



COMUNE DI TREVI

PROVINCIA DI PERUGIA

PIANO REGOLATORE GENERALE

PARTE OPERATIVA

VARIANTE DI ADEGUAMENTO ALLA L.R. 11/2005

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

ELAB.

RELAZIONE SULLE INDAGINI
DI MICROZONAZIONE SISMICA

DATA

Dicembre 2017

GRUPPO DI LAVORO

Progettisti:

ALESSANDRO BRACCHINI *ARCHITETTO (Coordinatore)*
GIANLUIGI NOVELLO *ARCHITETTO*
LUCIA MASI *ARCHITETTO*

Consulente specialistico:

PIETRO ARISTEI *GEOLOGO*

Il consulente

Dott. Geol. PIETRO ARISTEI



RELAZIONE SULLE INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO PRG PARTE OPERATIVA DEL COMUNE DI TREVI – VARIANTE DI ADEGUAMENTO AI SENSI DELL'ART'13 DELLA L.R. N.11/2005 E S.M.I.

1 INTRODUZIONE

1.1 FINALITA' DEGLI STUDI

Su incarico del Comune di Trevi, con riferimento al D.G.R. n.377 dell'8/3/2010 "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica", a seguito del contratto rep. n.3566 del 21/07/2006 sono stati eseguiti degli Studi di Microzonazione Sismica di Livello 2 all'interno delle zone di espansione previste dalla variante del PRG del Comune Stesso.

Tale studio è finalizzato alla quantificazione numerica degli effetti locali di amplificazione del moto sismico ed in particolare alla definizione dei valori di Fa e di Fv.

1.2 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA

Il comune di Trevi si trova ubicato in corrispondenza della porzione centrale dell'appennino Umbro Marchigiano;

il suo territorio presenta un'estensione di circa 71 chilometri quadrati e si sviluppa su un territorio in parte pianeggiante, in parte collinare ed in parte montuoso.

I centri abitati sono ubicati in gran parte in corrispondenza della porzione pianeggiante (valle Folignate -Spoletina) e della porzione collinare (fascia pedemontana).

Solo gli abitati di Coste e di Ponze sono ubicati in un ambiente tipicamente montuoso.

Il territorio comunale è delimitato ad Est dallo spartiacque della catena montuosa le cui cime principali sono date dai monti Pradafitta (1261 m. s.l.m.), Serano (1429 m. s.l.m.), colle Martorello (1372 m. s.l.m.), Brunette (1421 m. s.l.m.), Cima Monte (1178 m. s.l.m.), Lagarella (1275 m. s.l.m.) e Rozzo (1230 m. s.l.m.);

a Sud dall'allineamento monte Pradafitta, Tempio sul Clitunno, C. Morella, Pod.re Morella,

Fratta;

ad Ovest a partire dall'abitato di Fratta lungo il corso d'acqua denominato Fosso Grande fino alla confluenza con il Fosso Ruicciano, poi con il fosso Ruicciano stesso fino alla confluenza con il Torrente Teverone, in prossimità dell'abitato di Casco dell'Acqua;

a Nord risulta delimitato dall'allineamento Casco dell'Acqua, C.Moano, corso del Fosso dell'Acqua Secchiana fino alle "Fontanelle Varnuccio".

Il territorio comunale si sviluppa altimetricamente dai 210 metri di Casco dell'Acqua fino ai 1429 metri del monte Serano, con una pendenza generale che ad Est della S.S. Flaminia è verso Ovest, mentre ad Ovest della S.S. Flaminia è verso Nord-Ovest.

Il rilievo geologico di dettaglio effettuato in scala 1:10.000 su tutto il territorio comunale, ha messo in evidenza l'affioramento sia dei depositi litoidi appartenenti alla serie Umbro Marchigiana, in corrispondenza della porzione montuosa e collinare, sia di depositi sciolti appartenenti al detrito di falda e alle conoidi fluviali, nella fascia pedemontana ed ai depositi fluvio-lacustri in corrispondenza della valle Folignate Spoletina.

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale c'è da dire che la zona montuosa e la fascia pedemontana risultano prive di corsi d'acqua perenni, mentre sono attraversate in senso trasversale da fossi a portata stagionale e legata ad eventi piovosi particolarmente intensi.

Il tracciato di questi fossi quando si sviluppa su un substrato litoidale presenta un alveo certo, mentre quando scorre su un substrato sciolto (a granulometria da brecciosa a sabbiosa, perde la sua identità (anche per l'intervento umano) e non è più identificabile.

La zona pianeggiante corrispondente ad una porzione della valle Folignate-Spoletina è percorsa da numerosi corsi d'acqua che contribuiscono a creare una medio-alta densità del drenaggio superficiale;

si tratta di corsi d'acqua il cui andamento è influenzato dalla attività antropica dell'uomo, che presentano arginature artificiali e che sono stati utilizzati in tempi storici per la bonifica della piana occupata da paludi ed acquitrini.

Il vettore principale di tale drenaggio è dato dal fiume Clitunno che presenta anche grosse portate piuttosto regolari nell'arco dell'anno.

Per quanto riguarda invece l'idrografia sotterranea si può dire che la falda, che risulta o assente o molto profonda (normalmente sotto i 30 metri) nella zona montuosa e nella

fascia pedemontana, diventa prossima al piano di campagna (normalmente ad una profondità inferiore a 5 metri) in corrispondenza della valle Folignate-Spoletina;

in quest'ultimo caso, in corrispondenza di eventi piovosi particolarmente intensi, essa diventa prossima al piano di campagna portandosi ad una profondità inferiore al metro ed entrando in contatto con i corsi d'acqua superficiali.

Per quanto riguarda la geomorfologia del territorio comunale questa si presenta in parte montuosa ed in parte pianeggiante con un raccordo tra le due porzioni ad opera di una fascia pedemontana, la cui pendenza cresce gradualmente passando dalla zona pianeggiante a quella montuosa, in virtù della diversa erodibilità del substrato.

1.3 AREA DI STUDIO

Le aree oggetto degli interventi di nuova edificabilità interessate dagli studi di Microzonazione Sismica di 2 Livello sono complessivamente 22 ed ubicate quasi tutte a ridosso degli abitati di Pigge, Bovara, S.M. In Valle, Collecchio, Matigge, Torre di Matigge, Cannaiola e Picciche..

