula $F_r = V_s/4H$ che permette di ottenere una relazione tra frequenza di risonanza del terreno (F_r – ricavata dalla curva H/V), profondità (H – spessore dello strato superiore tra i due che generano il picco di risonanza) e velocità delle onde di taglio (V_s) è possibile creare un 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 rappresenta il confronto tra il grafico H/V ottenuto dalla prova HVSR (traccia rossa) con le curva "ricostruita" (traccia blu) mediante il processo della inversione.



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



7.3 Determinazione V_{S30}

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:

$$\mathbf{V_{S30}=324 \text{ m/sec}}$$

8. RISCHIO SISMICO

Il rischio sismico (R) è inteso come la risultante tra tre diverse componenti:

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

con:

P = "pericolosità sismica" cioè la sismicità di un territorio, ovvero la forza e frequenza con cui un terremoto si può manifestare in un determinato periodo di tempo;

E = "esposizione" ovvero il valore, la qualità, la consistenza e la dislocazione dei beni presenti sul territorio;

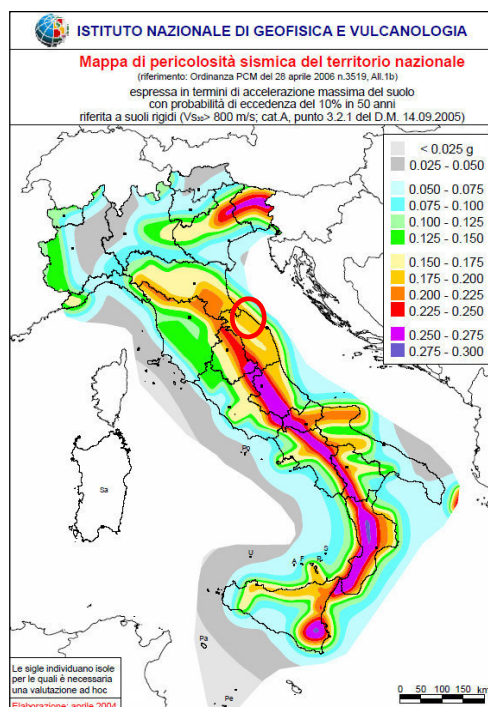
V = "vulnerabilità sismica" che è la propensione di una struttura a subire un danno di un determinato livello a fronte di un evento sismico.

Non essendo possibile intervenire sulla "pericolosità" (che è una caratteristica intrinseca del territorio) la riduzione del rischio sismico è possibile solo cercando di ubicare gli interventi urbanistici in zone esposte a minor pericolo e garantendo le migliori qualità in termini di progettazione e realizzazione al fine di diminuire la loro vulnerabilità.

La componente "pericolosità" del rischio sismico è costituita da due fattori:

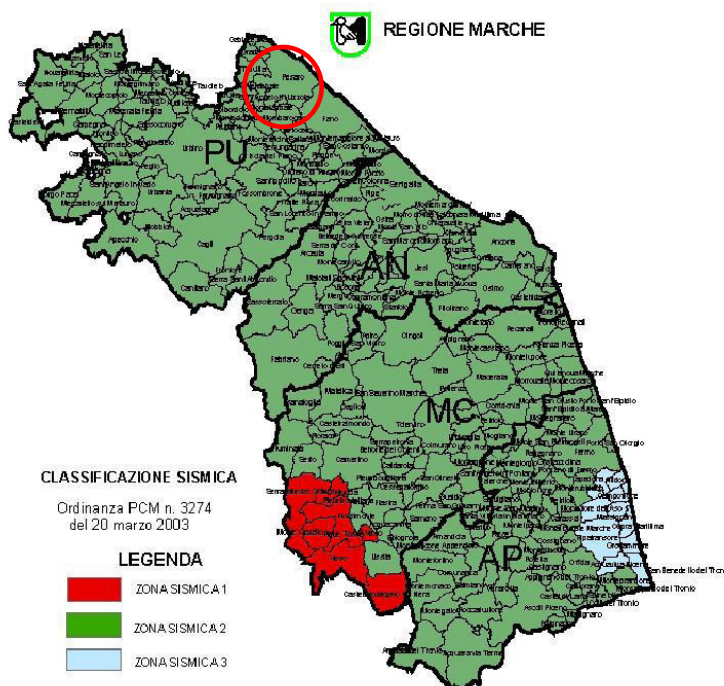
- la *"pericolosità sismica di base"* che deriva dalla sismicità dell'area (energia tipo e frequenza dei terremoti);
- la *"pericolosità sismica locale"* che risulta legata a fattori geologici/stratigrafici e morfologici in grado di modificare ed amplificare il moto sismico in superficie.

Combinando i dati della pericolosità sismica di base con quelli degli effetti locali è possibile giungere alla definizione di una "azione sismica di progetto" sulla base della quale eseguire la progettazione sismica dei manufatti sul territorio.



8.1 Pericolosità sismica di base

Il territorio di Pesaro con Ordinanza P.C.M. n°3274 del 23/03/03 è stato classificato in zona sismica 2.



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.

8.2 Pericolosità sismica locale

Come già detto in precedenza la risposta sismica locale è funzione delle condizioni topografiche e di quelle geologico-stratigrafiche.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 08) nell'approccio semplificato (3.2.2. NTC 08), prevedono che la risposta sismica locale venga descritta sulla base della individuazione della categoria di sottosuolo e della condizioni topografiche a cui appartiene il sito di progetto.

In particolare la categoria topografica viene attribuita sulla base della pendenza e della morfologia (cfr Tab. 3.2.IV), mentre la categoria di sottosuolo è possibile determinarla (ad esclusioni di casi particolari come ad esempio possibilità di liquefazione o bedrock sismico presente a profondità tra 20 e 30 m) mediante la misura della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno (cfr. tab 3.2.II).

Per quanto attiene all'area di intervento, presentando una superficie sostanzialmente pianeggiante la Categoria topografica è T1.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

L'indagine geofisica eseguita ha permesso di verificare che le onde di taglio per il sito in oggetto nei primi 30 m di terreno assumono velocità di 324 m/s, il terreno di intervento si ascrive quindi alla Categoria di sottosuolo C.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
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 (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi 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 (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi 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 $V_{s,30}$ 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	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Sulla base di quanto detto sopra e delle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero, una volta nota la classe (NTC punto 2.4.2) per la costruzione sarà possibile ricavare i parametri sismici.

9. VERIFICHE DI STABILITÀ

9.1 Premessa

Al fine di valutare dal punto di vista numerico la stabilità della scarpata che raccorda la superficie subpianeggiante su cui sorgeranno i fabbricati con la sottostante piana alluvionale, è stata sottoposta a verifica una sezione ritenuta rappresentativa dell'area interessata dal progetto (sezione C della Tavola A09 del progetto). La verifica è stata eseguita considerando anche la presenza dello sbancamento per la realizzazione del bacino per l'ottenimento dell'invarianza idraulica. Inoltre sono stati imposti carichi uniformemente distribuiti pari a 0.4 kg/cm^2 nell'area di sedime dei fabbricati.

Le verifiche sono state eseguite sia in condizioni sismiche che statiche. Per modellare la presenza di sisma è stato utilizzato il metodo pseudostatico che tiene conto, per la zona in oggetto, di un coefficiente di accelerazione sismica orizzontale K_h di 0.089 e verticale K_v di 0.045, in accordo con quanto previsto dalle NTC 08 e considerando lo stato limite al collasso (SLC) la categoria di sottosuolo C e una categoria topografica T1.

9.2 Metodologia di verifica

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi.

Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate. Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata.

E' praticamente impossibile inoltre definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale.

A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di

rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.).

Nelle verifiche eseguite è stato utilizzato il metodo di Bishop.

Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci.

Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta le seguenti incognite:

n valori delle forze normali N_i agenti sulla base di ciascun concio;

n valori delle forze di taglio alla base del concio T_i

$(n-1)$ forze normali E_i agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$ forze tangenziali X_i agenti sull'interfaccia dei conci;

n valori della coordinata a che individua il punto di applicazione delle E_i ;

$(n-1)$ valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle X_i ;

una incognita costituita dal fattore di sicurezza F .

Complessivamente le incognite sono $(6n-2)$ mentre le equazioni a disposizione sono:

Equazioni di equilibrio dei momenti n

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale n

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale n

Equazioni relative al criterio di rottura n

Totale numero di equazioni $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2) - (4n) = 2n-2.$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si assume che N_i sia applicato nel punto medio della striscia e ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Con il metodo di Bishop (1955) non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi; le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\Sigma F_v = 0, \Sigma M_0 = 0, \text{ Criterio di rottura}$$

$$F = \frac{\Sigma \{ c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\Sigma W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento, che soddisfano questa equazione, offrono una soluzione rigorosa al problema.

Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Software utilizzato

Per il calcolo del fattore di sicurezza delle superfici di potenziale scorrimento è stato utilizzato il programma di calcolo "Slope" della Geostru software.

Come detto la verifica è stata eseguita con il metodo di Bishop, ipotizzando che le possibili superfici di scivolamento abbiano forma circolare.

Per ogni punto della "rete centri" scelta, vengono calcolati i momenti ribaltanti e stabilizzanti relativi a superfici circolari con differente raggio, per trovare quella a cui corrisponde il coefficiente di sicurezza minimo.

In allegato vengono riportati i risultati del calcolo comprensivi di:

posizione della "maglia centri" contenente tutti i centri delle superfici verificate;

vertici del profilo topografico delle sezioni verificate;

vertici degli strati in cui è stato suddiviso il terreno;

caratteristiche geotecniche utilizzate nel calcolo;

tabella riassuntiva delle grandezze calcolate per tutti i conci delle superfici aventi il fattore di sicurezza minore tra tutte quelle verificate dal programma.

