

OGGETTO:

PROGETTO PER PIANO URBANISTICO ATTUATIVO UNITARIO
"SAN ROCCHETTO A QUINZANO"
ai sensi dell'art. 20 L.R.V. 11/2004
SCHEMA NORMA N° 131
loc. QUINZANO ATO 2 CIRCOSCRIZIONE 2°

SOGGETTI ATTUATORI:

MORGANA S.r.l	P.I	04038630234
AITECO COSTRUZIONI S.r.l	P.I	03841050234
EGG PROPERTY S.r.l	P.I	04877930232
SILVESTRI SANDRO	C.F	SLVSDR74H17L781L
NONIEGO DINA	C.F	NNGDNI35A67L781V
BERTOLDI MARIA	C.F	BRTMRA55P43E502B
RESIDORI DEBORA	C.F	RSDDBR76C71L781U

MORGANA S.R.L	P.I 04038630234	_____
AITECO COSTRUZIONI S.R.L	P.I 03841050234	_____
EGG PROPERTY S.R.L	P.I 0487793232	_____
SILVESTRI SANDRO	C.F SLVSDR74H17L781V	_____
NONIEGO DINA	C.F NNGDNI35A67L781V	_____
BERTOLDI MARIA	C.F BRTMRA55P43E502B	_____
RISIDORI DEBORA	C.F RSDDBR76C71L781U	_____
IL PROGETTISTA		
ARCH. LONARDI MARTINA	C.F: LNRMTN88B45B296I	_____

NUOVA TAVOLA

TAV. 9.9.3	GENNAIO 2024
SCHEMA OPERE DI URBANIZZAZIONE PONTE RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA	

COMUNE DI VERONA

PROVINCIA DI VERONA

Committente: Immobiliare Eureka s.r.l.

NUOVO PONTE DI COLLEGAMENTO TRA VIA SELVA
E VIA ZAVARISE NELLA FRAZIONE DI QUINZANO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA



Francesco Rizzotto
Francesco Rizzotto
geologo



Cristiano Tosi
Cristiano Tosi
geologo

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED INGEGNERIA AMBIENTALE

Via Sabotino 1/B - 37124 VERONA - tel. fax : 045 / 830.10.96 n°2 linee a r.a.

e-mail: studio@sgta.it

INDICE

1.	<i>PREMESSA</i>	3
1.1	INDAGINI ESEGUITE	4
1.2	CONDIZIONI PROGRAMMATICHE DI FRAGILITA' GEOLOGICA DELL'AREA	4
2.	<i>DATI DI INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO</i>	5
3.	<i>INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA DEL SOTTOSUOLO</i>	7
3.1	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	8
3.2	PROVE DI PENETRAZIONE DINAMICA SPT	13
3.3	PROSPEZIONE IN SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR.....	14
4.	<i>MODELLO LITOLOGICO E GEOTECNICO DI PROGETTO</i>	23
5.	<i>ANALISI SISMICA DELL'AREA IN STUDIO</i>	25
6.	<i>CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE</i>	28

ELENCO ALLEGATI

1 - TOPOGRAFIAscala 1:25.000

2 - CARTA TECNICA REGIONALEscala 1:5.000

1. PREMESSA

Su incarico e per conto dell'Immobiliare Eureka s.r.l. è stata svolta un'indagine geologica, geotecnica e sismica sui terreni interessati dal progetto per la costruzione di un ponte, sul Torrente Quinzano, di collegamento tra Via Selva e Via Virgilio Zavarise in località Quinzano, in comune di Verona.



Ubicazione nuovo ponte sul Torrente Quinzano

Le indagini, descritte nella presente relazione, sono state condotte in ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 11.03.1988 «*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*» e dal D.M. 14.01.2008 «*Norme tecniche per le costruzioni*».

Il presente studio si propone di

- verificare l'idoneità dell'area dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico;
- riconoscere le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area;
- ricostruire la successione litostratigrafica del sottosuolo;
- caratterizzare la risposta sismica locale;
- definire le fondamentali caratteristiche geotecniche e la resistenza dei terreni di fondazione.

1.1 INDAGINI ESEGUITE

- ricerca e consultazione di dati bibliografici e cartografici di inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area;
- numero 2 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità di 10 e 15 m dal p.c.;
- 7 prove di penetrazione dinamica standar (SPT) in foro di sondaggio a profondità comprese tra 3 e 13.5 m;
- caratterizzazione geofisica del sottosuolo basata sulla tecnica dei rapporti spettrali (o HVSR, Horizontal to Vertical Spectral Ratio), svolta mediante un tromometro digitale modello "Tromino".

1.2 CONDIZIONI PROGRAMMATICHE DI FRAGILITA' GEOLOGICA DELL'AREA

L'Ordinanza del P.C.d.M. n°3274, del 20.03.2003, e sue integrazioni e modifiche, inseriscono il Comune di Verona tra i territori sismici in Zona 3.

Il Piano di Assetto del Territorio e il Piano degli Interventi del Comune di Verona, inseriscono l'area di intervento nella classe di penalizzazione ai fini edificatori "TERRENO MEDIOCRE": *l'edificabilità è possibile, ma richiede indagini geognostiche specifiche, verifiche di stabilità ed eventuali interventi di stabilizzazione preventivi.*

Gli stessi piani individuano per l'area in studio una Vulnerabilità intrinseca degli acquiferi BASSA: *Aree caratterizzate dalla presenza di alluvioni fluviali, fluvioglaciali e torrentizie a composizione litologica prevalentemente fine (argille e argille limose) con permeabilità primaria bassa; strati di alterazione superficiale in genere cospicui con frazione fine prevalente; aree intravallive sovralluvionate allo sbocco della pianura fluvioglaciale, con morfologia subpianeggiante, presenza di conoidi torrentizie di valli laterali e di coltri detritiche di raccordo con i rilievi rocciosi; dinamica geomorfologica prevalente: fluviale fluvioglaciale e torrentizia, localmente gravitativa; presenza di falda principale confinata o semiconfinata.*

Per il **P.A.I.** (Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità dell'Adige) questa porzione del territorio comunale non è considerata a pericolosità o a rischio idraulico.

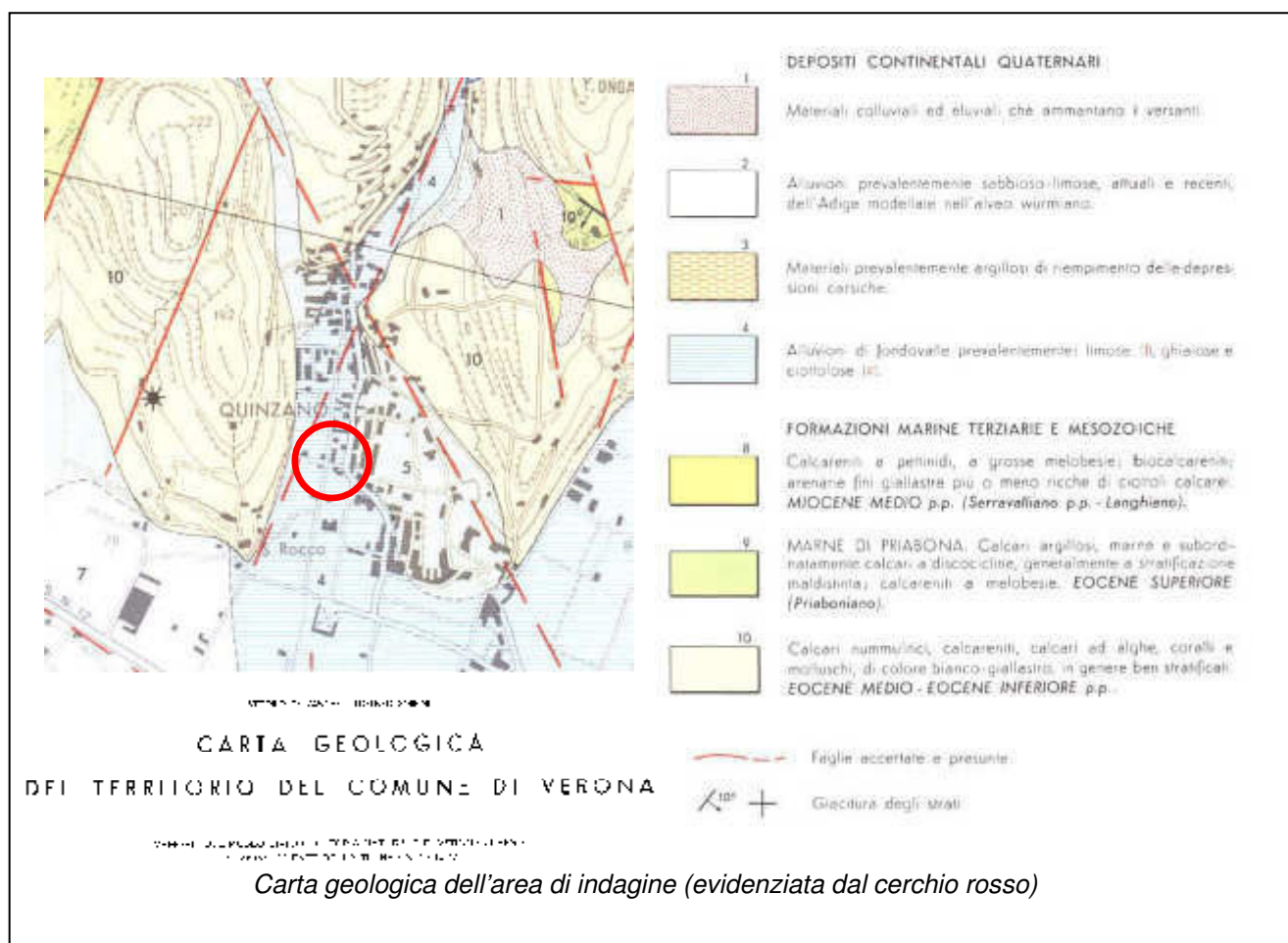
2. DATI DI INQUADRAMENTO GEOGRAFICO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area in esame è situata nella frazione di Quinzano, in comune di Verona, ad una quota di circa 92 metri s.l.m. - si vedano gli allegati 1 «Topografia alla scala 1:25.000», stralcio della Tavoletta I.G.M. F°49 III N.O. «Verona» e 2 «Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5.000», tratta dall'elemento n°123123 «Quinzano»

La valle di Quinzano si trova alle estreme propaggini meridionali della regione lessinea centrale, che si identifica in una struttura a tavolato, leggermente immergente verso meridione, costituita in prevalenza da litotipi calcarei e subordinatamente vulcanici e vulcanoclastici, di età mesozoica-cenozoica.