Si tratta di zone di nuova espansione in gran parte a ridosso di zone edificate che non presentano indizi di rischio sia geomorfologico che idrogeologico e che pertanto hanno richiesto una valutazione dei fattori di amplificazione sismica sia sulla base di fattori litostratigrafici che topografici..

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 SISMICITA' STORICA

L'area oggetto di studio è posizionata in corrispondenza della porzione centrale dell'appennino Umbro-Marchigiano e cioè all'interno di una zona molto attiva dal punto di vista tettonico;

tale attività si è manifestata anche di recente con la crisi sismica iniziata il 26/09/97 e che indica in maniera inequivocabile che questa parte dell'Appennino centrale è caratterizzata da una deformazione sismica di tipo distensivo con estensione in direzione Nord Ovest-Sud Est;

il rilascio dell'energia è avvenuto diluito nel tempo (con crisi sismiche che possono superare i sei mesi di durata) a testimoniare un'attivazione graduale di diversi frammenti della stessa faglia o della stessa famiglia di faglie.

Sulla base della Zonazione Sismogenetica ZS9 del 2004 dell'I.N.G.V., l'Umbria ricade da NE a SO, nelle zone sismogenetiche dell'Appennino settentrionale e centrale 91 "Medio Marchigiana-Abruzzese", 919 "Appennino Umbro", 923 "Appennino Abruzzese", 920 "Val di Chiana-Ciociaria" e 921 "Etruria".

Per queste zone i massimi valori cautelativi previsti di Mw max (Magnitudo momento sismico) attesa sono rispettivamente di 6,37, 6,37, 7,06, 6,14 e 6,14.

Da un'accurata indagine storica è stato possibile mettere in evidenza che anche nel passato si sono verificati eventi sismici che hanno interessato l'area oggetto del nostro studio;

In particolare la ricostruzione della storia sismica del Comune di Trevi è stata realizzata mediante lo studio di dati storici a partire dall'anno 63 a.c. fino al 1984, che hanno avuto epicentro entro i 30-40 chilometri dal territorio Comunale.

Da tale indagine si è evidenziata una sequenza di eventi sismici che di seguito si riporta in ordine cronologico:

- 63 a.c. con epicentro a Spoleto
- febbraio 1477 con epicentro a Foligno e intensità pari al VI-VII MCS
- gennaio 1832 con epicentro Budino (Foligno) e intensità pari al X MCS
- febbraio 1854 con epicentro tra Assisi e Cannara e intensità pari al VIII MCS
- settembre 1878 con epicentro a Fratta (Montefalco) e intensità pari al VIII MCS
- marzo 1915 con epicentro ad Assisi e intensità pari al VI MCS
- settembre 1997 con epicentro a Colfiorito e intensità pari al X MCS.

Da tali dati si evidenzia la possibilità che si verificano eventi sismici con un'intensità compresa tra i gradi VI e X della scala M.C.S., con un epicentro prossimo al territorio comunale ed una frequenza a ripetersi (tempo di ritorno) inferiore al centinaio di anni.

Non è un caso pertanto, che il territorio comunale di Trevi è stato classificato come zona sismica S1.

2.2 INDAGINI DI NUOVA ESECUZIONE

Sulla base dei dati raccolti e delle informazioni mancanti necessarie per la realizzazione delle indagini di Microzonazione Sismica di secondo livello, è stata predisposta ed eseguita una campagna di nuove indagini di tipo sismico e limitamente alla zona di

pianura di tipo geognostico (essenzialmente prove penetrometriche), finalizzate alla ricostruzione del modello sismico-stratigrafico del sottosuolo e alla determinazione di eventuali fenomeni di amplificazione sismica locale, tramite la determinazione della frequenza di picco.

Le indagini da noi eseguite in questa fase sono consistite essenzialmente in 27 prove sismiche di tipo HVSR, in 9 prove sismiche di tipo MASW e in 3 prove penetrometriche dinamiche continue eseguite con penetrometro dinamico medio di tipo SUNDA DM 30

2.3 SPECIFICHE TECNICHE INDAGINI SISMICHE MASW

L'indagine MASW è una tecnica di investigazione del sottosuolo che permette una determinazione della velocità delle onde S nel sottosuolo a varie profondità permettendo quindi di ricavare il valore della V_{s30} necessario per classificare i suoli sulla base dell'Ordinanza 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri e dell'NTC 2008 che stabiliscono le nuove norme tecniche in materia di progettazione in zona sismica.

Per quanto concerne la fase di acquisizione dei dati di campo, l'indagine MASW non è troppo diversa da un'indagine sismica a rifrazione, in quanto le onde sismiche sono facilmente generabili da una qualsiasi sorgente sismica quale può essere una mazza od una carica esplosiva.

Nel nostro caso l'acquisizione dei dati è avvenuta con la realizzazione di uno stendimento di 12 geofoni allineati con la sorgente di onde e con una distanza intergeofonica di 4 metri e con l'energizzazione effettuata progressivamente su due punti posti ad una distanza variabile in un range prestabilito e stabilita di volta in volta.

Il profilo V_s /profondità con il metodo MASW viene ricavato tramite l'inversione di curve di onde di superficie di Rayleigh, che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo ed omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione P e onde di taglio verticali S_v .

In un mezzo stratificato queste onde vengono definite di tipo pseudo Rayleigh;

la dispersione è una deformazione di un treno di onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza.

Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle di frequenza maggiore, per un dato modo e presentano normalmente una più elevata velocità di fase.

Il calcolo del profilo di velocità delle onde di Rayleigh, V (fase)/ frequenza, viene quindi convertito nel profilo V_s /profondità.

La procedura utilizzata per la determinazione del profilo prevede quattro operazioni svolte in successione:

1. acquisizione delle onde superficiali;
2. determinazioni dello spettro di velocità;
3. individuazione della curva di dispersione sullo spettro di velocità;
4. inversione della curva di dispersione attraverso l'utilizzo di algoritmi.

2.4 SPECIFICHE TECNICHE PER LE INDAGINI SISMICHE DI TIPO HVSR

La tecnica HVSR è stata resa celebre da Nakamura per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

Le basi della teoria dei rapporti spettrali ((HVSR) si basa sul principio secondo il quale i microtremori o rumore sismico di fondo, sono costituiti prevalentemente da onde superficiali di tipo Raylaight, che si propagano in un sistema stratificato caratterizzato da una variazione dei parametri con la profondità.