Modello geologico utilizzato

Le indagini in sito eseguite, hanno permesso di definire il modello geologico di riferimento per le verifiche di stabilità; il sottosuolo, ai fini delle verifiche, è stato schematizzato in due livelli:

Depositi alluvionali prevalentemente coesivi¹

Formazione geologica in posto

Al terreno sono stati attribuiti i seguenti parametri geomeccanici.

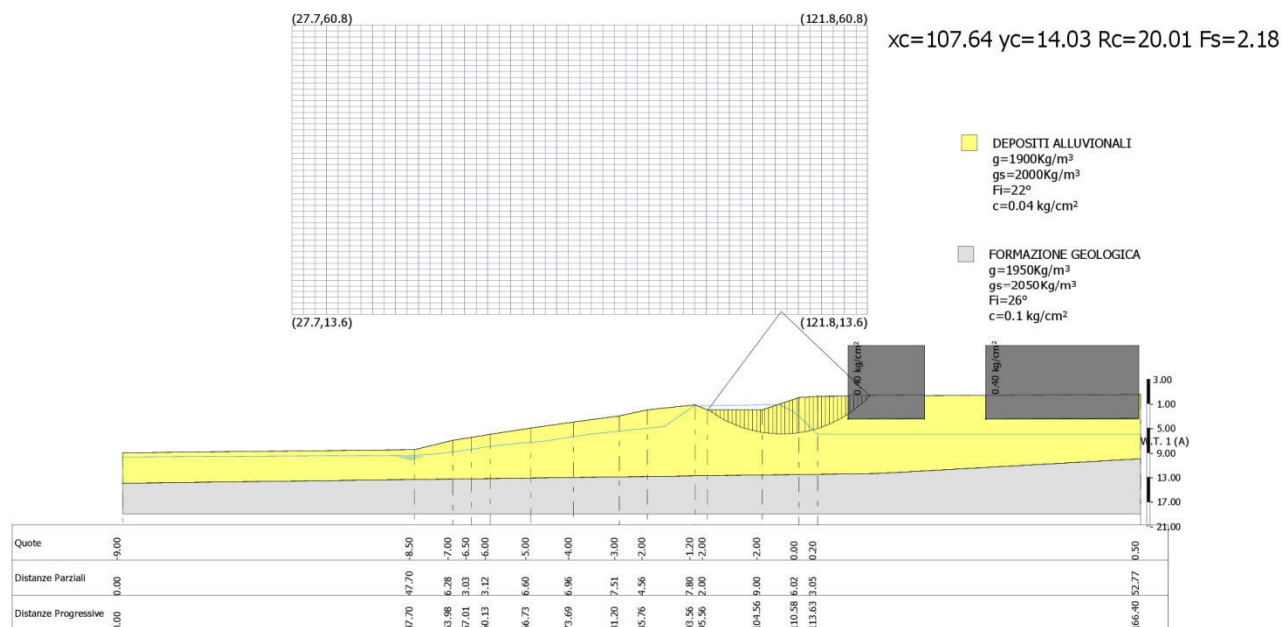
Livello	Angolo di attrito	Coesione (kg/cm ²)	Peso di volume (gr/cm ³)
Depositi alluvionali	22°	0.04	1.90
Formazione geologica	26 °	0.1	1.95

In maniera cautelativa è stato considerato il bacino realizzato per l'invarianza idraulica con l'acqua al suo colmo ed il livello di falda che viene innalzato a causa dell'infiltrazione in profondità dell'acqua in esso contenuta.

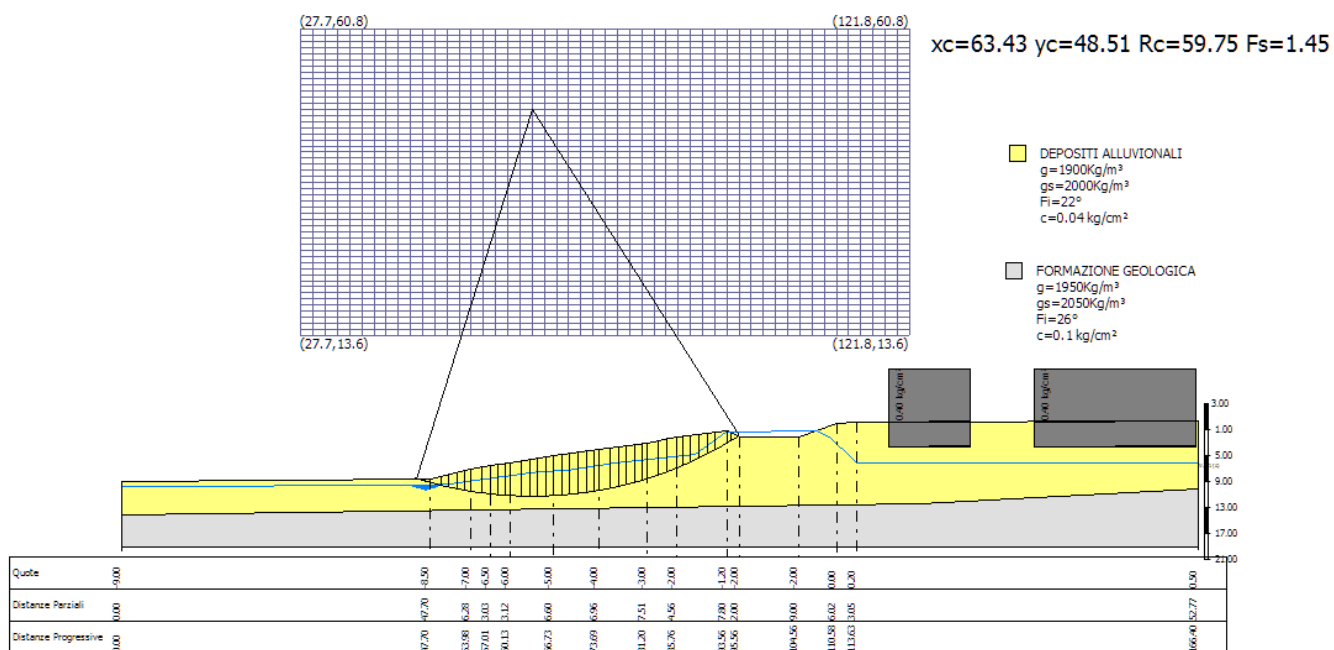
¹ In questo livello viene compreso anche l'orizzonte di terreno vegetale e di riporto superficiale e (a favore di sicurezza) non vengono considerati i livelli ghiaioso-sabbiosi

9.3 Risultati delle verifiche di stabilità

Nella figura seguente viene rappresentato il cerchio di scorrimento avente il fattore di sicurezza minimo ($F_s = 2.18$) ottenuto senza considerare le inerzie sismiche.



L'incremento sismico riduce il fattore di sicurezza minimo a 1.45 (il relativo cerchio di scorrimento è rappresentato nella figura seguente).



Le analisi di stabilità eseguite hanno evidenziato che anche in condizioni sismiche è garantito un fattore di sicurezza superiore al minimo richiesto (1.3) ed è quindi possibile affermare che non sussistono problematiche riguardanti la stabilità dell'area.

9. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

L'area di intervento non ricade tra quelle a rischio individuate dal Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche (P.A.I.).

Nel PRG del Comune di Pesaro l'area è stata inserita, tra quelle a vulnerabilità idrogeologica media; le NTA, al punto 3.1.4.1.0., specificano che tale perimetrazione ha rilevanza unicamente per attività che abbiano un ciclo di lavorazione compreso nell'elenco delle industrie insalubri di prima classe riportate nel D.M. 5 settembre 1994. Nessuna particolare prescrizione riguarda pertanto l'area in oggetto.

In base alla ricostruzione lito-stratigrafica si può ritenere che la zona di intervento non sia soggetta al fenomeno della liquefazione: i terreni presenti fino al tetto della formazione geologica in posto sono caratterizzati in prevalenza da litotipi coesivi e quelli granulari sono eterometrici e abbastanza addensati.

La geologia della zona permette inoltre di escludere una rottura superficiale dovuta a faglia.

10. SINTESI DELLO STUDIO GEOLOGICO

In generale, nell'area esaminata non si riscontrano elementi di carattere geomorfologico e geologico ostativi alla realizzazione delle previsioni urbanistico-edilizie in questione.

L'area su cui è prevista l'edificazione è costituita da una superficie pianeggiante separata da una scarpata di circa 10 metri di altezza che degrada dolcemente verso il sottostante corso del Torrente Arzillà; attualmente l'area risulta parte incolta e parte agricola, priva di manufatti. Le trasformazioni, cui è destinata per effetto delle nuove previsioni urbanistiche, comporteranno di fatto un nuovo assetto, ma non incideranno sulla stabilità globale dell'area d'intervento e su quella d'influenza.

Nel complesso si identifica infatti un'area stabile sotto il profilo geomorfologico e priva di tendenze evolutive per forme di instabilità potenziali.

Le condizioni morfo-idrologiche dell'area in studio, descritte ai paragrafi precedenti, hanno posto in evidenza l'assenza, nella area interessata dalla pianificazione urbanistica, di forme di erosione lineare superficiale e anche sotto il profilo idraulico, non si rilevano condizioni di vulnerabilità. Tali valutazioni trovano altresì conferma nell'ambito delle previsioni del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) che non inserisce l'area d'intervento nella perimetrazione di quelle a rischio.

Per quanto riguarda le analisi connesse con fenomeni relativi allo scorrimento delle acque di superficie si rimanda alla specifica relazione (Verifica della Compatibilità Idraulica e dell'Invarianza Idraulica) redatta sempre dagli scriventi.

Il locale sistema idrogeologico è costituito da un acquifero il cui livello si attesta a profondità di circa 6/7 m dal piano di campagna attuale.