L'area oggetto di indagine occupa il piatto fondovalle percorso dal Progno di Quinzano; poche decine di metri ad Ovest si trovano invece le pendici calcaree del rilievo collinare denominato Monte Cavo.

Il fondovalle in esame è costituito da un materasso alluvionale torrentizio di potenza metrica, composto in prevalenza da argille e limi argillosi, con alternanze di strati sabbiosi e ghiaiosi in matrice limo - argillosa.



Dal punto di vista strutturale, questa porzione collinare della regione lessinea, è interessata da sistemi di faglie o fratture subverticali, allineate secondo direttrici N.N.E – S.S.O. e N.N.O. - S.S.E., sulle quali risultano impostate le principali vallate.

Da un punto di vista idrologico e idrogeologico, il regime del progno di Quinzano sul quale è previsto il nuovo ponte, è tipicamente torrentizio con circolazione in alveo significativa limitata a pochi giorni all'anno, in occasione di eventi meteorologici particolarmente intensi e prolungati.

L'area non è stata interessata da esondazioni o allagamenti e non è a rischio idraulico.

Anche per il **P.A.I.** (Piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità dell'Adige) questa porzione del territorio comunale non è considerata a pericolosità o a rischio idraulico.

Le condizioni idrogeologiche dell'area in esame sono legate alla permeabilità dei litotipi presenti nel sottosuolo, all'assetto stratigrafico ed alla morfologia locale; questi fattori determinano ovviamente anche i caratteri della rete idrografica superficiale ed il deflusso delle acque meteoriche.

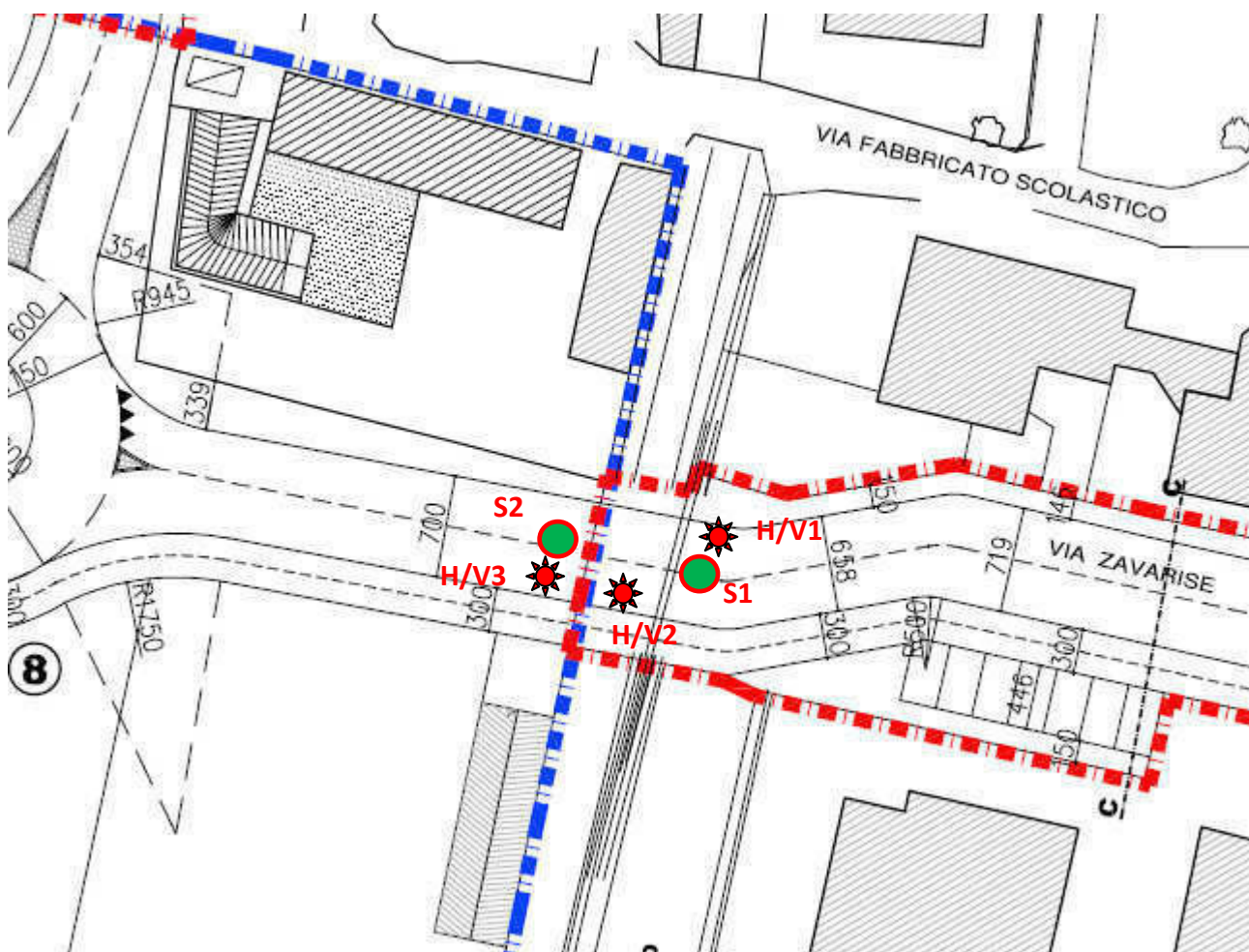
Nell'area di studio la falda principale è ospitata all'interno dell'ammasso roccioso calcareo presente al di sotto delle alluvioni limose e argillose a bassa permeabilità. Sulla base di dati reperiti in letteratura il sottosuolo non è dunque interessato da falde a profondità limitate, come confermato anche dalle indagini dirette eseguite ed in particolare dai sondaggi spinti fino alla profondità massima di 15 m dal piano campagna senza incontrare alcun livello saturo.

3. INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA DEL SOTTOSUOLO

Per la determinazione del modello litologico, geotecnico e sismico del sottosuolo in esame sono state eseguite le seguenti indagini:

- n°2 sondaggi a carotaggio continuo
- n°7 Standard penetration test nei fori di sondaggio
- n°3 prospezioni in sismica passiva a stazione singola basata sulla tecnica dei rapporti spettrali (o HVSR, Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

L'ubicazione delle indagini è evidenziata nella seguente planimetria a scala 1:500



Sondaggio a carotaggio continuo con SPT e suo numero identificativo



Prospezione in sismica passiva H/V

3.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Ai fini di una caratterizzazione geolitologica e geotecnica puntuale dei terreni di fondazione del ponte in progetto sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità di 10 e 15 m dal p.c., il primo sulla sponda sinistra e il secondo su quella destra del Prognò di Quinzano.



Postazioni del Sondaggio 1



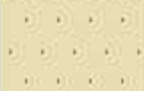
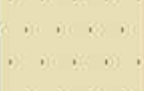
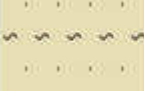
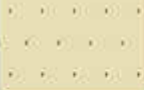
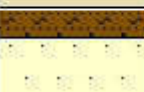
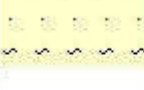
Postazioni del Sondaggio 2

Nelle pagine seguenti si riporta la scheda della descrizione stratigrafica delle carote estratte e la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici

Committente Immobiliare Eureka s.r.l.		Indirizzo S1	Profondità massima 10 m	Quota Abs. P.C. 80.5	Tipo Sonda Fraste	
Cantieri Quinzano Via Zavarise		Tipi Geologgi continuo	Integrità Esecuzione 23 ottobre 2013	Coordinate X-Y		Operatore A. Baronchelli

m	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.I.	P.P. kg/cmq	Falda	Note
		sottofondo ghiaio-sabbioso	0.50				
1		argilla limosa debolmente ghiaiosa marrone	1.40		> 3.0		
2		limo e sabbia fine debolmente argillosa nocciola	2.50				
		masso calcareo	2.70				
3		argilla limosa marrone		3 - 4 - 6 3.00 PA	2.5		
		argilla marrone, plastica	3.60				
4			4.40		2.0 - 2.5		
		limo argillo-sabbioso marrone					
5			5.40				
		argilla marrone	5.60		1.0 - 1.5		
		limo argilloso marrone	6.00	3 - 5 - 7 6.00 PA	1.0		
6		argilla marrone, compatta	6.60		1.5		
		argilla limosa marrone	7.30		1.0		
7							
		sabbia medio-fine debolmente limosa nocciola					
8							
9				13 - 13 - 14 9.00 PA			
10			10.00				
11							
12							
13							
14							
15							

Dammi la data	Indirizzo	Profondità raggiunta	Quota Abs. P.O.	Tipologia
Immobiliare Eureka s.r.l.	S2	15 m	91.0	Fraste
Caricatore	Tipologia	Indirizzo	Coordinate X Y	Operatore
Quinzano Via Zavarise	continuo	23 ottobre 2013		A. Baronchelli

m	Litologia	Descrizione	Quota	S.P.I.	P.P. kg/cmq	Falda	Note
		terreno vegetale limo-argilloso debolmente ghiaioso marrone	0.50				
		masso calcareo	0.70				
1		limo argilloso debolmente ghiaioso marrone	1.60				
2		ghiaia sabbiosa con massi calcarei		9 - 17 - 6 3.00 PA			
3		argilla limosa marrone	3.70				
4		argilla marrone, plastica	4.50		2.0		
5		limo argilloso marrone	5.00		2.5		
6		argilla marrone	5.60	2 - 4 - 7 6.00 PA	1.0		
7		limo sabbioso marrone	7.00		2.0 - 2.5		
8		sabbia medio-fine debolmente limosa nocciola	7.50				
9				9 - 12 - 13 9.00 PA			
10							
11							
12							
13							
		limo sabbioso nocciola scuro - grigio	13.50	1 - 2 - 5 13.50 PA			
14		sabbia limosa con ghiaio, umida	13.80				
15			15.00				

CASSETTE CATALOGATRICI S1



0.00 - 5.00



5.00 - 10.00

CASSETTE CATALOGATRICI S2



0.00 – 5.00



5.00 – 10.00



10.00 – 15.00

3.2 PROVE DI PENETRAZIONE DINAMICA SPT

La prova SPT standardizzata si effettua nel foro di sondaggio, facendo penetrare nel terreno, a percussione, una punta aperta di tipo Raymond, montata all'estremità di una batteria di aste cave, attraverso una massa battente di peso e altezza di caduta standardizzate.