Il metodo HVSR consiste nello studio del rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale (spettro H/V).

Il valore medio del rapporto è direttamente correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati caratterizzati da un significativo contrasto di impedenza;

la frequenza di risonanza del sito è quindi direttamente legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio V_s dello strato sovrastante il Badrock sismico, dalla seguente relazione:

$$f_0 = V_{s1} / 4h$$

dove V_{s1} è la velocità delle onde di taglio dello strato e h è lo spessore dello stesso strato. Tale metodo in base agli studi effettuati, presenta la sua migliore applicabilità in situazioni caratterizzate da depositi soffici di copertura, sovrastanti un basamento litoide, dove sono visibili evidenti contrasti di impedenza.

Per ricavare lo spessore dei materiali sciolti, sovrastanti un basamento litoide è stata utilizzata la seguente tabella:

	Terreni coesivi	Sabbie	Terreni Rimaneggiati /conoidi
	$V_0=190$	$V_0=170$	$V_0=110$
	$a=0.20$	$a=0.25$	$a=0.40$
v	H	H	H
0.5	230	260	334
0.6	183	204	249
0.7	151	167	194
0.8	128	140	157
0.9	111	120	130
1	98	105	110
1.5	59	62	58
2	42	43	37
3	26	25	20
4	18	18	13
5	14	13	10
6	11	11	8
7	9	9	6
8	8	8	5
9	7	7	4
10	6	6	4
15	4	4	2
20	3	3	2

Le registrazioni dei microtremiti sono state effettuate con un tromografo o scatola di Nakamura costruito dalla ditta SARA Elettronic Instruments s.r.l. modello SR04MT.

I dati acquisiti tramite il software SEISMOLOG MT sono stati successivamente elaborati con il programma EASY HVSR della ditta GEO STRU che utilizza le linee guida stabilite nel progetto europeo SESAME.

I risultati ottenuti hanno permesso di determinare la fo ovvero la frequenza di sito attraverso la quale tramite l'uso di tabelle è stato possibile stimare la profondità H alla quale si rinvia il Badrock sismico.

Di seguito si è determinata la Vsh e cioè la velocità media dello strato sovrastante il Badrock sismico ottenuta dalla media ponderale delle varie velocità attribuite ai singoli strati.

I risultati ottenuti sono riportati in una tabella riassuntiva presente in allegato

2.5 SPECIFICHE TECNICHE PER LE INDAGINI TRAMITE PENETROMETRO DINAMICO DL30

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista meccanico i terreni che andranno ad essere interessati dall'intervento in progetto, sono state eseguite nell'area di pianura ed in particolare nei pressi dell'abitato di Cannaiola, tre prove penetrometriche dinamiche continue (ubicata come in allegato) con penetrometro dinamico di tipo **SUNDA DM30** che ci ha permesso, tramite la determinazione della resistenza dinamica di punta offerta dai terreni attraversati, di stimare le caratteristiche meccaniche dei depositi ed il loro stato di addensamento.

Lo strumento usato ha le seguenti caratteristiche tecniche:

M	Massa del maglio	30 Kg
H	Altezza di caduta	20 cm
PA	Peso singola asta	2.93 Kg/m
PI	Peso sistema infissione	13 Kg
GA	Profondita' giunzione prima asta	0.90 m
A	Superficie punta conica	10 cmq con angolo al vertice di 60°
PI	Profondita' di infissione a lettura colpi	10 cm
N	Numero delle cadute di maglio necessarie a produrre un avanzamento della punta di 10 cm	

I dati ottenuti sono riportati in apposito allegato sotto forma di diagrammi numero colpi/profondita' di infissione.

Inoltre, da correlazioni delle prove da noi effettuate con la prova **S.P.T.**, sono stati ricavati i parametri meccanici dei terreni attraversati, ed e' stato effettuato un confronto secondo alcuni criteri di correlazione.

I valori del numero di colpi per infissione decimetrica ricavati mediante l'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche continue, hanno consentito di calcolare la **resistenza dinamica di punta**, dei terreni attraversati, tramite la seguente relazione:

$$R_d = M^2 H n / A e (M+m)$$

in cui:

M	peso del maglio
m	peso del sistema di infissione
n	numero di colpi
H	altezza di caduta
A	superficie della punta
e	Rifiuto

I valori ottenuti dalla prova, sono stati inoltre riportati in tabelle **Numero di Colpi/Profondita' di Infissione Decimetrica** allo scopo di evidenziare le variazioni delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati.

Ne consegue che un numero di colpi basso e' indicativo di terreni con scadenti caratteristiche meccaniche e con bassa densita' relativa, e viceversa.

2.6 PERICOLOSITA' DI BASE

La componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo energia e frequenza dei terremoti) calcola, per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

Lo studio della pericolosità sismica locale è condotto a scala di dettaglio partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base (terremoto di riferimento) e analizzando i caratteri geologici, geomorfologici geotecnici e geofisici del sito; permette di definire le

amplificazioni locali e la possibilità di accadimento di fenomeni di instabilità del terreno. Per le valutazioni delle amplificazioni in superficie sono stati ricavati per ogni sito i dati della pericolosità sismica di base per definire l'input sismico di riferimento. La stima dell'accelerazione sismica viene calcolata in base a quanto prescritto dalle N.T.C. 14/01/08, in riferimento alle coordinate geografiche relative ad ogni sito.