Questo Studio è a disposizione per eventuali chiarimenti e approfondimenti

ALLEGATI

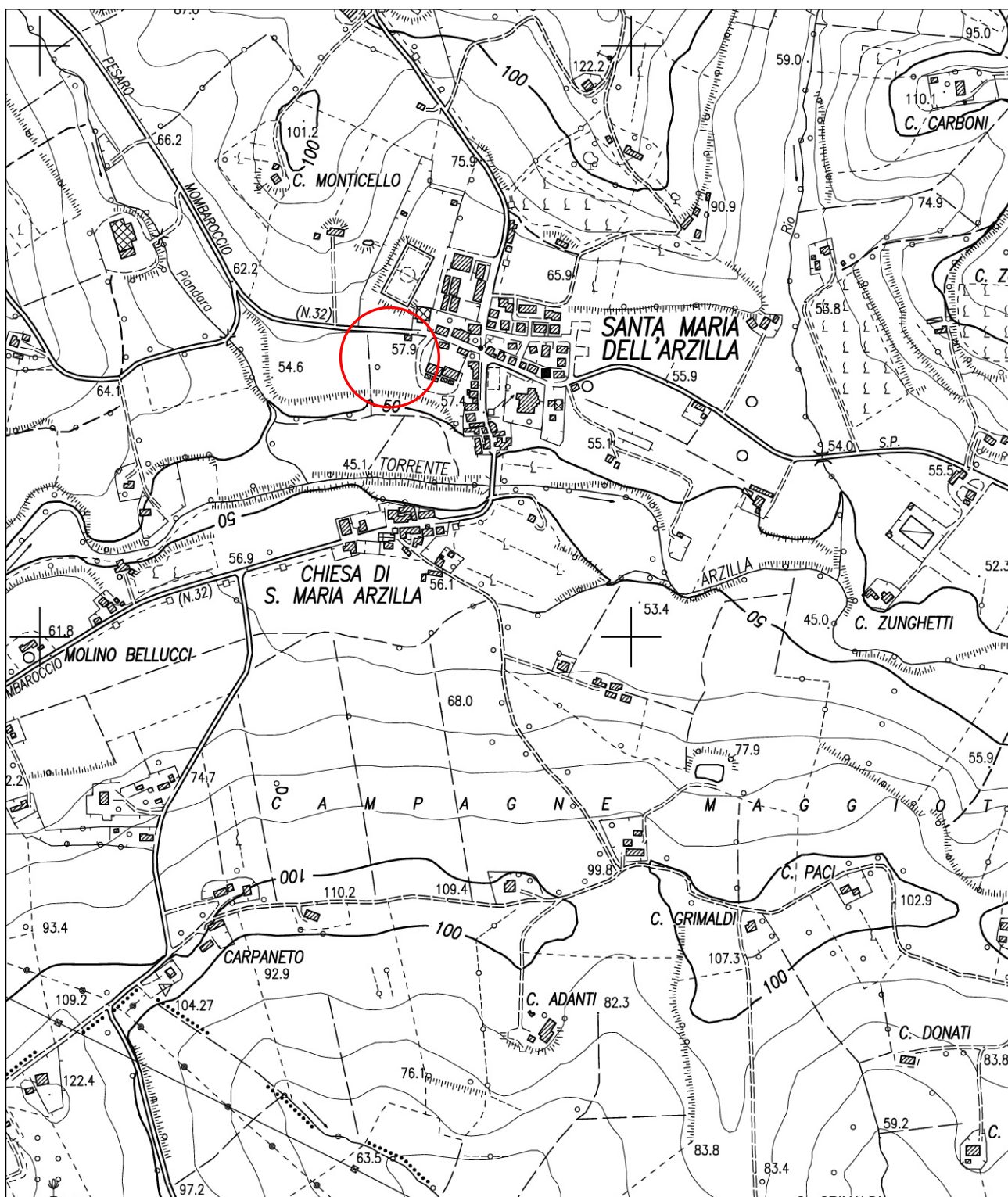
- All.to 1 Ubicazione dell'area.
- All.to 2 Carta del Rischio Idrogeologico P.A.I.
- All.to 3 Carta Geologica
- All.to 4 Planimetria con ubicazione indagini di campo
- All.to 5 Sezioni geolitologiche
- All.to 6 Report stratigrafico dei carotaggi
- All.to 7 Diagrammi e i tabulati ottenuti delle prove penetrometriche
- All.to 8 Risultati indagini Geofisiche
- All.to 9 Tabulati verifiche di stabilità

ALLEGATO 1 Ubicazione dell'area

Da: Carta Topografica D'Italia – F.268 Sezione II “Candelara” scala 1:25.000



Da: Carta Tecnica Regionale – Sezione “Villagrande” n°268150 scala 1:10.000



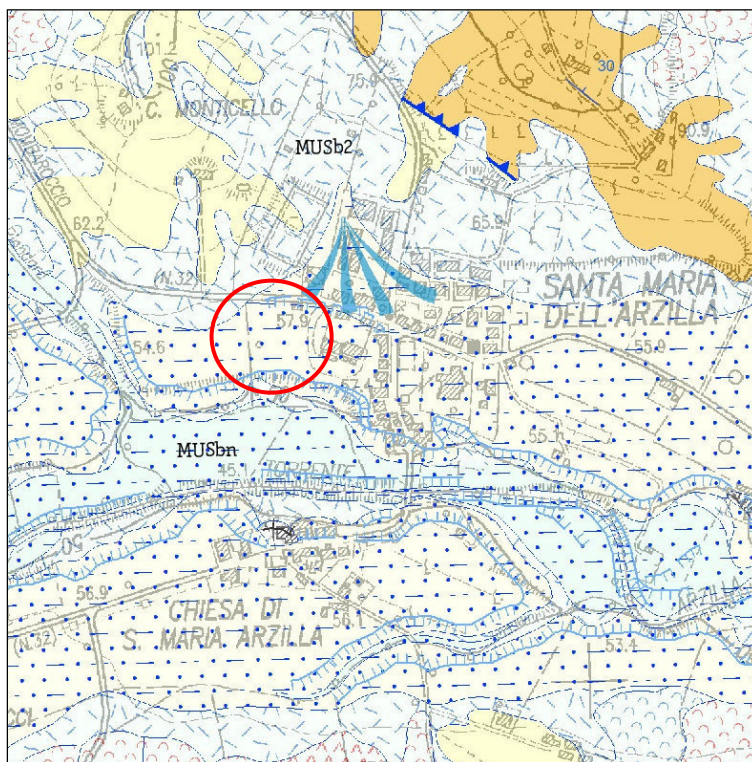
ALLEGATO 2 Piano Assetto Idrogeologico (PAI)

Da: Tav. RI 06 c scala 1:10.000

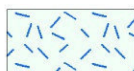


ALLEGATO 3 Carta Geologica Regionale scala 1:10.000

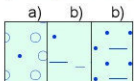
Da Sezione n°268150 "Villagrande"



SINTEMA DEL MUSONE



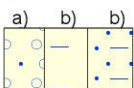
MUSb2 Deposito eluvio colluviale



MUSbn Depositi alluvionali terrazzati
a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi e argille
b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie

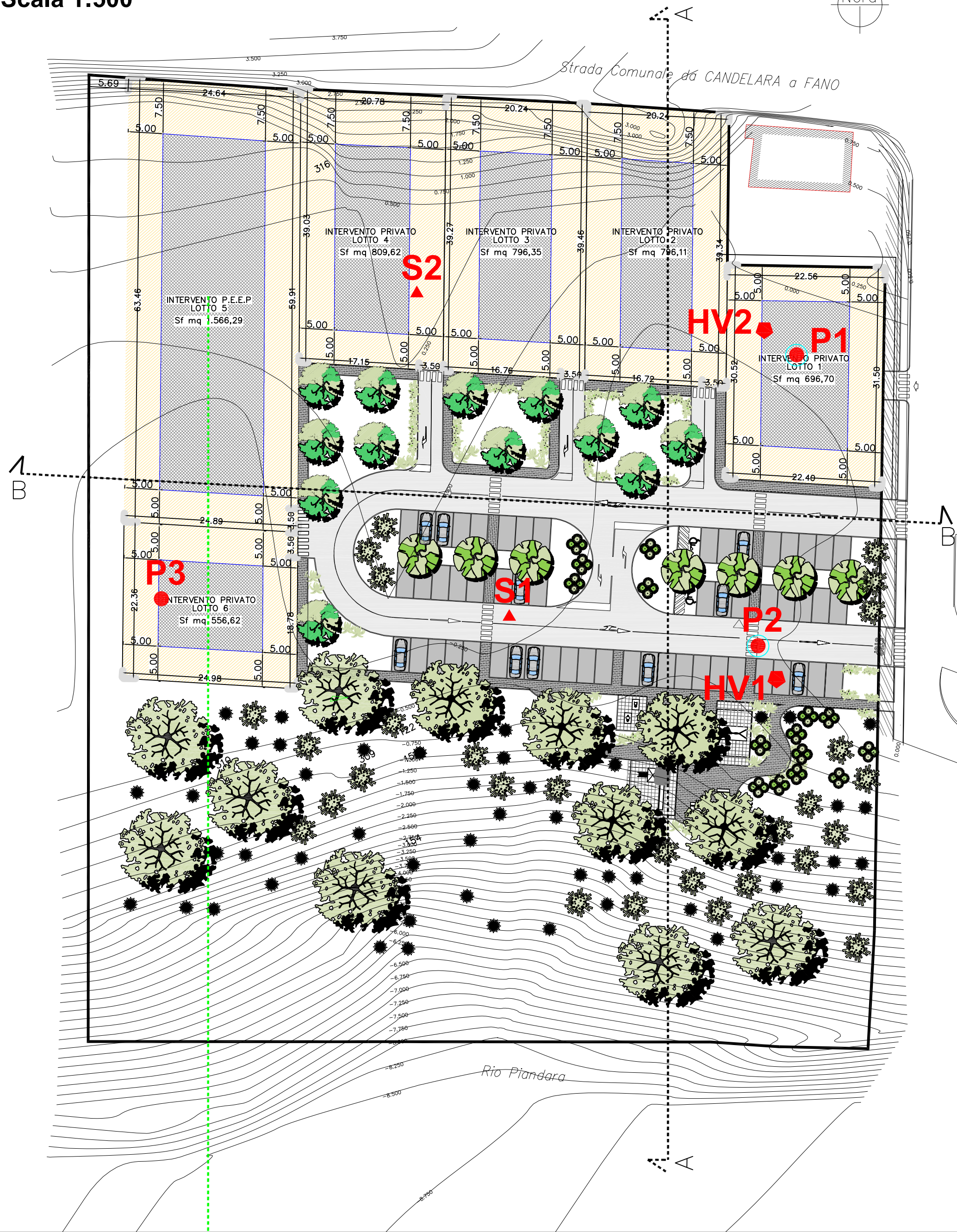
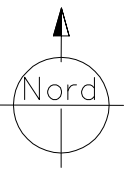
SINTEMA DI MATELICA

(PLEISTOCENE SUPERIORE p.p. - OLOCENE p.p.)