L'esecuzione della prova SPT secondo le modalità classiche (campionatore Raymond) consiste nel rilevare il numero di colpi (rispettivamente N1, N2 ed N3) necessari per infiggere la punta per tre tratti successivi di 15 cm ciascuno. La resistenza alla penetrazione è caratterizzata dal numero di colpi richiesti per l'attraversamento degli ultimi due tratti, per complessivi 30 cm ($N_{spt} = N2 + N3$).

È da rilevare che la prova penetrometrica dinamica viene interrotta in presenza di una delle seguenti condizioni (rifiuto):

$N1 > 50$ colpi

$N2 + N3 > 100$ colpi

La prova SPT è, allo stato attuale, la più conosciuta e la più praticata al mondo e pertanto ha trovato un vastissimo campo di applicazione in geotecnica. Il numero di colpi ottenuto per infiggere il campionatore (N_{spt}) permette di valutare lo stato di addensamento e/o la consistenza dei depositi attraversati dal sondaggio e quindi, mediante le opportune correlazioni esistenti, di caratterizzare geotecnicamente gli stessi. La valutazione dei parametri geotecnici può essere affinata attraverso la normalizzazione dei risultati della prova con l'introduzione di fattori correttivi che tengono conto della pressione efficace del terreno sovrastante, del dispositivo utilizzato per la prova, della lunghezza del dispositivo di prova e delle caratteristiche del foro e del campionatore.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate le valutazioni geotecniche sui terreni testati nel corso del sondaggio.

SONDAGGIO 1

Prof. m	Nspt	Litologia	Φ °	Dr %	Ey MPa	Cu KPa	γ kN/m ³
3.00 – 3.45	10	coesiva	--	--	9	60	19
6.00 – 6.45	12	coesiva	--	--	11	75	20
9.00 - 9.45	27	incoerente	34	58	35	--	20

SONDAGGIO 2

Prof. m	Nspt	Litologia	Φ °	Dr %	Ey MPa	Cu KPa	γ kN/m ³
3.00 – 3.45	23	incoerente	33	55	35	--	20
6.00 – 6.45	11	coesiva	--	--	11	75	20
9.00 - 9.45	25	incoerente	34	58	36	--	20
13.50 -13.95	7	incoerente	29	26	<10	--	16

CORRELAZIONI UTILIZZATE

Φ (angolo di attrito)

Dr (densità relativa)

ν (modulo di Poisson)

Ey (modulo elastico)

γ (peso di volume)

Cu (coesione non drenata)

Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956

Skempton 1986

AGI

Apollonia

Meyerhof ed altri

Terzaghi e Peck

3.3 PROSPEZIONE IN SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA HVSR

La caratterizzazione geofisica del sottosuolo si è basata sulla tecnica dei rapporti spettrali (o HVSR, Horizontal to Vertical Spectral Ratio) ed è stata svolta mediante un tromometro digitale modello "Tromino", i cui dati sono stati analizzati ed interpretati con il software "Grilla".

Dalla registrazione dei microtremori in una stazione singola si ricava:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito (c.d. "effetto di sito"), da confrontare con la frequenza di vibrazione della struttura in progetto, al fine di evitare l'effetto di doppia risonanza;
- la velocità media delle onde di taglio V_s nei primi 30 metri di profondità, così come richiesto dalla normativa vigente, attraverso la conoscenza di un riflettore noto ricavato da dati stratigrafici;
- la stratigrafia delle prime decine di metri del sottosuolo, attraverso l'interpretazione della curva H/V, nella quale i vari livelli devono essere intesi come strati a diversa impedenza (impedenza = densità x velocità onde sismiche).



Stazione H/V 2 nell'alveo del Progno

Sono state eseguite tre prove, la prima sul lato sinistro del progno (Via Zavarise), la seconda sul letto del progno stesso e la terza sul lato opposto.

PROVA 1

Strumento: TRZ-0061/01-10

Inizio registrazione: 09/10/13 16:06:51 Fine registrazione: 09/10/13 16:20:51

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h14'00". Analizzato 71% tracciato (selezione manuale)

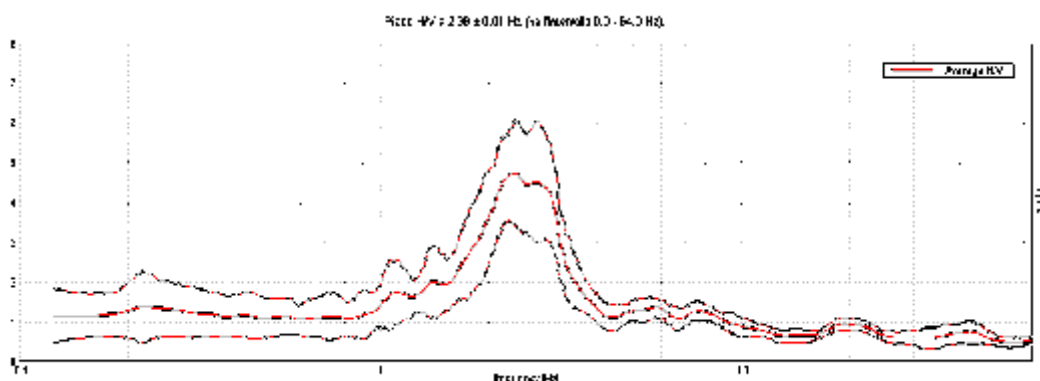
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

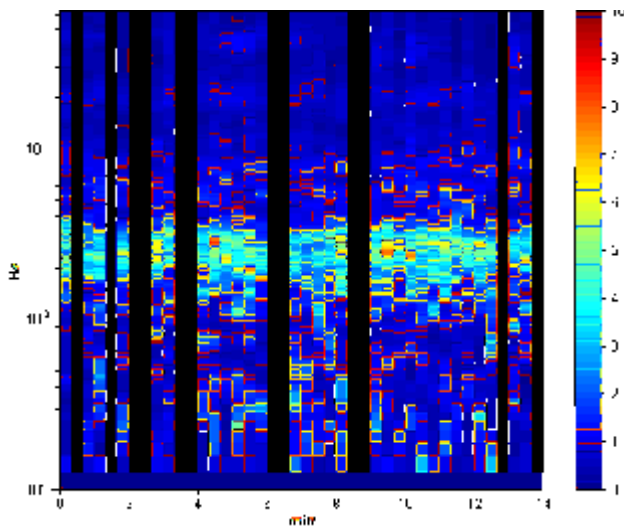
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

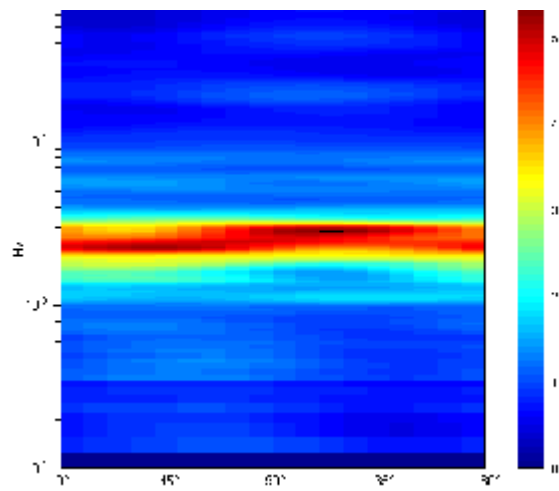
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



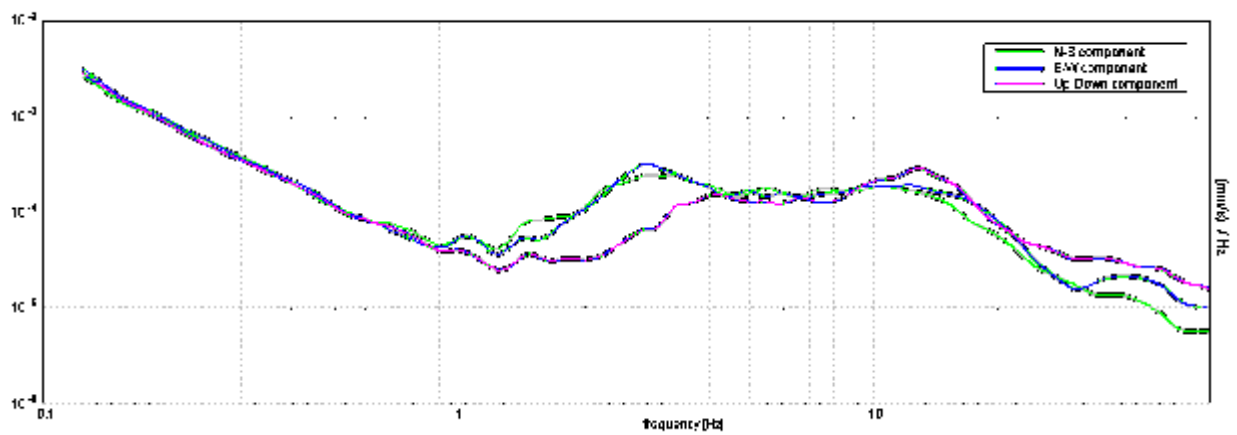
SERIE TEMPORALE H/V



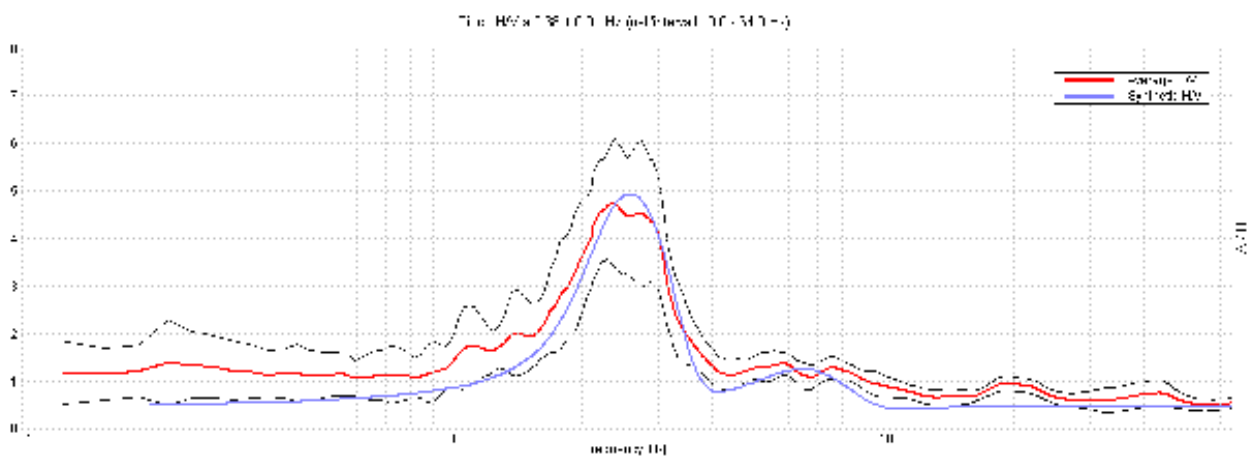
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