2.7 RISULTATI DELLE INDAGINI SISMICHE EFFETTUATE



Ubicazione delle indagini. Immagine Google Earth

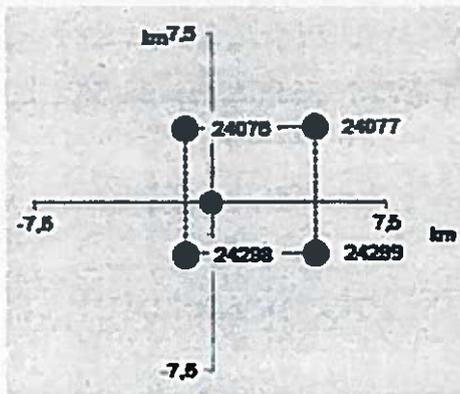
Tabella riepilogativa dei dati delle indagini HVSR

coordinate	località	riferimento	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.854032° 12.751104°	Pigge	P1	HVSR	B	578,41	58	646,6
42.864344° 12.747311°	Colle Alto	P2	HVSR	B	592,15	7,9	321,13
42.893188° 12.741710°	SM in Valle	P3	HVSR	B	548,08	58	646,6

coordinate	località	riferimento	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.898020° 12.741220°	SM in Valle	P4	HVSR	B	548,85	334	
42.897364° 12.734322°	Matigge	P5	HVSR	B	475,97	110	516,43
42.902094° 12.740242°	Matigge	P6	HVSR	B	537,96	150	412,66
42.895187° 12.750776°	SM in Valle	P7	HVSR	B	524,74	157	
42.899192° 12.743298°	Matigge	P8	HVSR	B	610,54	37	516,22
42.904163° 12.740611°	Matigge	P9	HVSR	B	575,18	37	601,63
42.891206° 12.738657°	Collecchio	P10	HVSR	B	519,46	20	285,77
42.912603° 12.739368°	Torre Matigge	P11	HVSR	B	499,49	58	368,83
42.909488° 12.734154°	Torre Matigge	P12	HVSR	B	401,95	58	440,06
42.851836° 12.749533°	Pigge	P13	HVSR	B	629,88	110	461,76
42.894602° 12.726931°	Matigge	P14	HVSR	C	346,73	194	
42.904727° 12.734701°	Torre Matigge	P15	HVSR	B	398,58	58	429,95
42.863445° 12.746720°	Colle Alto	P16	HVSR	B	400,16	9	238,88
42.902657° 12.733095°	Torre Matigge	P17	HVSR	B	468,36	58	589,43
42.896713° 12.733710°	Torre Matigge	P18	HVSR	B	549,57	194	
42.896148° 12.726308°	Matigge	P19	HVSR	B	499,49	194	
42.904099° 12.733739°	Torre Matigge	P20	HVSR	B	472,73	58	581,2
42.863570° 12.714484°	Cannaiola	P21	HVSR	C	345,8	230	
42.863207° 12.713116°	Cannaiola	P22	HVSR	C	349,36	230	
42.861656° 12.712775°	Cannaiola	P23	HVSR	C	357,95	230	
42.850185° 12.704330°	Picciche	P24	HVSR	C	339,3	230	
42.850096° 12.704367°	Picciche	P25	HVSR	C	305,95	230	
42.862047° 12.740351°	Faustana	P26	HVSR	B	417,24	58	464,74

coordinate	località	riferimento	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.850817° 12.703978°	Picciche	P27	HVSR	C	242,78	>150	

Stima dell'accelerazione sismica per la zona di Piage (P1, P13)



Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

0.074	2.405	0.272
0.094	2.374	0.281
0.111	2.370	0.285
0.129	2.362	0.289
0.147	2.364	0.294
0.170	2.364	0.300
0.233	2.397	0.317
0.297	2.403	0.330
0.394	2.407	0.346

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente c_u : 1

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.364 g
F_R	2.406
T_C	0.341 s
S_S	1.050
C_C	1.364
S_T	1.000
q	2.400

Parametri dipendenti

S	1.050
η	0.417
T_B	0.155 s
T_C	0.466 s
T_D	3.055 s

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S_e [g]
	0.000	0.382
T_B ←	0.155	0.383
T_C ←	0.466	0.383
	0.589	0.303
	0.712	0.250
	0.836	0.213
	0.959	0.186
	1.082	0.165
	1.205	0.148
	1.329	0.134
	1.452	0.123
	1.575	0.113
	1.699	0.105
	1.822	0.098
	1.945	0.092
	2.069	0.086

Il parametro dell'accelerazione che definisce la pericolosità sismica di base in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento), risulta essere per Pigge:

$$a_g = 0,364g$$

Le indagini geofisiche, eseguite per gli studi di microzonazione sismica, consistono in due punti di indagine HVSR, ed hanno permesso di individuare il bedrock sismico da 58 (P1) a 110 mt (P13) di profondità dal p.c..



Ubicazione delle indagini nella zona di Pigge

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P1 in località Pigge è pari a $f_0 = 1,278$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 58$ m che ha permesso di determinare una

$V_h = 646,60$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P13 in località Pigge è pari a $f_0 = 1,174$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 110$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 461,76$ m/sec.

coordinate	località	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.854032° 12.751104°	Pigge	HVSR	B	578,41	58	646,6
42.851836° 12.749533°	Pigge	HVSR	B	629,88	>110	461,76

Le indagini di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) hanno permesso di determinare la frequenza di risonanza di sito, in base a rapporti H/V.

I dati disponibili hanno permesso di elaborare la ricostruzione del modello geotecnico dell'area indagata.

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P1:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 58	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>58	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P13:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 110	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>110	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Ai fini della determinazione dei fattori di amplificazione del sito la litologia di questa zona è stata assimilata a quella delle ghiaie.

La combinazione di tutti i dati ottenuti ha portato alla determinazione, per questa zona, di un fattore di amplificazione 1,12 per l'area della prova P1 ed inferiore ad 1,03 per l'area della prova P13.

Fattore di amplificazione
FA

Tipo di terreno
Ghiaia

a_g (g)
0.26g

Profilo di velocità
Lineare pendenza intermedia

	V _s (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
5	-	1.80	1.74	1.68	1.38	1.21	1.10	1.05	1.01	1.01	
10	-	-	2.02	1.78	1.47	1.33	1.25	1.17	1.04	1.02	
15	-	-	-	1.93	1.49	1.51	1.37	1.25	1.12	1.04	
20	-	-	-	1.97	1.79	1.62	1.47	1.35	1.18	1.06	
25	-	-	-	1.87	1.79	1.64	1.51	1.39	1.21	1.08	
30	-	-	-	1.74	1.49	1.62	1.58	1.40	1.22	1.09	
35	-	-	-	1.59	1.60	1.54	1.48	1.39	1.22	1.09	
40	-	-	-	1.58	1.52	1.48	1.41	1.36	1.21	1.09	
50	-	-	-	1.62	1.39	1.32	1.31	1.27	1.17	1.07	
60	-	-	-	1.33	1.33	1.30	1.22	1.18	1.12	1.04	
70	-	-	-	-	1.27	1.24	1.22	1.15	1.05	1.00	
80	-	-	-	-	1.21	1.20	1.19	1.15	1.04	0.98	
90	-	-	-	-	1.14	1.15	1.15	1.12	1.04	0.96	
100	-	-	-	-	1.08	1.10	1.11	1.09	1.03	0.95	
110	-	-	-	-	1.02	1.05	1.05	1.05	1.01	0.95	
120	-	-	-	-	0.97	1.01	1.03	1.03	0.99	0.93	
130	-	-	-	-	0.91	0.97	0.99	0.99	0.97	0.92	
140	-	-	-	-	0.91	0.94	0.94	0.97	0.94	0.91	
150	-	-	-	-	0.87	0.91	0.93	0.94	0.93	0.89	