MTIbn Depositi alluvionali terrazzati
a) ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie, limi e argille
b) argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie

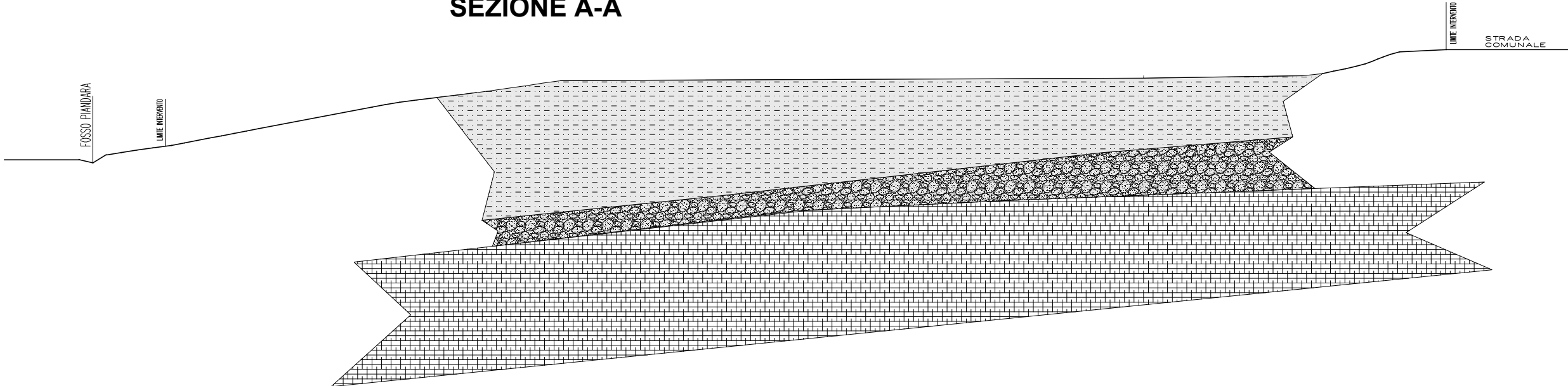
Allegato 4: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI
Scala 1:500



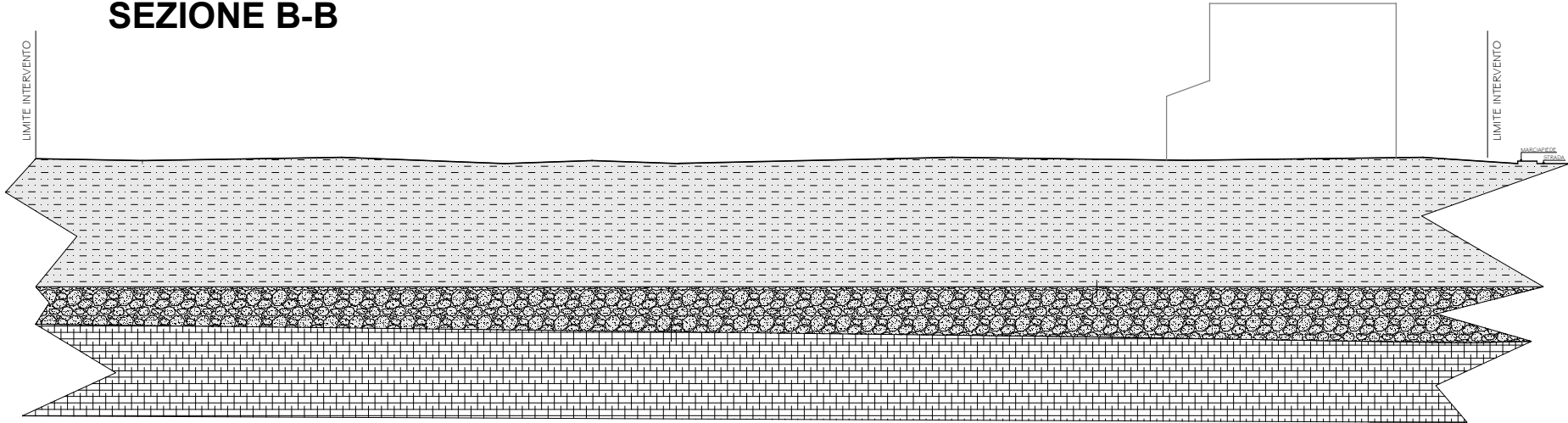
- | | | | |
|---|--|--|---|
|  LIMITE INTERVENTO |  PROVA PENETROMETRICA CPT |  PIEZOMETRO A TUBO APERTO |  SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA |
|  SONDAGGIO A ROTAZIONE |  PROVA SISMICA HVSR |  SEZIONE VERIFICA DI STABILITA' | |

Allegato 5: SEZIONI GEOLITOLOGICHE
Scala 1:500

SEZIONE A-A



SEZIONE B-B



-  Depositi alluvionali prevalentemente coesivi
(limi argillosi e limi sabbiosi)
-  Depositi alluvionali prevalentemente granulari
(Ghiaia sabbiosa e sabbia ghiaiosa e limosa)
-  Litotipi della formazione in posto
(Argilla limosa molto compatta)

ALLEGATO 6 Report stratigrafico carotaggi

Committente CECCHI ED ALTRI	Profondità raggiunta 11.2 m	Quota Ass. P.C. 65 m.slm	Certificato n° 22/2010	Pagina 1/1
Operatore PALAZZI ESCAVAZIONI	Indagine PIANO ATTUATIVO	Località SANTA MARIA DELL'ARZILLA	Inizio/Fine Esecuzione 13/05/2010	
Responsabile MATTEO DARDERI	Sondaggio S1	Tipo Carotaggio CAROTAGGIO A ROTAZIONE	Tipo Sonda TRIVELSONDA	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Falda	Note
-1		Terreno agrario marrone di natura limoso-argillosa.	-1.00						
-2		Argilla Limosa di colore nocciola/marrone, plastica, a luoghi presenza di piccole tracce scure di materiale organico.	-2.80		2.1	1.2			
-3		Sabbia di granulometria media e fine di colore nocciola e ocrea a luoghi livelli di sabbia debolmente argillosa e argilla limosa. Presenza di tracce di umidità.	-4.50		2.3	2.0			
-4		Argilla limosa plastica con spalmature sabbiose, il colore è nocciola. A luoghi presenza di splamature di colore ocrea.	-10.70		1.5	1.1			
-5					0.8	0.9			
-6					1.0				
-7					2.0				
-8					1.4				
-9					1.2	1.0			
-10					2.5				
-11					2.2				
-12					1.4				
-13					1.6	1.2			
-14					2.0				
-15					1.6				
-16					0.8				
-17					0.5	0.5			
-18					0.5				
-19									
-20									
-21									
-22									
-23									
-24									
-25									
-26									
-27									
-28									
-29									
-30									
-31									
-32									
-33									
-34									
-35									
-36									
-37									
-38									
-39									
-40									
-41									
-42									
-43									
-44									
-45									
-46									
-47									
-48									
-49									
-50									
-51									
-52									
-53									
-54									
-55									
-56									
-57									
-58									
-59									
-60									
-61									
-62									
-63									
-64									
-65									
-66									
-67									
-68									
-69									
-70									
-71									
-72									
-73									
-74									
-75									
-76									
-77									
-78									
-79									
-80									
-81									
-82									
-83									
-84									
-85									
-86									
-87									
-88									
-89									
-90									
-91									
-92									
-93									
-94									
-95									
-96									
-97									
-98									
-99									
-100									

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
 Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio:CAROTAGGIO A ROTAZIONE

Sonda: TRIVELSONDA

Committente CECCHI ED ALTRI	Profondità raggiunta 13.5 m	Quota Ass. P.C. 65 m.slm	Certificato n° 22/2010	Pagina 1/1
Operatore PALAZZI ESCAVAZIONI	Indagine PIANO ATTUATIVO	Località SANTA MARIA DELL'ARZILLA	Inizio/Fine Esecuzione 13/05/2010	
Responsabile MATTEO DARDERI	Sondaggio S2	Tipo Carotaggio CAROTAGGIO A DISTRUZIONE	Tipo Sonda TRIVELSONDA	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Falda	Note
-1		Terreno agrario marrone di natura limoso-argillosa.	-1.00						
-2		Argilla Limosa di colore nocciola/marrone, plastica, a luoghi presenza di piccole tracce scure di materiale organico e concrezioni carbonatiche biancastre.	-4.50						
-3									
-4									
-5		Argilla limosa plastica con spalmature sabbiose, il colore è grigio-azzurro la consistenza bassa. Presenti abbondanti tracce scure di materiale organico (molti anche i resti vegetali).	-8.30						
-6									
-7									
-8									
-9		Sabbia di granulometria fine debolmente limosa di colore nocciola/ocra, a luoghi presenti livelli limoso-argillosi. Bagnata.	-10.30						
-10									
-11		Limo argilloso a luoghi sabbioso di colore grigio chiaro.	-11.80						
-12		Ghiaia con clasti medio-piccoli in matrice sabbioso-limosa.	-12.30						
-13		Argilla limosa molto compatta di colore grigio-azzurro (FORMAZIONE GEOLOGICA IN POSTO)	-13.50						