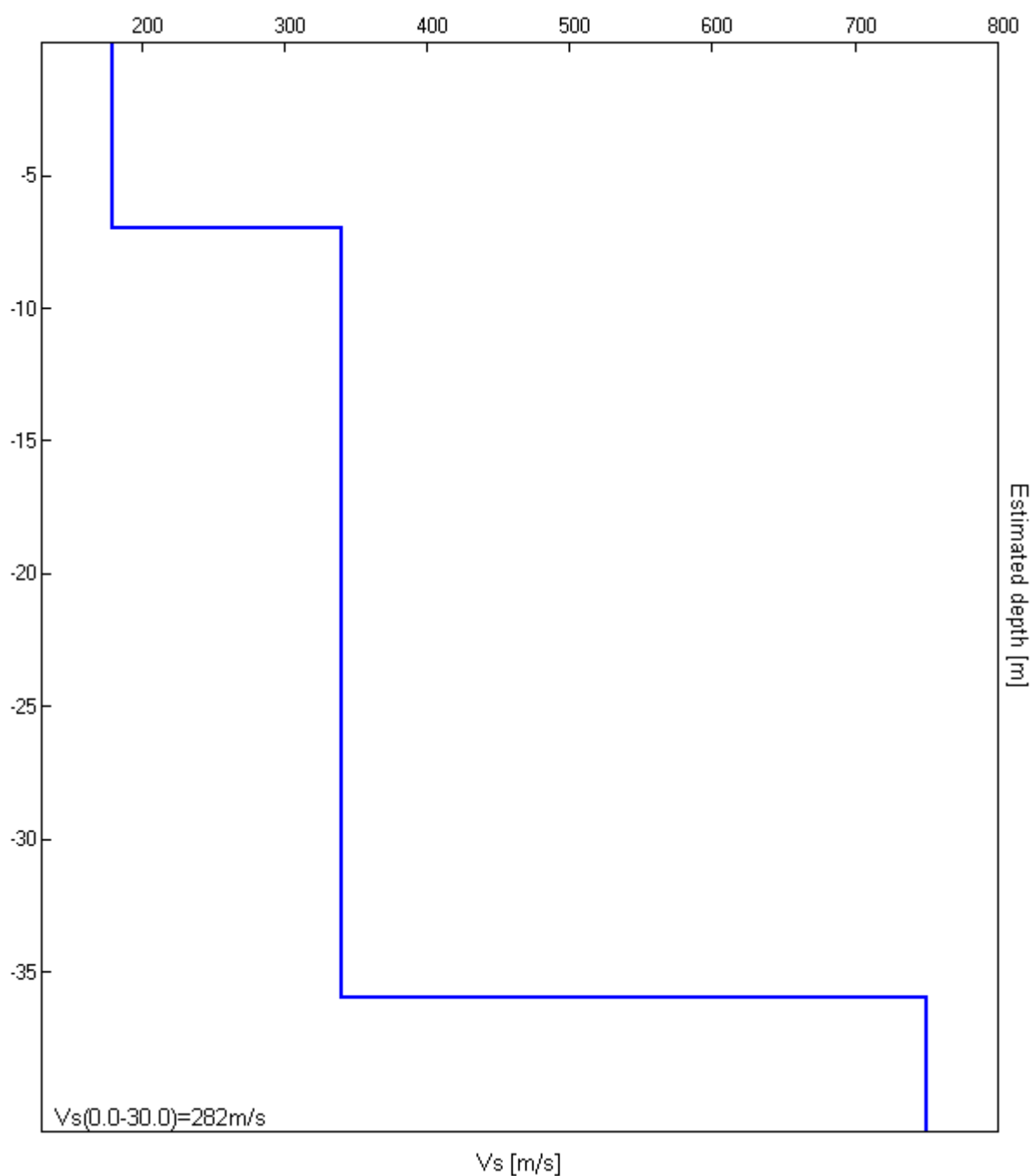


INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Litologia
0.00÷7.00	7	180	ARGILLE LIMOSE - LIMI ARGILLOSI
7.00÷36.00	29	340	SABBIE - SABBIE E GHIAIE
OLTRE	--	750	SUBSTRATO ROCCIOSO CALCAREO

Vs 30 = 282

ANDAMENTO DELLA VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE CON LA PROFONDITA'



PROVA 2

Strumento: TRZ-0061/01-10

Inizio registrazione: 09/10/13 16:27:31 Fine registrazione: 09/10/13 16:41:31

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h14'00". Analizzato 86% tracciato (selezione manuale)

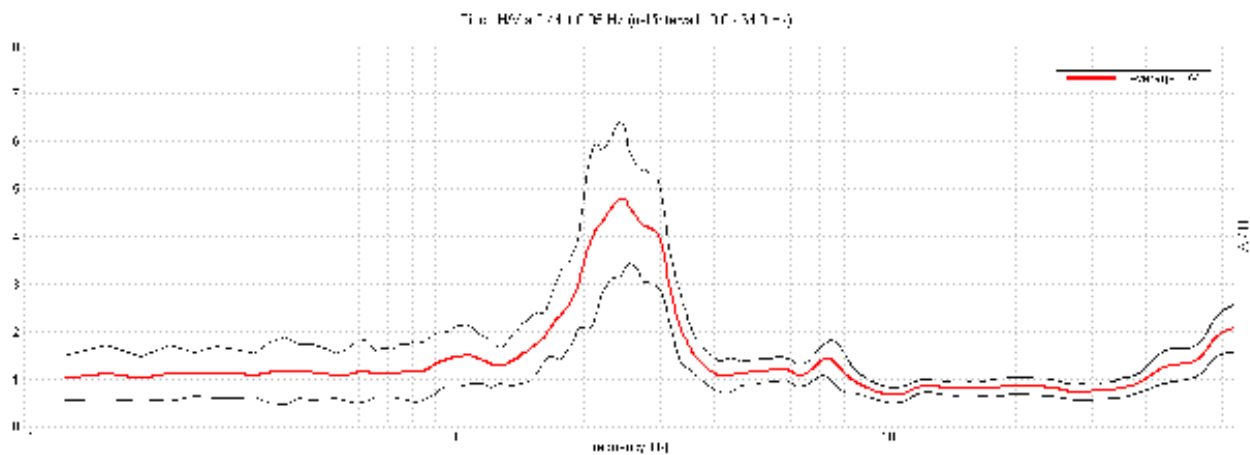
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

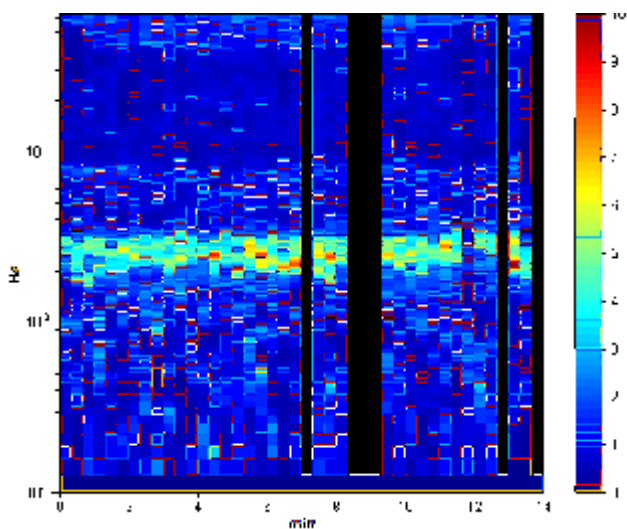
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

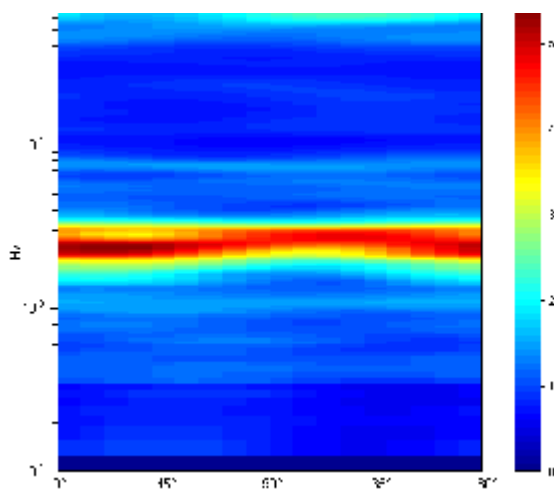
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