Fattore di amplificazione
FV

Tipo di terreno
Ghiaia

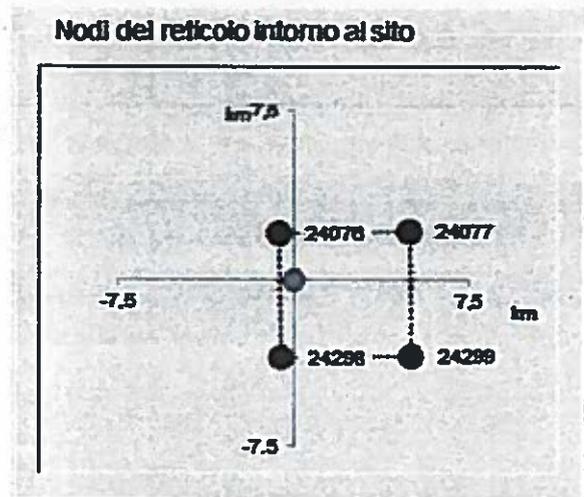
a_g (g)
0.26g

Profilo di velocità
Lineare pendenza intermedia

	V _s (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
5	-	1.05	1.04	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	
10	-	-	1.17	1.07	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00	
15	-	-	-	1.24	1.14	1.09	1.05	1.03	1.02	1.01	
20	-	-	-	1.53	1.20	1.18	1.11	1.09	1.03	1.01	
25	-	-	-	1.81	1.47	1.29	1.19	1.12	1.07	1.02	
30	-	-	-	2.46	1.65	1.42	1.28	1.19	1.09	1.03	
35	-	-	-	2.25	1.84	1.54	1.37	1.25	1.11	1.04	
40	-	-	-	2.29	1.96	1.64	1.44	1.32	1.14	1.07	
50	-	-	-	2.12	2.02	1.88	1.59	1.43	1.21	1.09	
60	-	-	-	2.10	1.86	1.79	1.65	1.49	1.25	1.11	
70	-	-	-	-	1.88	1.68	1.61	1.51	1.29	1.12	
80	-	-	-	-	1.88	1.49	1.53	1.44	1.29	1.13	
90	-	-	-	-	1.91	1.49	1.54	1.41	1.27	1.13	
100	-	-	-	-	1.88	1.49	1.53	1.43	1.24	1.09	
110	-	-	-	-	1.84	1.48	1.51	1.41	1.22	1.09	
120	-	-	-	-	1.77	1.48	1.51	1.48	1.23	1.10	
130	-	-	-	-	1.74	1.64	1.53	1.42	1.23	1.10	
140	-	-	-	-	1.73	1.60	1.51	1.42	1.22	1.10	
150	-	-	-	-	1.74	1.57	1.48	1.48	1.23	1.09	

Coordinate	Località	N. di rif.	Tipo di prova geofisica	Categoria di suolo	Vs30 (m/sec)	Spessore H (m)	Vsh (m/sec)	ag	FA	FV
42.854032										
12.751104°	Pigge	P1	HVSR	B	578,41	58	646,6	0,364	1,12	1,21
42.851836										
12.749533°	Pigge	P13	HVSR	B	629,88	>110	461,76	0,364	1,03	1,53

Stima dell'accelerazione sismica per la zona di Colle Alto (P2, P16)



Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [s]	T_c [s]
30	0,074	2,404	0,272
50	0,095	2,370	0,281
72	0,111	2,367	0,285
101	0,129	2,359	0,289
140	0,147	2,361	0,294
201	0,170	2,362	0,300
475	0,233	2,399	0,316
975	0,297	2,404	0,330
2475	0,394	2,408	0,345

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente c_u : 1

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
A_g	0,362 g
F_p	2,408
T_c	0,340 s
S_s	1,052
C_c	1,365
S_T	1,000
q	2,400

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S_e [g]
	0,000	0,380
T_B	0,155	0,382
T_c	0,464	0,382
	0,587	0,302
	0,710	0,249
	0,833	0,213
	0,956	0,185
	1,079	0,164
	1,202	0,147
	1,325	0,134
	1,448	0,122
	1,571	0,113
	1,694	0,105
	1,817	0,097
	1,940	0,091

Parametri dipendenti

S	1,052
η	0,417
T_B	0,155 s
T_c	0,464 s
T_D	3,047 s

Il parametro dell'accelerazione che definisce la pericolosità sismica di base in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento), risulta essere per Colle Alto:

$$a_g = 0,362g$$

Le indagini geofisiche, eseguite per gli studi di microzonazione sismica, consistono in due punti di indagine HVSR, ed hanno permesso di individuare il badrock sismico da 7,9 (P2) a 9,0 mt (P16) di profondità dal p.c..



Ubicazione delle indagini nella zona di Colle Alto

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P2 in località Colle Alto è pari a $f_0 =$

15,461 Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 7,9$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 321.13$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P16 in località Colle Alto è pari a $f_0 = 6,529$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 9$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 238.88$ m/sec.

coordinate	località	riferimento	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.864344° 12.747311°	Colle Alto	P2	HVSR	B	592,15	7,9	321,13
42.863445° 12.746720°	Colle Alto	P16	HVSR	B	400,16	8	238,88

Le indagini di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) hanno permesso di determinare la frequenza di risonanza di sito, in base a rapporti H/V.

I dati disponibili hanno permesso di elaborare la ricostruzione del modello geotecnico dell'area indagata.