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
 Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio:CAROTAGGIO A DISTRUZIONE

Sonda: TRIVELSONDA

ALLEGATO 7 Diagrammi e tabulati penetrometrici

CARATTERISTICHE MEZZO UTILIZZATO PER PROVE PENETROMETRICHE

Mezzo: PAGANI Tg 63/100 KN

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT

- 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

DITTA ESECUTRICE: SICEP snc

Data: 31/03/2010

Responsabile: R. Polenta

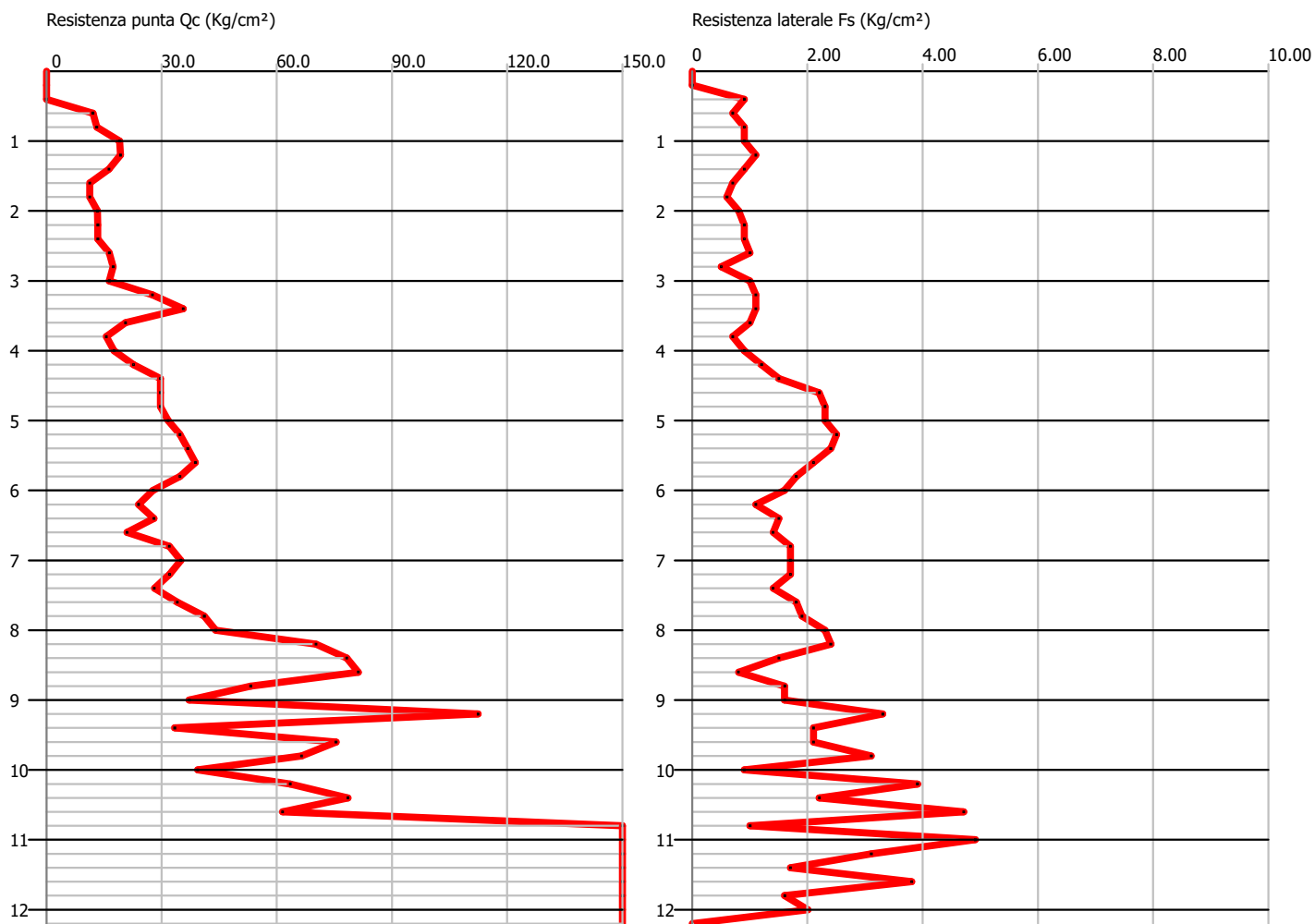
PICCHETTO 1 PROVA CPT

Profondità (m)	Qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0		
0,40	0,00	0,9	0,0	
0,60	12,00	0,7	17,28571	5,8
0,80	13,00	0,9	14,55556	6,9
1,00	19,00	0,9	21,22222	4,7
1,20	19,00	1,1	17,54545	5,7
1,40	16,00	0,9	18,11111	5,5
1,60	11,00	0,7	16,14286	6,2
1,80	11,00	0,6	18,83333	5,3
2,00	13,00	0,8	16,625	6,0
2,20	13,00	0,9	14,88889	6,7
2,40	13,00	0,9	14,88889	6,7
2,60	16,00	1,0	16,4	6,1
2,80	17,00	0,5	34,8	2,9
3,00	16,00	1,0	16,4	6,1
3,20	27,00	1,1	25,09091	4,0
3,40	35,00	1,1	32,36364	3,1
3,60	20,00	1,0	20,6	4,9
3,80	15,00	0,7	22,28571	4,5
4,00	17,00	0,9	19,55556	5,1
4,20	22,00	1,2	18,91667	5,3
4,40	29,00	1,5	19,8	5,1
4,60	29,00	2,2	13,5	7,4
4,80	29,00	2,3	12,91304	7,7
5,00	31,00	2,3	13,78261	7,3
5,20	34,00	2,5	13,92	7,2
5,40	36,00	2,4	15,33333	6,5
5,60	38,00	2,1	18,47619	5,4
5,80	34,00	1,8	19,33333	5,2
6,00	27,00	1,6	17,375	5,8
6,20	23,00	1,1	21,81818	4,6
6,40	27,00	1,5	18,66667	5,4
6,60	20,00	1,4	15,0	6,7
6,80	31,00	1,7	18,82353	5,3
7,00	34,00	1,7	20,58824	4,9
7,20	31,00	1,7	18,88235	5,3
7,40	27,00	1,4	20,07143	5,0
7,60	33,00	1,8	18,94444	5,3
7,80	40,00	1,9	21,63158	4,6
8,00	43,00	2,3	19,17391	5,2
8,20	69,00	2,4	29,25	3,4
8,40	77,00	1,5	52,13333	1,9
8,60	80,00	0,8	101,5	1,0
8,80	52,00	1,6	33,25	3,0
9,00	36,00	1,6	23,25	4,3
9,20	111,00	3,3	34,06061	2,9
9,40	32,00	2,1	15,90476	6,3
9,60	74,00	2,1	35,90476	2,8
9,80	65,00	3,1	21,41935	4,7
10,00	38,00	0,9	43,77778	2,3
10,20	62,00	3,9	16,28205	6,1
10,40	77,00	2,2	35,68182	2,8
10,60	60,00	4,7	13,08511	7,6
10,80	400,00	1,0	401,5	0,2
11,00	330,00	4,9	67,65306	1,5
11,20	206,00	3,1	67,0	1,5
11,40	243,00	1,7	143,94118	0,7
11,60	183,00	3,8	48,60526	2,1
11,80	257,00	1,6	161,6875	0,6
12,00	283,00	2,0	142,35	0,7
12,20	450,00	0,0		0,0

Probe CPT - Cone Penetration PROVA 1
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: CECCHI - VITALI
Cantiere: SANTA MARIA ARZILLA
Località: PESARO