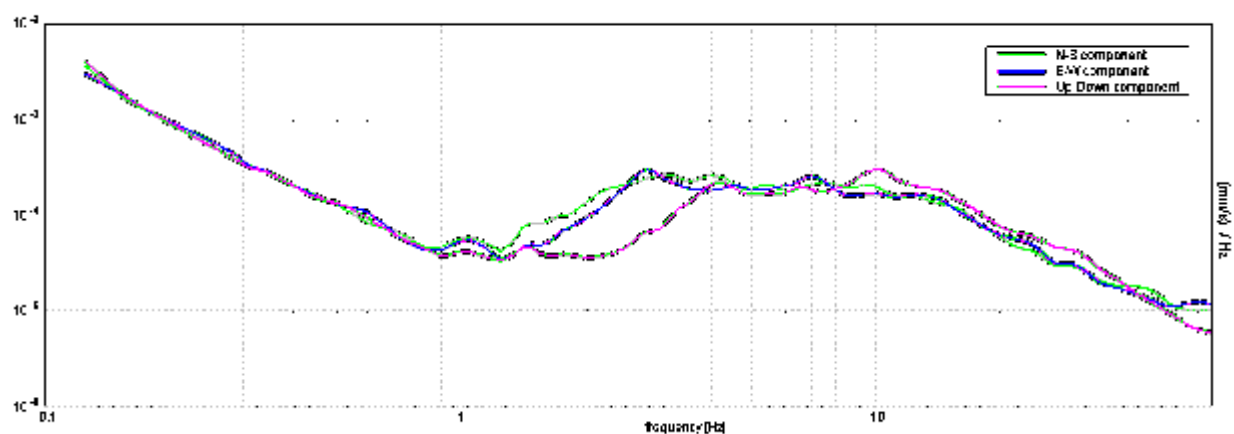
SERIE TEMPORALE H/V



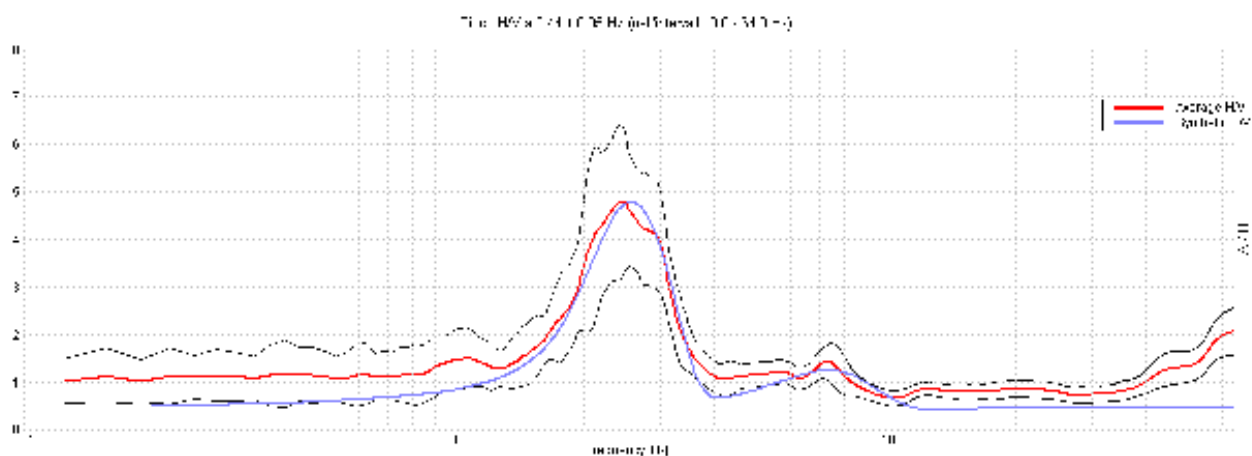
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

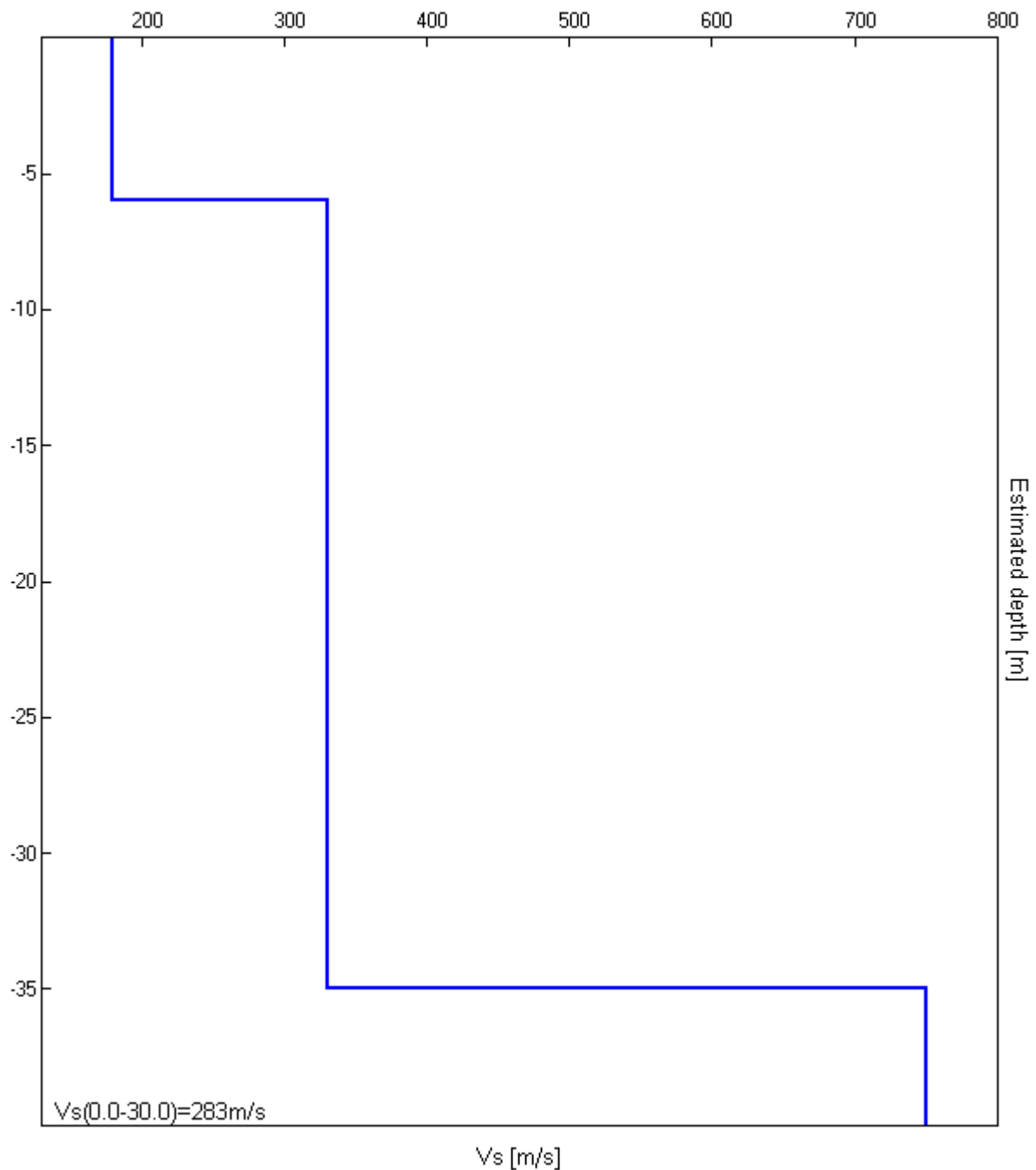


INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Litologia
0.00÷6.00	6	180	ARGILLE LIMOSE - LIMI ARGILLOSI
6.00÷35.00	29	330	SABBIE - SABBIE E GHIAIE
OLTRE	--	750	SUBSTRATO ROCCIOSO CALCAREO

Vs 30 = 283

ANDAMENTO DELLA VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE CON LA PROFONDITA'



PROVA 3

Strumento: TRZ-0061/01-10

Inizio registrazione: 02/11/13 11:11:24 fine registrazione: 02/11/13 11:25:24

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h14'00". Analizzato 86% tracciato (selezione manuale)

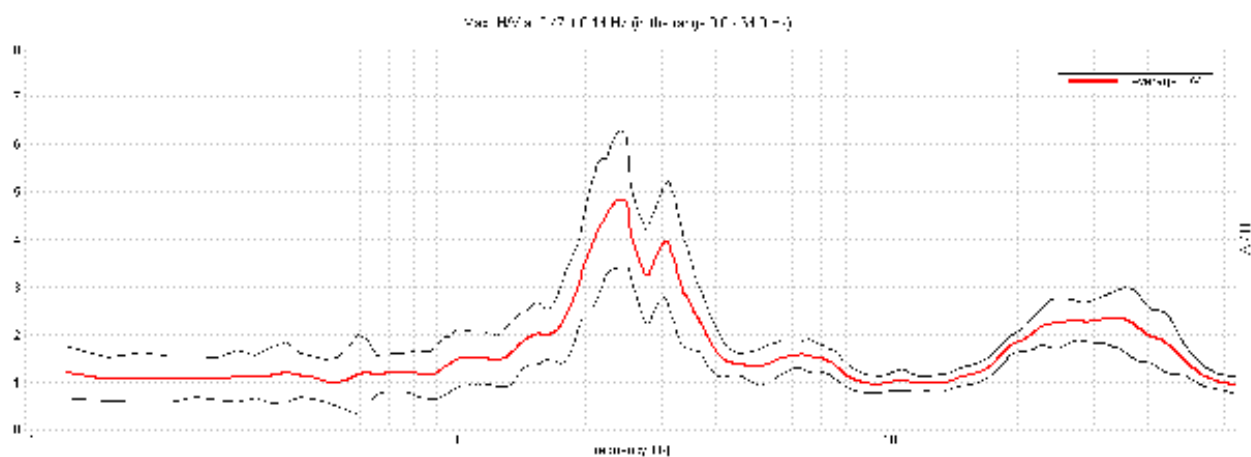
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

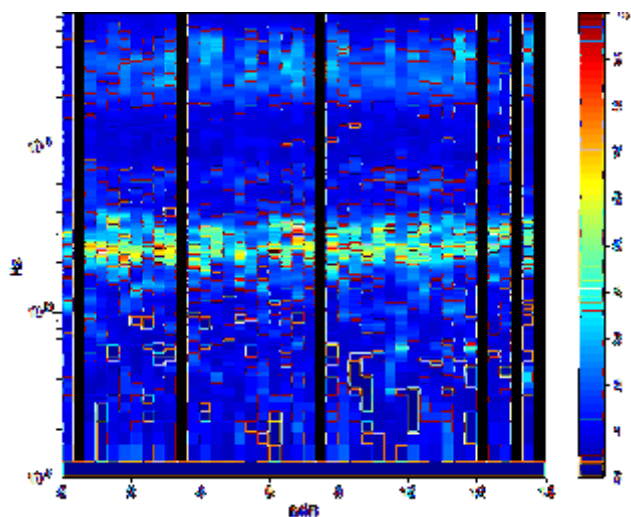
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

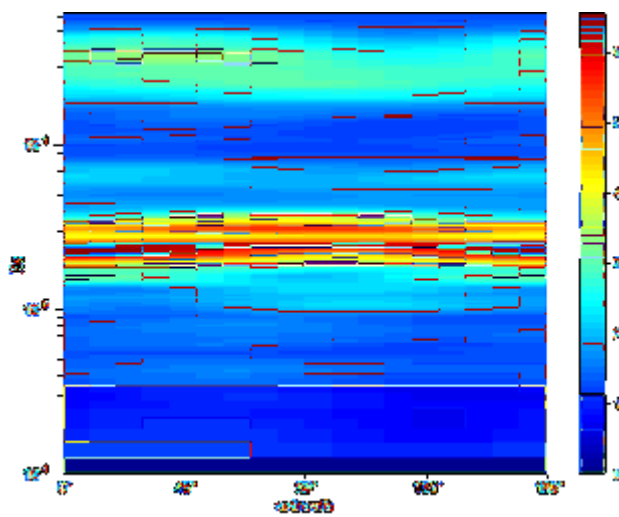
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