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P2:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 – 7,9	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>7,9	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P16:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 110	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>110	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Ai fini della determinazione dei fattori di amplificazione del sito la litologia più superficiale di questa zona è stata assimilata a quella delle ghiaie.

La combinazione di tutti i dati ottenuti ha portato alla determinazione, per questa zona, di un fattore di amplificazione 1,70 per l'area della prova P2 e 2,02 per l'area della prova P16.

Fattore di amplificazione **FA** Tipo di terreno **Ghiaia** a_g (g) **0.26g** Profilo di velocità **Lineare pendenza intermedia**

H	V_p (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	-	1.80	1.74	1.61	1.38	1.21	1.10	1.05	1.01	1.01
10	-	-	2.02	1.79	1.47	1.33	1.25	1.17	1.06	1.02
15	-	-	P16	P27	1.49	1.51	1.37	1.25	1.12	1.04
20	-	-	-	1.97	1.79	1.62	1.47	1.35	1.18	1.06
25	-	-	-	1.87	1.79	1.64	1.51	1.39	1.21	1.08
30	-	-	-	1.74	1.49	1.62	1.50	1.40	1.22	1.09
35	-	-	-	1.59	1.60	1.54	1.46	1.39	1.22	1.09
40	-	-	-	1.58	1.52	1.48	1.41	1.36	1.21	1.09
50	-	-	-	1.62	1.39	1.32	1.31	1.27	1.17	1.07
60	-	-	-	1.33	1.33	1.30	1.22	1.10	1.12	1.04
70	-	-	-	-	1.27	1.26	1.22	1.15	1.06	1.00
80	-	-	-	-	1.21	1.20	1.19	1.15	1.04	0.99
90	-	-	-	-	1.14	1.15	1.15	1.12	1.04	0.94
100	-	-	-	-	1.00	1.10	1.11	1.09	1.03	0.95
110	-	-	-	-	1.02	1.06	1.06	1.05	1.01	0.95
120	-	-	-	-	0.97	1.01	1.03	1.03	0.99	0.93
130	-	-	-	-	0.91	0.97	0.99	0.99	0.97	0.92
140	-	-	-	-	0.91	0.94	0.96	0.97	0.94	0.91
150	-	-	-	-	0.87	0.91	0.93	0.94	0.93	0.89

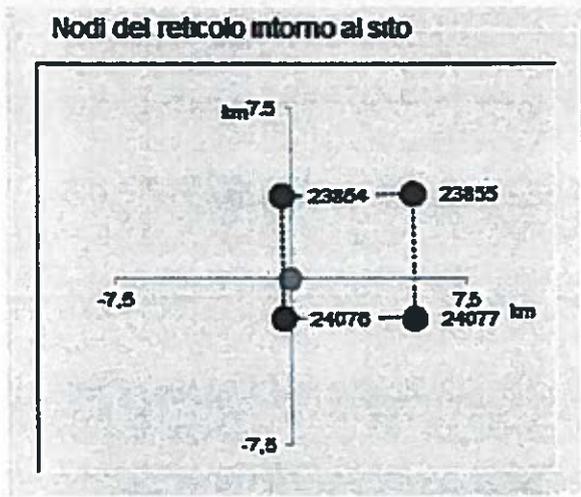
Fattore di amplificazione **FV** Tipo di terreno **Ghiaia** a_g (g) **0.26g** Profilo di velocità **Lineare pendenza intermedia**

H	V_p (m/s)									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	-	1.05	1.04	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
10	-	-	1.17	1.07	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00
15	-	-	P16	P27	1.14	1.09	1.05	1.03	1.02	1.01
20	-	-	-	1.53	1.20	1.10	1.11	1.00	1.03	1.01
25	-	-	-	1.81	1.47	1.29	1.19	1.12	1.07	1.02
30	-	-	-	2.04	1.65	1.42	1.20	1.19	1.09	1.03
35	-	-	-	2.25	1.84	1.54	1.37	1.25	1.11	1.04
40	-	-	-	2.29	1.96	1.66	1.46	1.37	1.14	1.07
50	-	-	-	2.12	2.02	1.80	1.59	1.43	1.21	1.09
60	-	-	-	2.10	1.86	1.79	1.65	1.49	1.26	1.11
70	-	-	-	-	1.80	1.68	1.61	1.51	1.29	1.12
80	-	-	-	-	1.80	1.69	1.63	1.46	1.29	1.13
90	-	-	-	-	1.91	1.69	1.54	1.41	1.27	1.13
100	-	-	-	-	1.80	1.69	1.53	1.43	1.24	1.09
110	-	-	-	-	1.84	1.60	1.53	1.41	1.22	1.09
120	-	-	-	-	1.77	1.60	1.53	1.40	1.23	1.10
130	-	-	-	-	1.74	1.64	1.53	1.42	1.23	1.10
140	-	-	-	-	1.73	1.60	1.51	1.42	1.22	1.10
150	-	-	-	-	1.74	1.57	1.48	1.40	1.23	1.09

Coordinate	Località	N. di rif.	Tipo di prova geofisica	Categoria di suolo	Vs30 (m/sec)	Spessore H (m)	Vsh (m/sec)	a_g	FA	FV
42.86434 4° 12.747311	Colle Alto	P2	HVSR	B	592,15	7,9	321,13	0,362	1,70	1,02

42.86344 5° 12.746720 •	Colle Alto	P16	HVSR	B	400,16	8	238,88	0,362	2,02	1,04
----------------------------------	---------------	-----	------	---	--------	---	--------	-------	------	------

Stima dell'accelerazione sismica per la zona di Santa Maria in Valle e Matigge (P3, P4, P6, P7, P8, P9, P10, P11)



Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [s]	T_C [s]
30	0,074	2,401	0,273
50	0,096	2,355	0,281
72	0,112	2,358	0,286
101	0,130	2,348	0,289
140	0,149	2,350	0,294
201	0,171	2,352	0,300
475	0,234	2,403	0,315
975	0,298	2,409	0,329
2475	0,395	2,415	0,344

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limit SLV

Parametri indipendenti

	SLV
	0,364 g
	2,413
	0,339 s
	1,048
	1,365
	1,000
	2,400

Parametri dipendenti

S	1,048
T_1	0,417
T_2	0,154 s
T_3	0,463 s
T_4	3,057 s

Punti dello spettro di risposta

	0,000	0,382
T_1 ←	0,154	0,384
T_2 ←	0,463	0,384
	0,587	0,303
	0,710	0,250
	0,834	0,213
	0,957	0,186
	1,081	0,165
	1,204	0,148
	1,328	0,134
	1,451	0,123
	1,575	0,113
	1,698	0,105
	1,822	0,098
	1,945	0,091

Il parametro dell'accelerazione che definisce la pericolosità sismica di base in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento), risulta essere per Santa Maria in Valle e Matigge:

$$a_g = 0,364g$$

Le indagini geofisiche, eseguite per gli studi di microzonazione sismica, consistono in otto punti di indagine HVSR, ed hanno permesso di individuare il bedrock sismico da 20 (P10) a più di 150 mt di profondità dal p.c..