Data: 31/03/2010



PICCHETTO 2 PROVA CPT

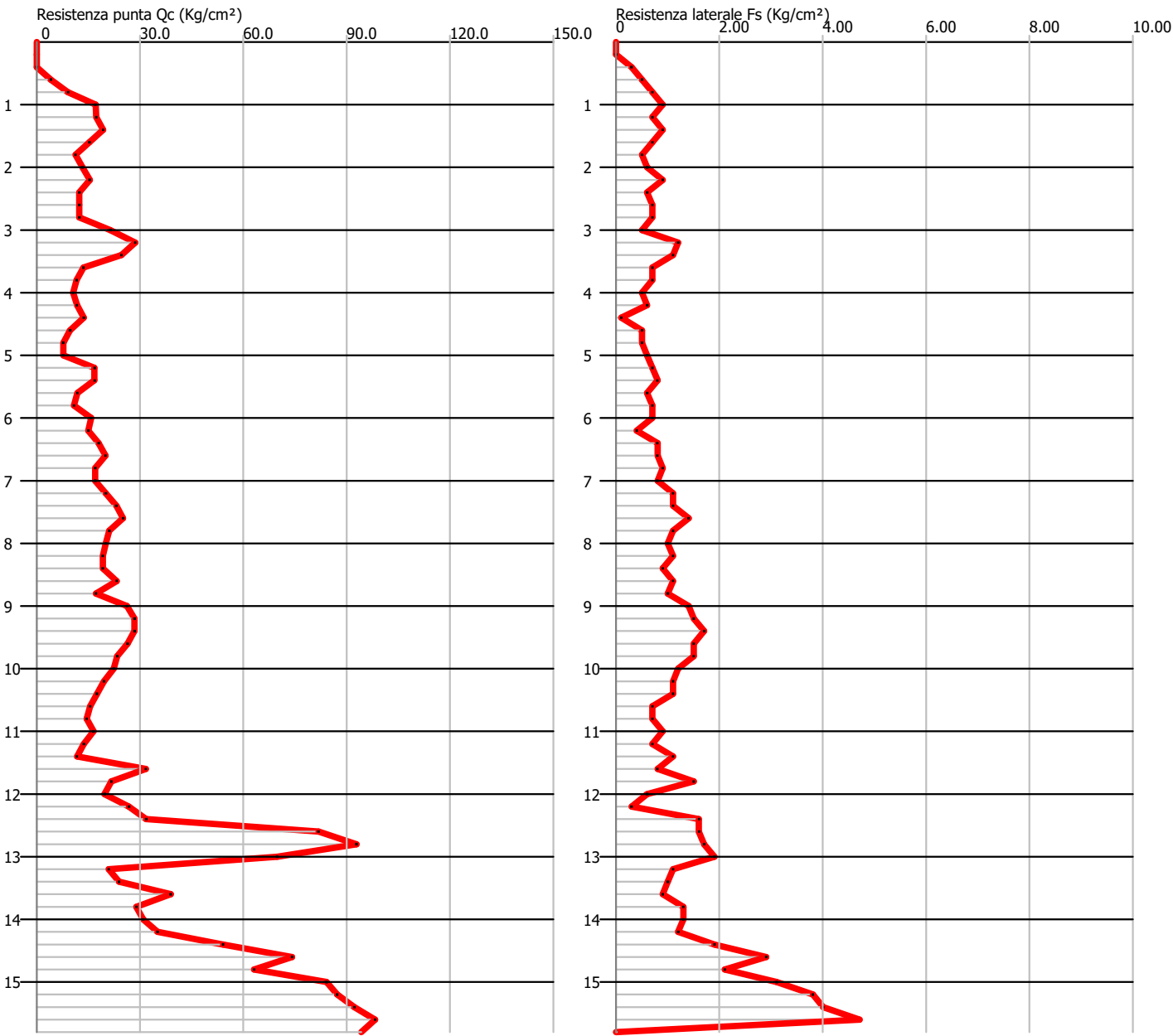
Profondità (m)	Qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0		
0,40	0,00	0,3	0,0	
0,60	4,00	0,5	8,2	12,2
0,80	9,00	0,7	13,0	7,7
1,00	17,00	0,9	19,0	5,3
1,20	17,00	0,7	24,71429	4,0
1,40	19,00	0,9	21,44444	4,7
1,60	15,00	0,7	21,85714	4,6
1,80	11,00	0,5	22,6	4,4
2,00	13,00	0,6	22,16667	4,5
2,20	15,00	0,9	17,11111	5,8
2,40	12,00	0,6	20,66667	4,8
2,60	12,00	0,7	17,71429	5,6
2,80	12,00	0,7	17,71429	5,6
3,00	21,00	0,5	42,8	2,3
3,20	28,00	1,2	23,83333	4,2
3,40	24,00	1,1	22,36364	4,5
3,60	13,00	0,7	19,42857	5,1
3,80	11,00	0,7	16,57143	6,0
4,00	10,00	0,5	21,2	4,7
4,20	11,00	0,6	19,5	5,1
4,40	13,00	0,1	137,0	0,7
4,60	9,00	0,5	19,4	5,2
4,80	7,00	0,5	15,4	6,5
5,00	7,00	0,6	12,83333	7,8
5,20	16,00	0,7	24,0	4,2
5,40	16,00	0,8	21,0	4,8
5,60	11,00	0,6	19,66667	5,1
5,80	10,00	0,7	15,42857	6,5
6,00	15,00	0,7	22,57143	4,4
6,20	14,00	0,4	37,5	2,7
6,40	17,00	0,8	22,5	4,4
6,60	19,00	0,8	25,0	4,0
6,80	16,00	0,9	18,88889	5,3
7,00	16,00	0,8	21,25	4,7
7,20	19,00	1,1	18,27273	5,5
7,40	22,00	1,1	21,0	4,8
7,60	24,00	1,4	17,92857	5,6
7,80	20,00	1,1	19,18182	5,2
8,00	19,00	1,0	20,1	5,0
8,20	18,00	1,1	17,45455	5,7
8,40	18,00	0,9	21,33333	4,7
8,60	22,00	1,1	21,09091	4,7
8,80	16,00	1,0	17,2	5,8
9,00	25,00	1,4	18,71429	5,3
9,20	27,00	1,5	18,93333	5,3
9,40	27,00	1,7	16,70588	6,0
9,60	25,00	1,5	17,6	5,7
9,80	22,00	1,5	15,6	6,4
10,00	21,00	1,2	18,66667	5,4
10,20	18,00	1,1	17,72727	5,6
10,40	16,00	1,1	15,90909	6,3
10,60	14,00	0,7	22,14286	4,5
10,80	13,00	0,7	20,71429	4,8
11,00	15,00	0,9	18,33333	5,5
11,20	12,00	0,7	19,57143	5,1
11,40	10,00	1,1	10,63636	9,4
11,60	30,00	0,8	39,625	2,5
11,80	20,00	1,5	14,46667	6,9
12,00	18,00	0,6	32,83333	3,0
12,20	25,00	0,3	89,33333	1,1

12,40	30,00	1,6	19,875	5,0
12,60	80,00	1,6	51,125	2,0
12,80	91,00	1,7	54,58824	1,8
13,00	68,00	1,9	36,73684	2,7
13,20	19,00	1,1	19,0	5,3
13,40	22,00	1,0	23,9	4,2
13,60	37,00	0,9	43,22222	2,3
13,80	27,00	1,3	22,23077	4,5
14,00	29,00	1,3	23,76923	4,2
14,20	33,00	1,2	29,25	3,4
14,40	52,00	1,9	28,47368	3,5
14,60	72,00	2,9	25,55172	3,9
14,80	61,00	2,1	30,04762	3,3
15,00	82,00	3,1	27,12903	3,7
15,20	85,00	3,8	22,94737	4,4
15,40	90,00	4,0	23,05	4,3
15,60	96,00	4,7	20,89362	4,8
15,80	92,00	0,0		0,0

Probe CPT - Cone Penetration PROVA 2
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: CECCHI - VITALI
Cantiere: SANTA MARIA ARZILLA
Località: PESARO

Data: 31/03/2010



PICCHETTO 3 PROVA CPT

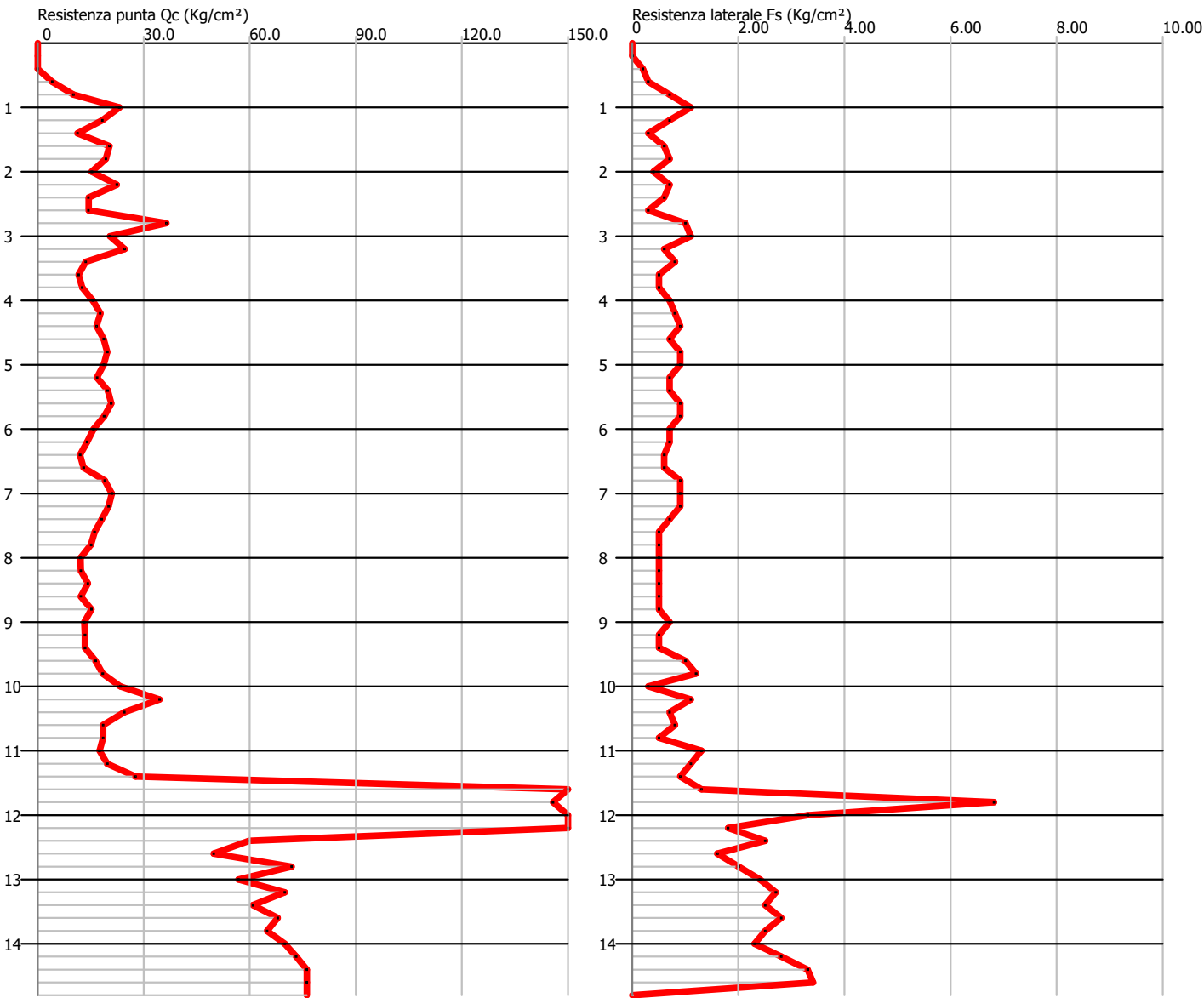
Profondità (m)	Qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0		
0,40	0,00	0,2	0,0	
0,60	4,00	0,3	13,66667	7,3
0,80	10,00	0,7	14,42857	6,9
1,00	23,00	1,1	21,0	4,8
1,20	18,00	0,7	26,14286	3,8
1,40	11,00	0,3	37,66667	2,7
1,60	20,00	0,6	33,83333	3,0
1,80	19,00	0,7	27,57143	3,6
2,00	15,00	0,4	38,25	2,6
2,20	22,00	0,7	32,0	3,1
2,40	14,00	0,6	24,0	4,2
2,60	14,00	0,3	48,0	2,1
2,80	36,00	1,0	36,4	2,7
3,00	20,00	1,1	18,54545	5,4
3,20	24,00	0,6	41,0	2,4
3,40	13,00	0,8	17,0	5,9
3,60	11,00	0,5	23,2	4,3
3,80	12,00	0,5	25,2	4,0
4,00	15,00	0,7	22,28571	4,5
4,20	17,00	0,8	22,125	4,5
4,40	16,00	0,9	18,55556	5,4
4,60	18,00	0,7	26,71429	3,7
4,80	19,00	0,9	21,88889	4,6
5,00	18,00	0,9	20,77778	4,8
5,20	16,00	0,7	24,0	4,2
5,40	19,00	0,7	28,28571	3,5
5,60	20,00	0,9	23,11111	4,3
5,80	18,00	0,9	20,88889	4,8
6,00	15,00	0,7	22,57143	4,4
6,20	13,00	0,7	20,0	5,0
6,40	11,00	0,6	20,0	5,0
6,60	12,00	0,6	21,66667	4,6
6,80	18,00	0,9	21,11111	4,7
7,00	20,00	0,9	23,33333	4,3
7,20	19,00	0,9	22,33333	4,5
7,40	17,00	0,7	25,85714	3,9
7,60	15,00	0,5	32,2	3,1
7,80	14,00	0,5	30,2	3,3
8,00	11,00	0,5	24,2	4,1
8,20	11,00	0,5	24,4	4,1
8,40	13,00	0,5	28,4	3,5
8,60	11,00	0,5	24,4	4,1
8,80	14,00	0,5	30,4	3,3
9,00	12,00	0,7	18,85714	5,3
9,20	12,00	0,5	26,8	3,7
9,40	12,00	0,5	26,8	3,7
9,60	15,00	1,0	16,4	6,1
9,80	17,00	1,2	15,33333	6,5
10,00	22,00	0,3	78,0	1,3
10,20	33,00	1,1	31,36364	3,2
10,40	23,00	0,7	35,0	2,9
10,60	17,00	0,8	23,125	4,3
10,80	17,00	0,5	37,0	2,7
11,00	16,00	1,3	13,46154	7,4
11,20	18,00	1,1	17,90909	5,6
11,40	26,00	0,9	30,77778	3,2
11,60	238,00	1,3	184,38462	0,5
11,80	144,00	6,8	21,42647	4,7
12,00	248,00	3,3	75,66667	1,3
12,20	155,00	1,8	87,11111	1,1