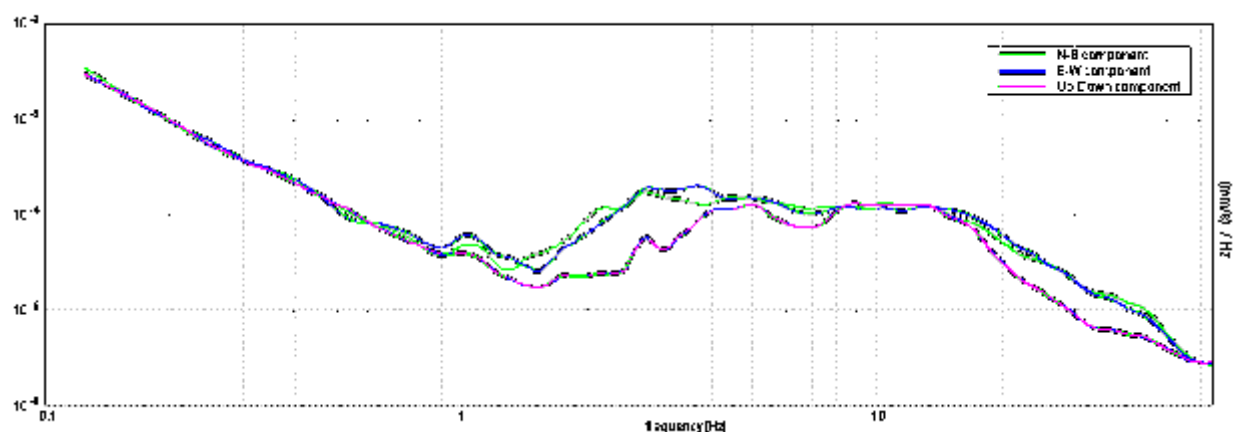
SERIE TEMPORALE H/V



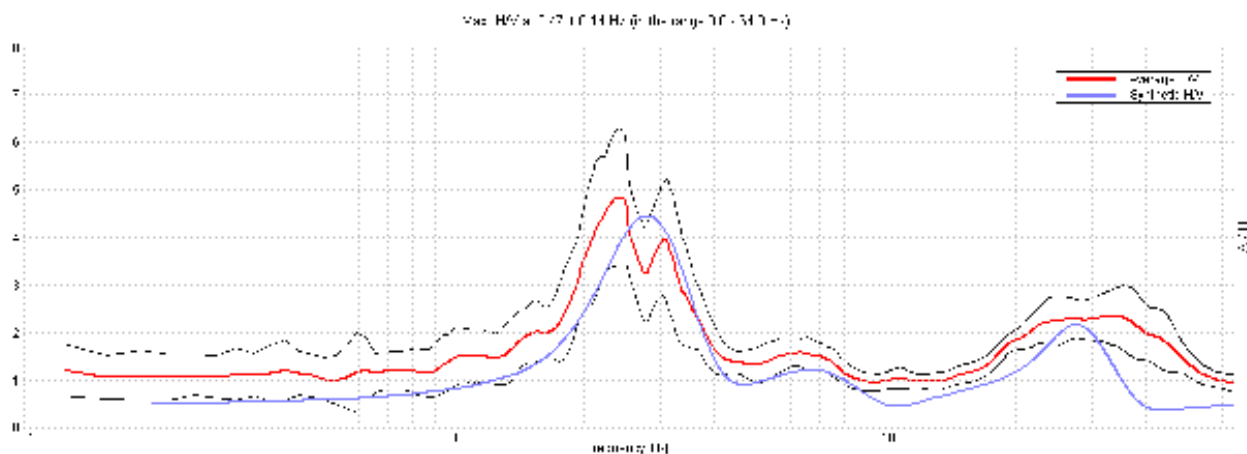
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

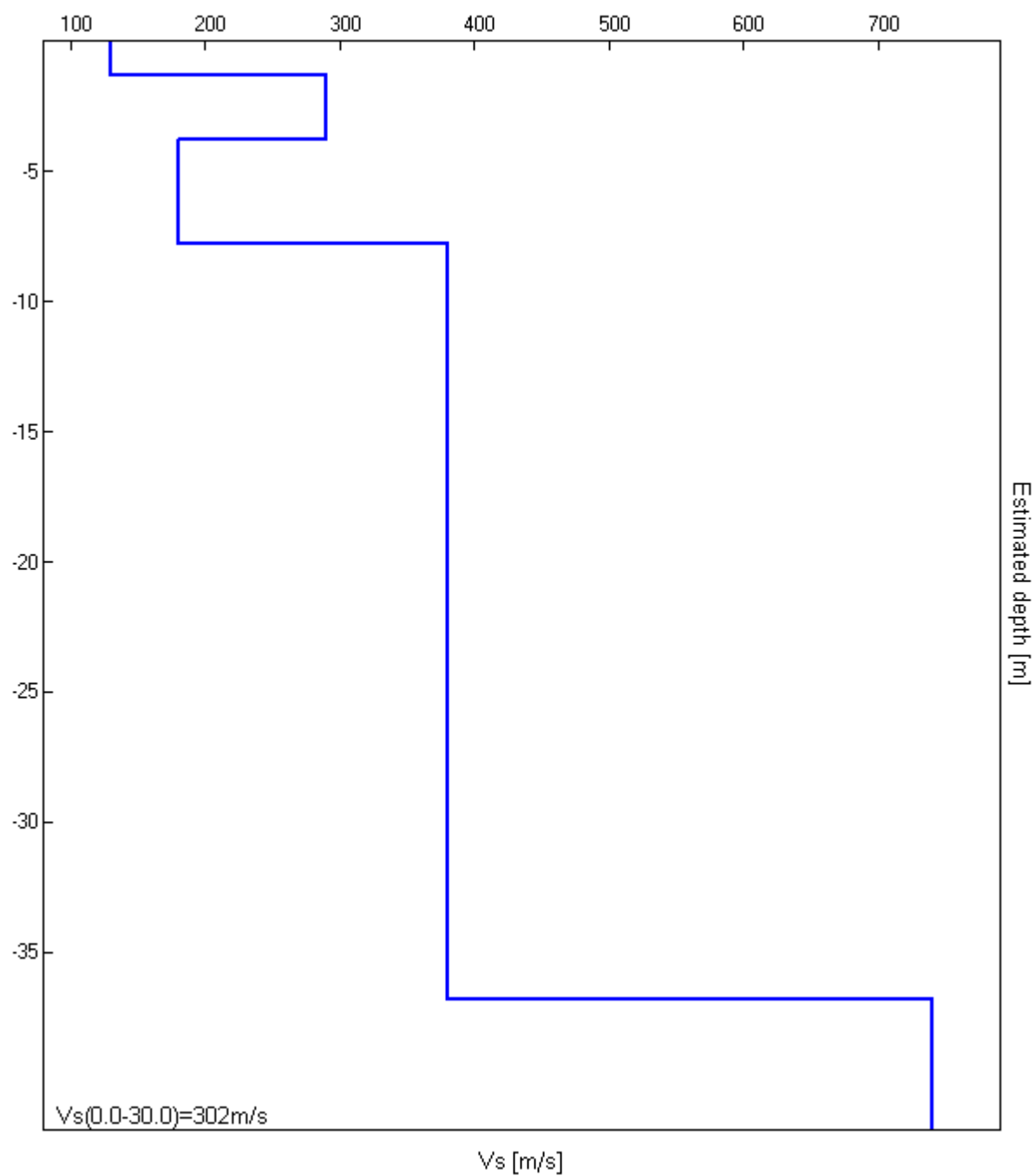


INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA

Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Litologia
0.00÷1.30	1.30	130	TERRENO VEGETALE/RIMANEGGIATO
1.30÷3.80	2.50	290	SABBIE E GHIAIE
3.80÷7.80	4.00	180	ARGILLE LIMOSE - LIMI ARGILLOSI
7.80÷7.80	36.80	380	SABBIE - SABBIE E GHIAIE
OLTRE	--	750	SUBSTRATO ROCCIOSO CALCAREO

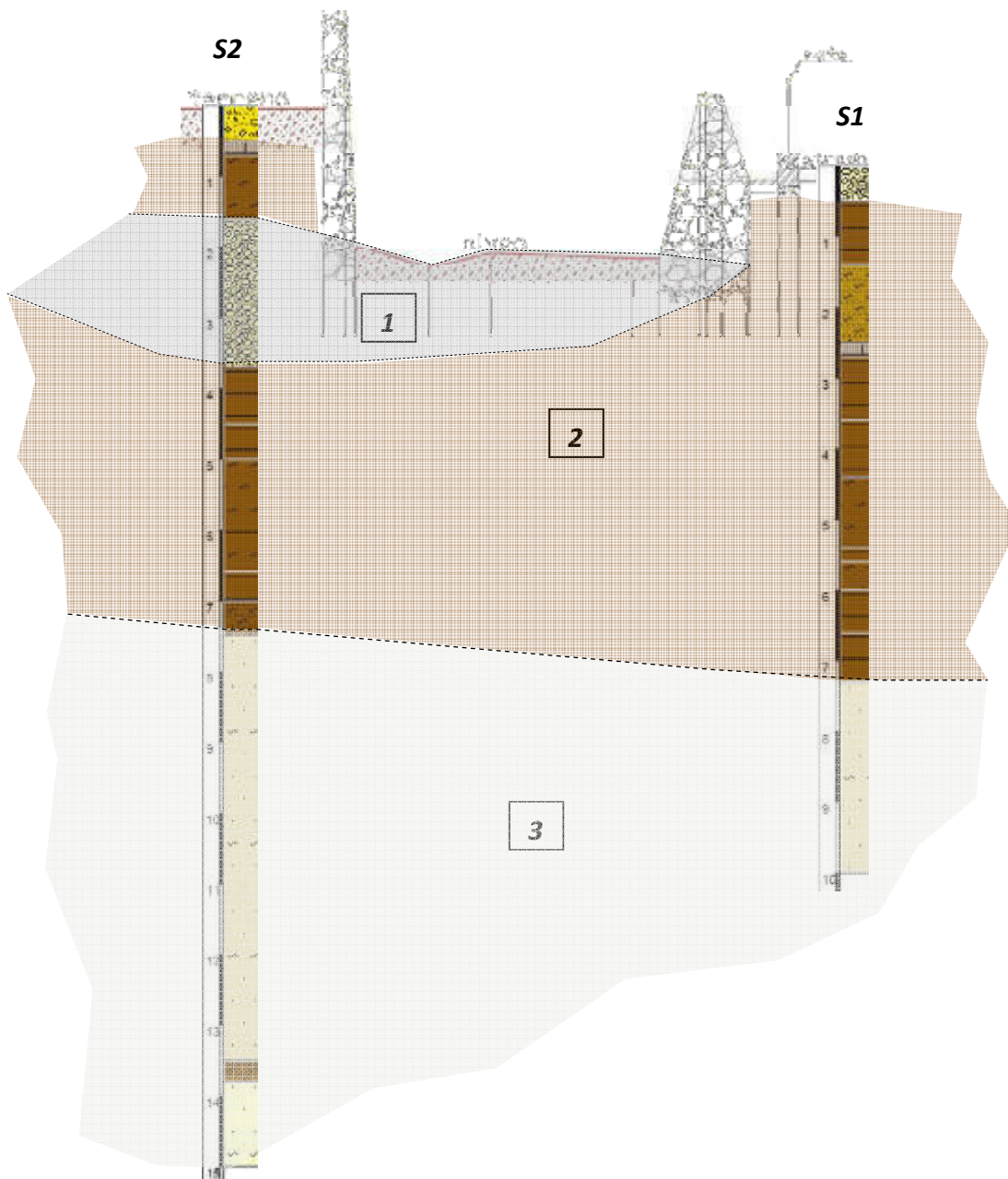
Vs 30 = 302

ANDAMENTO DELLA VELOCITA' DELLE ONDE SISMICHE CON LA PROFONDITA'



4. MODELLO LITOLOGICO E GEOTECNICO DI PROGETTO

In base alle indagini eseguite il modello litologico e geotecnico di riferimento progettuale può essere sintetizzato nella seguente sezione.