Ubicazione delle indagini nella zona di Matigge – Santa Maria in Valle

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P3 è pari a $f_0 = 1,616$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 58$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 646,60$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P4 è pari a $f_0 = 0,470$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H > 150$ m per la quale non è stata determinata la V_h .

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P6 è pari a $f_0 = 0,775$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 150$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 412,66$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P7 è pari a $f_0 = 0,826$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H > 150$ m per il quale non è stata determinata la V_h .

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P8 è pari a $f_0 = 2,155$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 37$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 516,22$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P9 è pari a $f_0 = 2,475$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 37$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 601,63$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P10 è pari a $f_0 = 2,813$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 20$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 285,77$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P11 è pari a $f_0 = 1,549$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 58$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 368.83$ m/sec.

coordinate	località	riferimento	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.893188° 12.741710°	SM in Valle	P3	HVSR	B	548,08	58	646,6
42.898020° 12.741220°	SM in Valle	P4	HVSR	B	548,85	334	
42.897364° 12.734322°	Matigge	P5	HVSR	B	475,97	110	516,43
42.902094° 12.740242°	Matigge	P6	HVSR	B	537,96	150- 157	412,66
42.895187° 12.750776°	SM in Valle	P7	HVSR	B	524,74	157	
42.899192° 12.743298°	Matigge	P8	HVSR	B	610,54	37	516,22
42.904163° 12.740611°	Matigge	P9	HVSR	B	579,18	37	601,63
42.891206° 12.738657°	Collecch io	P10	HVSR	B	519,46	20	285,77

Le indagini di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) hanno permesso di determinare la frequenza di risonanza di sito, in base a rapporti H/V.

I dati disponibili hanno permesso di elaborare la ricostruzione del modello geotecnico dell'area indagata.

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P3:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (γ_{mc})	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cm ²)
0,0 – 58	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>58	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P4:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (γ_{mc})	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cm ²)
0,0 - 150	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>150	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P6:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 150	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>150	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P7

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 150	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>150	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P8:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 37	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>37	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P9

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 37	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>37	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P10:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 20	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>20	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P11:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 58	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>58	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Ai fini della determinazione dei fattori di amplificazione del sito la litologia di questa zona è stata assimilata a quella delle ghiaie.

La combinazione di tutti i dati ottenuti ha portato alla determinazione, per questa zona, dei fattori di amplificazione riportati in tabella.

Per l'area delle zone P4 e P7 l'amplificazione è inferiore ad 1,00 in quanto lo spessore H della copertura è maggiore di 150 mt.

Fattore di amplificazione FA	Tipo di terreno Ghiaia	$a_g(g)$ 0,25g									
		Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia									
		V _g (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	-	1,80	1,74	1,68	1,60	1,50	1,40	1,30	1,20	1,10	1,01
10	-	-	2,02	1,70	1,47	1,33	1,25	1,17	1,08	1,01	1,02
15	-	-	-	1,93	1,69	1,51	1,37	1,25	1,12	1,04	1,04
20	-	-	-	1,97	1,79	1,62	1,47	1,35	1,18	1,06	1,06
25	-	-	-	1,87	1,79	1,64	1,51	1,39	1,21	1,08	1,08
30	-	-	-	1,74	1,69	1,62	1,50	1,40	1,27	1,09	1,09
35	-	-	-	1,59	1,60	1,54	1,48	1,39	1,22	1,09	1,09
40	-	-	-	1,50	1,52	1,48	1,41	1,34	1,21	1,09	1,09
50	-	-	-	1,62	1,39	1,37	1,31	1,27	1,17	1,07	1,07
60	-	-	-	1,33	1,33	1,37	1,22	1,18	1,12	1,04	1,04
70	-	-	-	-	1,27	1,26	1,22	1,15	1,06	1,00	1,00
80	-	-	-	-	1,21	1,20	1,19	1,15	1,04	0,98	0,98
90	-	-	-	-	1,14	1,15	1,15	1,12	1,04	0,96	0,96
100	-	-	-	-	1,08	1,10	1,11	1,09	1,03	0,95	0,95
110	-	-	-	-	1,02	1,06	1,06	1,05	1,01	0,95	0,95
120	-	-	-	-	0,97	1,01	1,03	1,03	0,99	0,93	0,93
130	-	-	-	-	0,91	0,97	0,99	0,99	0,97	0,92	0,92
140	-	-	-	-	0,91	0,94	0,96	0,97	0,94	0,91	0,91
150	-	-	-	-	0,87	0,91	0,93	0,94	0,93	0,89	0,89

Fattore di amplificazione
FV

Tipo di terreno
Chiosa

a_g (g)
0,26g

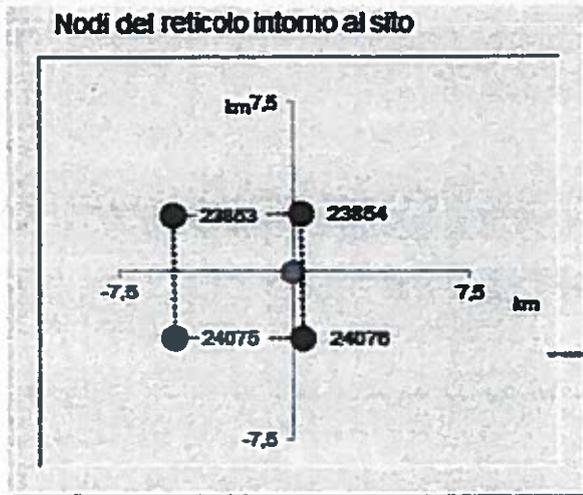
Profilo di velocità
Lineare pendenza intermedia