12,40	58,00	2,5	23,92	4,2
12,60	48,00	1,6	31,125	3,2
12,80	70,00	2,0	35,9	2,8
13,00	55,00	2,4	23,66667	4,2
13,20	68,00	2,7	25,88889	3,9
13,40	59,00	2,5	24,36	4,1
13,60	66,00	2,8	24,25	4,1
13,80	63,00	2,5	25,96	3,9
14,00	68,00	2,3	30,3913	3,3
14,20	71,00	2,8	26,10714	3,8
14,40	74,00	3,3	23,06061	4,3
14,60	74,00	3,4	22,38235	4,5
14,80	74,00	0,0		0,0

Probe CPT - Cone Penetration PROVA 3
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: CECCHI - VITALI
Cantiere: SANTA MARIA ARZILLA
Località: PESARO

Data: 31/10/2010



ALLEGATO 8 Indagine sismica

PESARO, S.MARIA ARZILLA PP HV1

Instrument: TEP-0038/01-09

Start recording: 08/07/14 10:40:56 End recording: 08/07/14 10:56:57

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h16'00". Analyzed 65% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

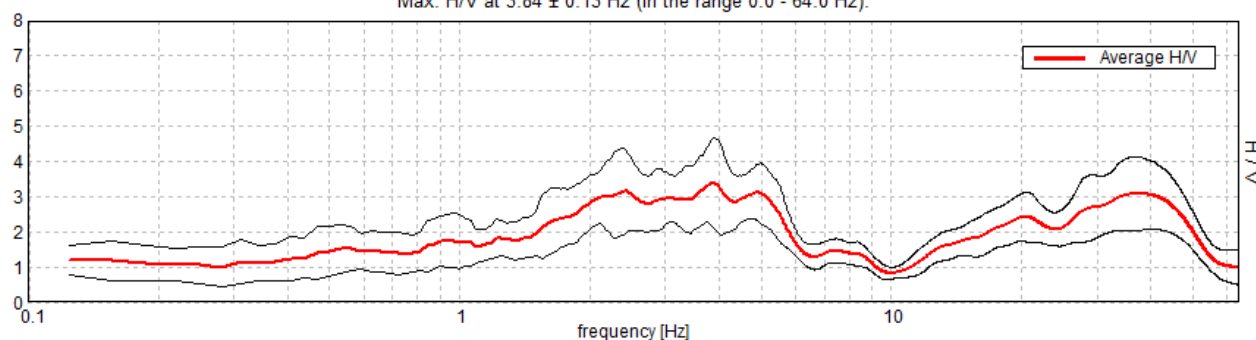
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

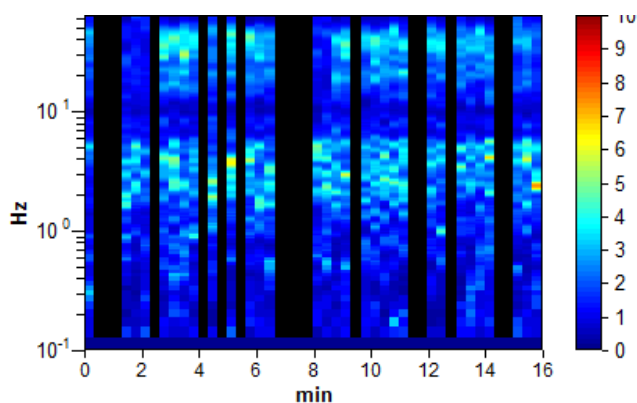
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

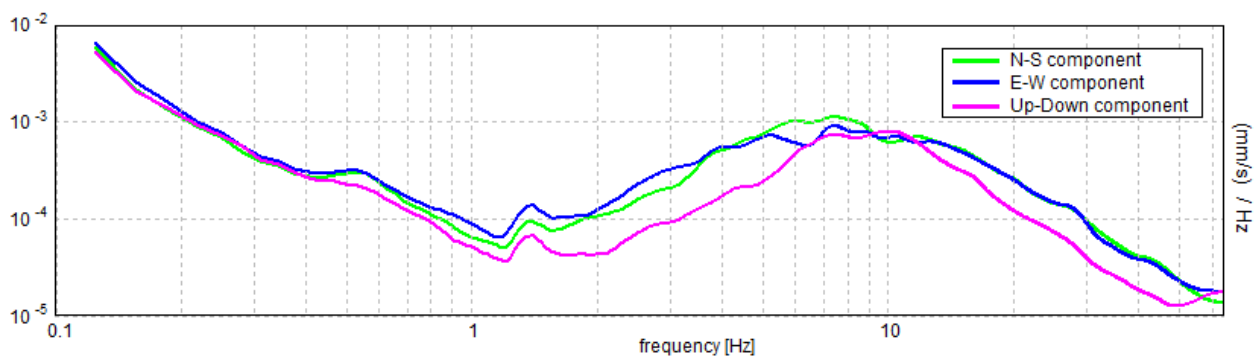
Max. H/V at 3.84 ± 0.13 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

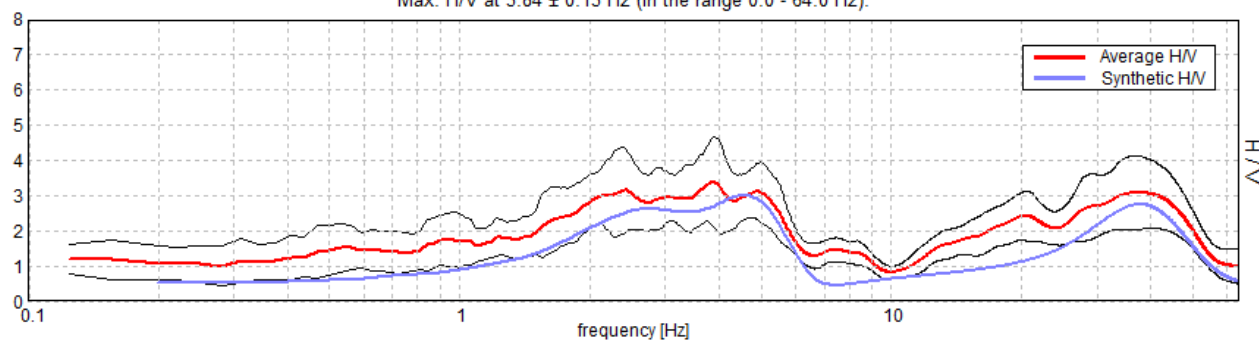


SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 3.84 ± 0.13 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.40	0.40	90	0.35
0.90	0.50	140	0.35
11.90	11.00	230	0.35
12.90	1.00	450	0.25
14.10	1.20	230	0.35
34.10	20.00	540	0.35
54.10	20.00	570	0.35
69.10	15.00	720	0.35
inf.	inf.	880	0.35