Sezione geolitologica e geotecnica

dove:

- 1** ***alluvioni torrentizie recenti grossolane (ghiaie e ciottoli con sabbia)***
- 2** ***alluvioni di fondavalle (argille e limi argillosi)***
- 3.** ***alluvioni atesine (sabbie e sabbie limose)***

Per le alluvioni torrentizie ghiaiose e sabbiose (1) i principali parametri geotecnici possono essere in via cautelativa così definiti

Gam: Peso unità di volume; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione;; Ey: Modulo Elastico; Ni: Poisson;

Gam [kN/m ³]	Fi [°]	c [kN/m ²]	Ey [MPa]
20	33	0	35000

Per le alluvioni argillose e limo argillose (2) i principali parametri geotecnici possono essere in via cautelativa così definiti

Gam: Peso unità di volume; Ey: Modulo Elastico; cu: Coesione non drenata

Gam [kN/m ³]	cu [kN/m ²]	Ey [MPa]
20	50.0	10000

Per i le sabbie atesine (3) i principali parametri geotecnici possono essere in via cautelativa così definiti

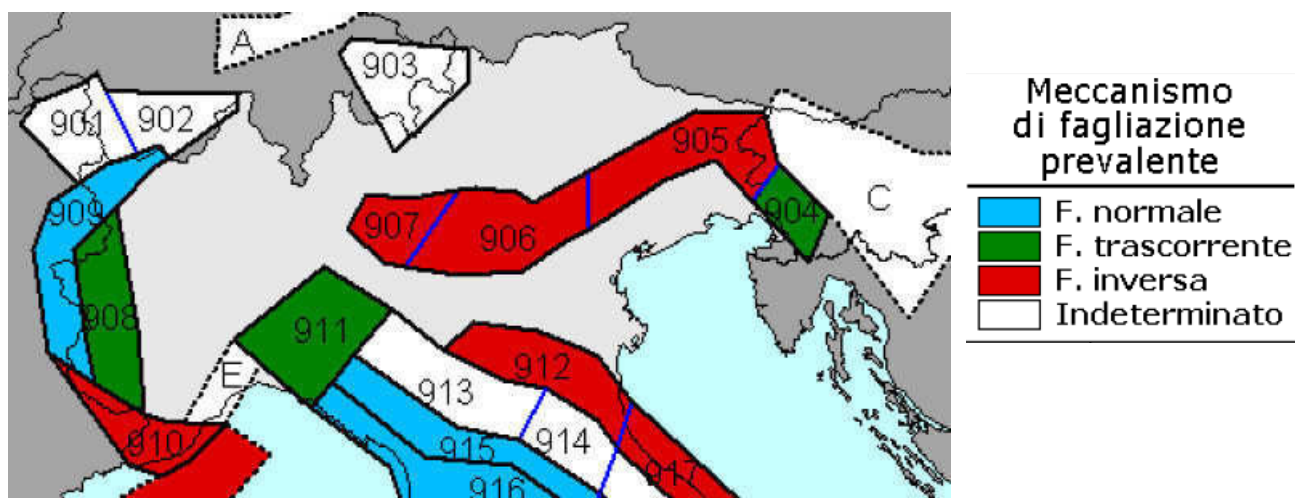
Gam: Peso unità di volume; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione;; Ey: Modulo Elastico; Ni: Poisson;

Gam [kN/m ³]	Fi [°]	c [kN/m ²]	Ey [MPa]
20	30	0	35000

5. ANALISI SISMICA DELL'AREA IN STUDIO

Dal punto di vista sismico la città di Verona si colloca, secondo il modello sismotettonico del C.N.R. del 1987, all'interno dell'«Area Lessinea»: essa corrisponde alla maggior parte del blocco lessineo ed è caratterizzata da una discontinuità di Mohorovicich a minima profondità (meno di 30 km) correlabile con l'alto gravimetrico dei Lessini – Berici. In particolare, suddividendo l'area in sottozone, la città di Verona si inserisce all'interno della Fascia Pedemontana Veronese (M. Panizza, D. Slejko et al., *Modello sismotettonico dell'area fra il Lago di Garda e il Monte Grappa*, 1981). Questa si trova al bordo meridionale dei Lessini e fa da passaggio alla pianura veronese. Essa corrisponde ad una faglia o ad un sistema di faglie (Linea di Verona), con abbassamento notevole della parte a Sud. L'abbassamento in epoca recente della zona in cui scorre l'Adige, tra S. Ambrogio di Valpolicella e San Bonifacio è testimoniato da numerosi indizi. Lungo questa «Linea di Verona» si incontrano manifestazioni termali indicative di una neotettonica attiva ovvero di una evidente sismicità impostata lungo questa fascia di deformazione ed associata probabilmente alle direttrici ad andamento giudicariense (NE – SW) o scledense (NW – SE) che la intersecano. L'attività sismica di questa fascia è caratterizzata soprattutto dai terremoti che hanno interessato la città di Verona. La localizzazione dei sismi è incerta ma la presenza di altra attività sismica, anche di localizzazione più attendibile, porta a considerare questa zona come un' area sismicamente attiva.

Dal sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (www.ingv.it) è stata ricavata la zonazione in vigore, indicata con la sigla ZS9, dalla quale risulta che il territorio in esame ricade entro la zona sismogenetica 906, che comprende la fascia pedemontana da Bassano al lago di Garda.



Suddivisione delle zone sismogenetiche ZS9 (particolare) e meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone.

Con riferimento alla classificazione sismica su base comunale di cui all'OPCM 3274 del 20.03.2003, il comune di Verona appartiene alle zona di sismicità 3.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s) viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

Pertanto la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento, riportato nella tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che in assenza di analisi specifiche può essere riferito a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

La normativa prevede l'analisi delle Vs sino a profondità di 30 metri dal piano di posa delle fondazioni.

Sulla base delle indagini eseguite, con particolare riferimento alla caratterizzazione geofisica del sottosuolo in esame basata sulla tecnica dei rapporti spettrali (o HVSR, Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e tenendo per altro conto dei limiti di tolleranza impliciti in qualsiasi valutazione della Vs, si ritiene per l'area in studio di dover considerare la categoria di suolo di fondazione denominata C.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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_{s30} 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).</i>
C	<i>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_{s30} 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).</i>
D	<i>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_{s30} 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).</i>
E	<i>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).</i>

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, l'area in esame ricade nella categoria T1, come si evince dalla Tabella 3.2.IV e paragrafo 3.2.2 del D.M. 14.01.2008 «Norme tecniche per le costruzioni».

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Sito in esame.

latitudine: 45,4682460610719
longitudine: 10,9743854673643
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 12507	Lat: 45,4576	Lon: 10,9270	Distanza: 3878,750
Sito 2	ID: 12508	Lat: 45,4591	Lon: 10,9981	Distanza: 2109,016
Sito 3	ID: 12286	Lat: 45,5091	Lon: 10,9961	Distanza: 4847,874
Sito 4	ID: 12285	Lat: 45,5076	Lon: 10,9248	Distanza: 5837,977

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30[anni]
ag: 0,043 g
Fo: 2,497
Tc*: 0,235 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475[anni]
ag: 0,161 g
Fo: 2,432
Tc*: 0,276 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50[anni]
ag: 0,057 g
Fo: 2,538
Tc*: 0,244 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975[anni]
ag: 0,209 g
Fo: 2,465
Tc*: 0,280 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Ss: 1,500	Ss: 1,500	Ss: 1,460	Ss: 1,390
Cc: 1,690	Cc: 1,670	Cc: 1,610	Cc: 1,600
St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000	St: 1,000
Kh: 0,013	Kh: 0,017	Kh: 0,057	Kh: 0,081
Kv: 0,006	Kv: 0,009	Kv: 0,028	Kv: 0,041
Amax: 0,628	Amax: 0,840	Amax: 2,311	Amax: 2,843
Beta: 0,200	Beta: 0,200	Beta: 0,240	Beta: 0,280

6. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

In base al modello geotecnico dedotto dalle indagini descritte nella presente relazione si ritiene, quale soluzione ottimale, la realizzazione di fondazioni profonde su pali o micropali, che date le condizioni rilevate, dovranno lavorare prioritariamente per attrito laterale.

Tuttavia a titolo indicativo si riporta di seguito anche il calcolo della resistenza di questi terreni, per fondazioni superficiali, determinata applicando l'approccio 2 delle Norme tecniche 2008. Si sono ipotizzate fondazioni a cordolo impostate almeno 1 metro sotto la quota dell'alveo del progno, di larghezza $B = 2 \text{ m}$ e incastro di almeno 0.5 m:

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	2.0 m
Lunghezza fondazione	10.0 m
Altezza di incastro	0.5 m

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.236
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0567
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.1912

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1.0
Fattore [Nc]	5.14
Fattore [Ng]	0.0
Fattore forma [Sc]	1.04
Fattore profondità [Dc]	1.1
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	304.01 kN/m ²
Resistenza di progetto	132.18 kN/m²

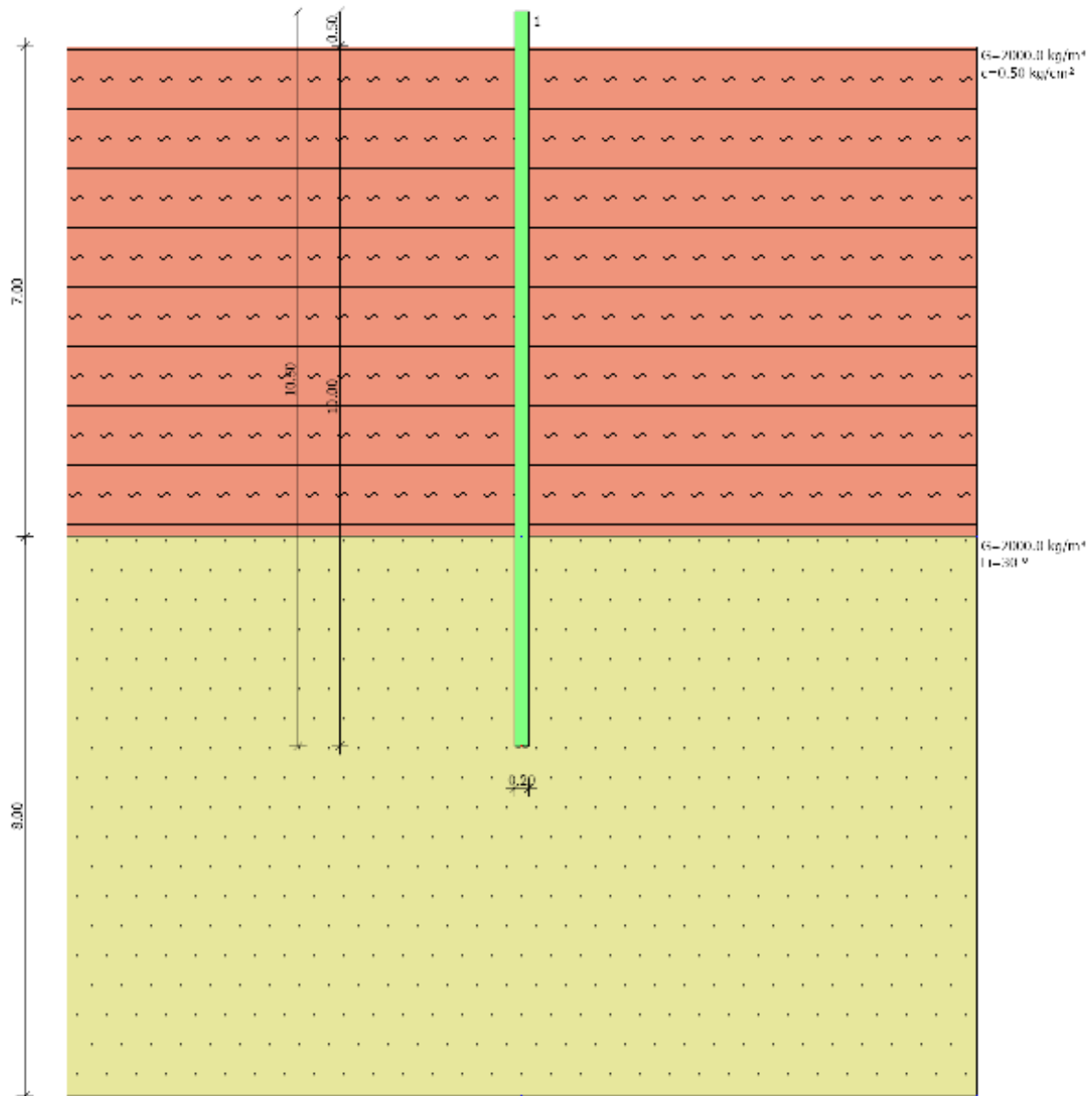
EDIMENTI ELASTICI

Pressione normale di progetto	100.0 kN/m ²
Spessore dello strato	7.0 m
Profondità substrato roccioso	30.0 m
Modulo Elastico	10000.0 kN/m ²
Coefficiente di Poisson	0.35
Coefficiente di influenza I1	0.66
Coefficiente di influenza I2	0.09
Coefficiente di influenza Is	0.7

Cedimento al centro della fondazione	19.15 mm
--------------------------------------	----------

Coefficiente di influenza I1	0.44
Coefficiente di influenza I2	0.13
Coefficiente di influenza Is	0.49
Cedimento al bordo	6.75 mm

Per quanto riguarda la soluzione ritenuta più consona al caso, si riporta il calcolo della portanza di un palo trivellato con diametro punta 0.20 (micropalo) di lunghezza complessiva pari a 10 m, secondo il seguente schema di calcolo (si ipotizza la testa palo a quota p.c.)



Dati generali...

Diametro punta	0.20 m
Lunghezza	10.00 m
Tipo	Trivellato
Sporgenza dal terreno	0.50 m
Densità relativa strato punta palo	50.00
Portanza di punta calcolata con:	Berezantzev

SISMA

Accelerazione sismica	0.193
Coefficiente di intensità sismico [Kh]	0.0464
Coefficiente di intensità sismico [Kv]	0.0232

Stratigrafia

Nr.: Numero dello strato. Hs: Spessore dello strato. Fi: Angolo di attrito. c: Coesione Alfa: Coefficiente di adesione dell'attrito laterale lungo il fusto.. Vs: Velocità onde di taglio.

Stratigrafia...1

Nr.	Hs	Peso unità di Volume [kg/m³]	Peso Unità di volume Saturo [kg/m³]	c [kg/cm²]	Fi (°)	Attrito negativo	Alfa	Modulo elastico [kg/cm²]
1	7.00	2000.00	2200.00	0.50	0.00	No	1.00	100.00
2	8.00	2000.00			30.00	No		360.00

Carico limite

Stratigrafia	Nq	Nc	Fi/C strato punta Palo (°)/[kg/cm²]	Peso palo [kg]	Carico limite punta [kg]	Carico limite laterale [kg]	Carico limite [kg]	Attrito negativo [kg]
A1+M1+R3	24.15	38.53	31/0.00	785.40		28460	27675	

RESISTENZA DI PROGETTO CARICHI ASSIALI

=====

Resistenza caratteristica carichi assiali. Nome combinazione: A1+M1+R3

=====

Numero verticali di indagine 2

Fattore correlazione verticale indagate media (xi3) 1.65

Fattore correlazione verticale indagate minima (xi4) 1.55

	Rc, Min [kg]	Rc, Media [kg]	Rc, Max [kg]
Base			
Laterale	28460	28460	28460
Totale	27675	27675	27675

Coefficiente parziale resistenza caratteristica R3

Laterale 1.15

Resistenza di progetto laterale 15000 kg

Resistenza di progetto 14200 kg

ALLEGATO 1



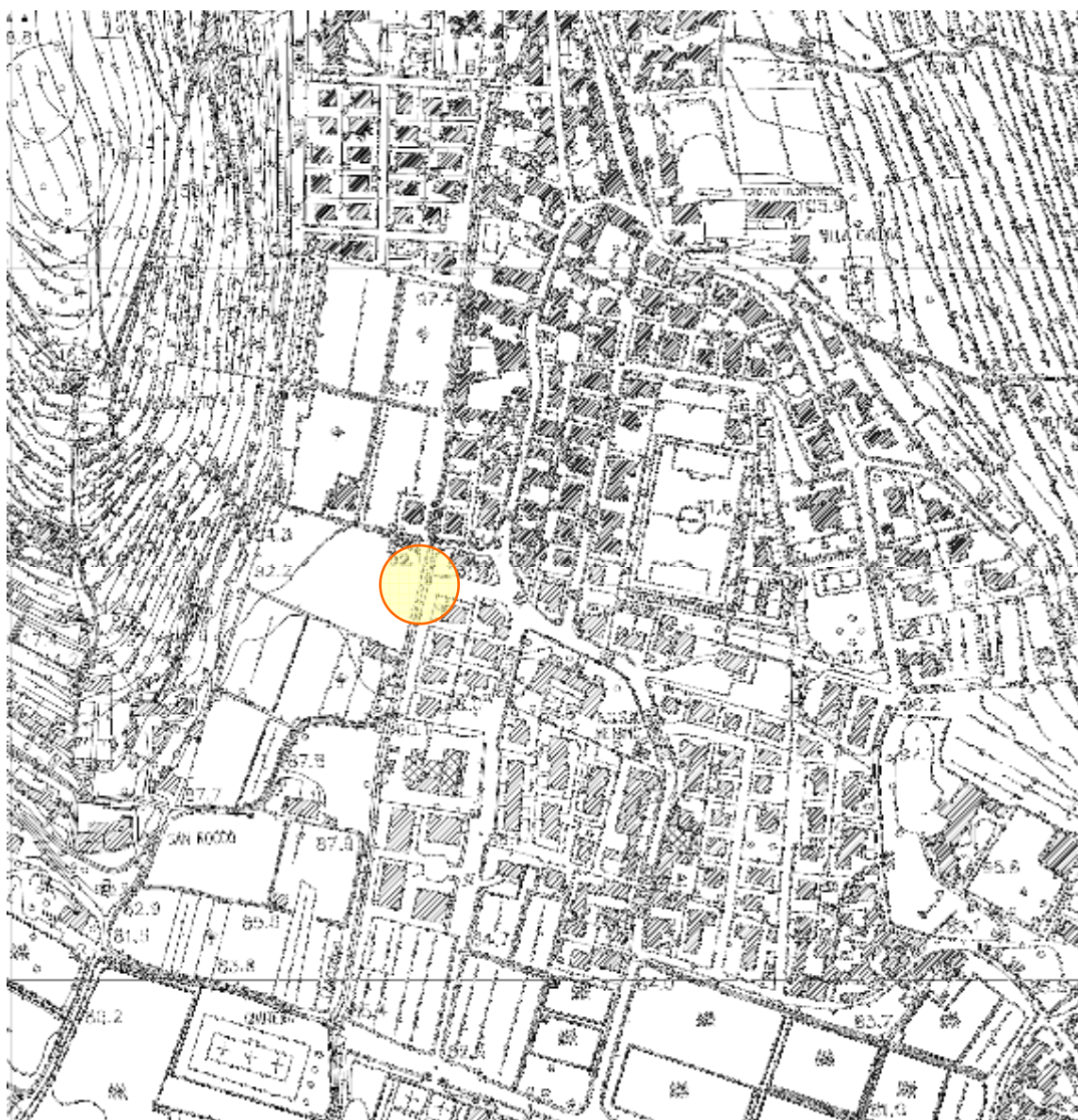
(stralcio dalla Tavoletta IGM F°49 III N.O. «Verona»)

TOPOGRAFIA

scala 1:25.000



ubicazione dell'area di indagine



(stralcio dall' elemento n°123 122 «Quinzano»)

CARTA TECNICA REGIONALE scala 1:5.000



ubicazione dell'area di indagine