Vs(0.0-30.0)=324m/s

ALLEGATO 9 Tabulati verifiche di stabilità

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955)

Lat./Long.	43.841316/12.89246
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	40.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.3
Coefficiente parziale resistenza	1.0
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	27.69 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	13.55 m
Ascissa vertice destro superiore xs	121.75 m
Ordinata vertice destro superiore ys	60.79 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	50.0
Numero di celle lungo y	50.0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.48	2.42	0.28
S.L.D.	50.0	0.62	2.56	0.28
S.L.V.	475.0	1.8	2.48	0.3
S.L.C.	975.0	2.34	2.53	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.72	0.2	0.0147	0.0073
S.L.D.	0.93	0.2	0.019	0.0095
S.L.V.	2.5683	0.24	0.0629	0.0314
S.L.C.	3.1304	0.28	0.0894	0.0447

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.0894
Coefficiente azione sismica verticale	0.0447

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-9.0
2	47.7	-8.5
3	53.98	-7.0
4	57.01	-6.5
5	60.13	-6.0
6	66.73	-5.0
7	73.69	-4.0
8	81.2	-3.0
9	85.76	-2.0
10	93.56	-1.2
11	95.56	-2.0
12	104.56	-2.0
13	110.58	0.0
14	113.63	0.2
15	166.4	0.5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	-0.08	-9.68
2	47.05	-9.44
3	50.76	-9.24
4	54.73	-8.76
5	60.4	-7.95
6	64.69	-7.46
7	68.74	-7.14
8	76.27	-6.0
9	88.59	-4.71
10	93.42	-1.37
11	107.39	-1.17
12	109.57	-2.28
13	111.03	-3.49
14	111.76	-4.22
15	113.63	-6.0
16	166.4	-6.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-14.0
2	123.33	-12.4
3	166.4	-10.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Coesione non drenata (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia	
--------	-----------------------------------	--	-----------------------------------	---	-------------------------------------	-----------	--

			(°)				
1	0.04		22	1900	2000	DEPOSITI ALLUVIONALI	
2	0.1		26	1950	2050	FORMAZIONE GEOLOGICA	

Carichi distribuiti

N°	xi (m)	yi (m)	xf (m)	yf (m)	Carico esterno (kg/cm²)
1	118.58	-3.5	131.08	-3.428937	0.4
2	141.08	-3.5	166.08	-3.357874	0.4

Risultati analisi pendio

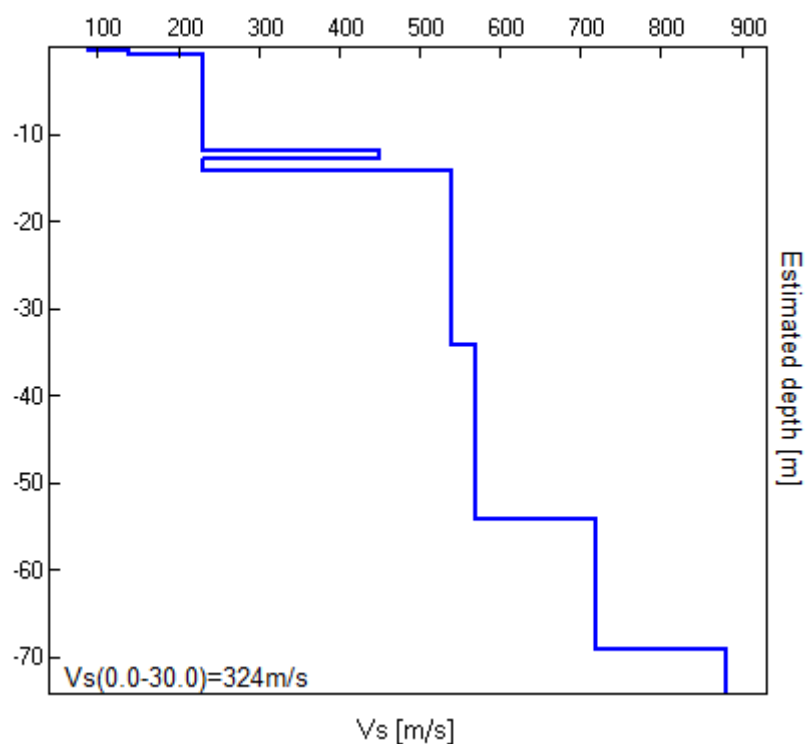
Fs minimo individuato	1.45
Ascissa centro superficie	63.43 m
Ordinata centro superficie	48.51 m
Raggio superficie	59.75 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 63.435 yc = 48.506 Rc = 59.752 Fs=1.446

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.25	-16.7	1.3	467.88	41.83	20.91	0.04	22.0	0.0	651.6	541.9
2	0.85	-15.7	0.89	833.92	74.55	37.28	0.04	22.0	0.0	1014.8	528.8
3	1.64	-14.5	1.69	3267.0	292.07	146.03	0.04	22.0	0.0	3765.7	1519.9
4	1.25	-13.0	1.28	4187.2	374.34	187.17	0.04	22.0	518.8	4113.2	1502.8
5	1.25	-11.8	1.27	5587.47	499.52	249.76	0.04	22.0	980.2	5077.1	1770.5
6	1.25	-10.6	1.27	6926.07	619.19	309.6	0.04	22.0	1480.6	5914.3	2002.9
7	0.9	-9.5	0.92	5823.19	520.59	260.3	0.04	22.0	1365.3	4787.9	1591.2
8	1.59	-8.3	1.61	1597.69	1036.83	518.42	0.04	22.0	2967.5	9162.4	3003.6
9	1.44	-6.9	1.45	11831.53	1057.74	528.87	0.04	22.0	3295.9	8946.8	2901.2
10	1.05	-5.7	1.06	9324.87	833.64	416.82	0.04	22.0	2730.9	6845.1	2204.1
11	1.25	-4.6	1.25	11777.49	1052.91	526.45	0.04	22.0	3562.1	8457.6	2708.5
12	0.82	-3.6	0.83	8184.11	731.66	365.83	0.04	22.0	2544.5	5765.1	1839.0
13	1.67	-2.4	1.67	17412.59	1556.69	778.34	0.04	22.0	5518.4	12062.9	3831.7
14	1.25	-1.0	1.25	13657.95	1221.02	610.51	0.04	22.0	4383.6	9325.7	2950.0
15	1.25	0.2	1.25	14142.95	1264.38	632.19	0.04	22.0	4572.0	9559.3	3015.2
16	1.25	1.4	1.25	14561.26	1301.78	650.89	0.04	22.0	4707.7	9780.4	3077.1
17	1.19	2.6	1.21	14287.94	1277.34	638.67	0.04	22.0	4589.7	9572.3	3004.9
18	1.3	3.8	1.3	15809.2	1413.34	706.67	0.04	22.0	5020.5	10592.7	3319.0
19	1.25	5.0	1.25	15380.64	1375.03	687.51	0.04	22.0	4817.6	10320.5	3229.2
20	1.25	6.2	1.25	15523.11	1387.77	693.88	0.04	22.0	4900.9	10333.1	3233.4
21	1.25	7.4	1.26	15599.88	1394.63	697.31	0.04	22.0	4953.1	10316.3	3229.6
22	1.25	8.6	1.26	15608.75	1395.42	697.71	0.04	22.0	4957.3	10284.8	3221.8
23	0.68	9.6	0.69	8478.73	758.0	379.0	0.04	22.0	2692.1	5573.9	1747.5
24	1.81	10.8	1.85	22470.83	2008.89	1004.45	0.04	22.0	7136.5	14729.5	4625.6
25	1.25	12.3	1.28	15172.8	1356.45	678.22	0.04	22.0	4797.2	9937.7	3129.0
26	1.25	13.5	1.28	14873.65	1329.7	664.85	0.04	22.0	4620.9	9801.7	3092.7
27	1.25	14.7	1.29	14502.58	1296.53	648.27	0.04	22.0	4394.2	9649.5	3052.1

28	1.25	16.0	1.314059.89	1256.95	628.48	0.04	22.0	4131.7	9467.3	3003.3
29	0.71	16.9	0.74 7813.78	698.55	349.28	0.04	22.0	2233.6	5318.0	1691.8
30	1.78	18.2	1.87 18948.7	1694.01	847.01	0.04	22.0	5108.2	13187.7	4202.3
31	1.25	19.7	1.3212778.72	1142.42	571.21	0.04	22.0	3122.7	9204.7	2937.6
32	1.53	21.2	1.6515061.04	1346.46	673.23	0.04	22.0	3270.8	11249.8	3598.0
33	0.96	22.4	1.04 8847.68	790.98	395.49	0.04	22.0	1688.7	6838.2	2196.8
34	1.25	23.6	1.3610633.34	950.62	475.31	0.04	22.0	1763.7	8479.6	2745.0
35	1.25	24.9	1.37 9554.3	854.15	427.08	0.04	22.0	1228.1	7969.5	2606.4
36	1.25	26.2	1.39 8480.26	758.14	379.07	0.04	22.0	1567.0	6607.9	2230.2
37	1.25	27.6	1.41 7315.36	653.99	327.0	0.04	22.0	1849.2	5204.1	1842.6
38	1.86	29.3	2.13 8554.55	764.78	382.39	0.04	22.0	3192.6	5028.8	1994.2
39	0.63	30.6	0.74 2002.12	178.99	89.49	0.04	22.0	983.8	912.1	458.3
40	1.25	31.7	1.46 796.18	71.18	35.59	0.04	22.0	1243.6	584.8	568.4



[According to the SESAME, 2005 guidelines]

Max. H/V at 3.84 ± 0.13 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.84 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2383.1 > 200$	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 186 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.39 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01635 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06286 < 0.19219$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5973 < 1.58$	OK	

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

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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