H	V_s [m/s]									
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	-	1,05	1,04	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00
10	-	-	1,17	1,07	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1,00
15	-	-	-	1,24	1,14	1,09	1,05	1,03	1,02	1,01
20	-	-	-	1,53	1,28	1,18	1,11	1,08	1,03	1,01
25	-	-	-	1,41 ¹⁰	1,47	1,29	1,19	1,12	1,07	1,02
30	-	-	-	2,06	1,65	1,42	1,28	1,19	1,09	1,03
35	-	-	-	2,25	1,84	1,54	1,37	1,25	1,11	1,04
40	-	-	-	2,29	1,96	1,66	1,46	1,33 ⁸	1,11 ⁹	1,07
50	-	-	-	2,12	2,02	1,80	1,59	1,43	1,21	1,09
60	-	-	-	2,10	1,86	1,79	1,45	1,49	1,26 ¹	1,11
70	-	-	-	-	1,89	1,81 ¹¹	1,41	1,51	1,29	1,12
80	-	-	-	-	1,88	1,49	1,53	1,46	1,29	1,13
90	-	-	-	-	1,91	1,49	1,54	1,41	1,27	1,13
100	-	-	-	-	1,88	1,49	1,53	1,43	1,24	1,09
110	-	-	-	-	1,84	1,48	1,53	1,41	1,22	1,09
120	-	-	-	-	1,77	1,48	1,53	1,40	1,23	1,10
130	-	-	-	-	1,74	1,44	1,53	1,42	1,23	1,10
140	-	-	-	-	1,73	1,48	1,51	1,42	1,22	1,10
150	-	-	-	-	1,74	1,57 ¹⁶	1,48	1,48	1,23	1,09

Coordinate	Località	N. di rif.	Tipo di prova geofisica	Categoria di suolo	Vs30 (m/sec)	Spessore H (m)	Vsh (m/sec)	ag	FA	FV
42.89318 8° 12.741710	SM in Valle	P3	HVSR	B	548,08	58	646,6	0,364	1,12	1,21
42.89802 0° 12.741220	SM in Valle	P4	HVSR	B	548,85	334		0,364	<1,00	<1,0
42.90209 4° 12.740242	Matigge	P6	HVSR	B	537,96	150-157	412,66	0,364	0,91	1,57
42.89518 7° 12.750776	SM in Valle	P7	HVSR	B	524,74	157		0,364	<1,00	<1,00
42.89919 2° 12.743298	Matigge	P8	HVSR	B	610,54	37	516,22	0,364	1,39	1,25
42.90416 3° 12.740611	Matigge	P9	HVSR	B	579,18	37	601,63	0,364	1,22	1,11

42.89120 6° 12.738657 •	Collecchi o	P10	HVSR	B	519,46	20	285,77	0,364	1,97	1,53
42.91260 3° 12.739368 •	Torre Matigge	P11	HVSR	B	499,49	58	368,83	0,364	1,30	1,79

Stima dell'accelerazione sismica per la zona di Torre Matigge (P5, P12, P15, P17, P18, P20)



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

0.073	2.407	0.273
0.094	2.354	0.280
0.110	2.352	0.285
0.128	2.348	0.288
0.146	2.351	0.293
0.168	2.355	0.298
0.230	2.407	0.314
0.292	2.419	0.326
0.389	2.414	0.341

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50 anni
 Coefficiente c_u : 1

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limit SLV

Parametri indipendenti

	SLV
	0.359 g
	2.416
	0.337 s
	1.053
	1.367
	1.000
	2.400

Parametri dipendenti

	1.053
	0.417
	0.154 s
	0.461 s
	3.035 s

Punti dello spettro di risposta

	0.000	0.378
$T_p \leftarrow$	0.154	0.380
$T_c \leftarrow$	0.461	0.380
	0.583	0.300
	0.706	0.248
	0.829	0.212
	0.951	0.184
	1.074	0.163
	1.196	0.147
	1.319	0.133
	1.441	0.122
	1.564	0.112
	1.686	0.104
	1.809	0.097
	1.932	0.091

Il parametro dell'accelerazione che definisce la pericolosità sismica di base in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento), risulta essere per Torre Matigge:

$$a_g = 0,359g$$

Le indagini geofisiche, eseguite per gli studi di microzonazione sismica, consistono in sei punti di indagine HVSR, ed hanno permesso di individuare il badrock sismico da 58 (P12) a più di 150 mt di profondità dal p.c.



Ubicazione delle indagini nella zona di Torre Matigge

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P5 è pari a $f_0 = 1,024$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 110$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 516,43$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P12 è pari a $f_0 = 1,633$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 58$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 440,06$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P15 è pari a $f_0 = 1,484$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 58$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 429,95$ m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P17 è pari a $f_0 = 1,453$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 58$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 589,43$

m/sec.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P18 è pari a $f_0 = 0,734$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H > 150$ m.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P20 è pari a $f_0 = 1,565$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 58$ m che ha permesso di determinare una $V_h = 581,16$ m/sec.

Le indagini di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) hanno permesso di determinare la frequenza di risonanza di sito, in base a rapporti H/V.

I dati disponibili hanno permesso di elaborare la ricostruzione del modello geotecnico dell'area indagata.

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P5:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 – 110	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>110	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P12:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 58	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>58	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P15:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 – 58	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>58	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P17:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 58	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>58	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P18:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 150	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>150	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P20:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 58	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>58	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Ai fini della determinazione dei fattori di amplificazione del sito la litologia di questa zona è stata assimilata a quella delle ghiaie.

La combinazione di tutti i dati ottenuti ha portato alla determinazione, per questa zona, dei fattori di amplificazione riportati in tabella.

Per l'area della zona P18 l'amplificazione è inferiore ad 1,00 in quanto lo spessore H della copertura è maggiore di 150 mt.

Fattore di amplificazione: **FA** Tipo di terreno: **Ghiaia** a_g (g): **0,26g** Profilo di velocità: **Lineare pendenza intermedia**

H	V _h (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
5	-	1,80	1,74	1,68	1,39	1,21	1,10	1,05	1,01	1,01	
10	-	-	2,02	1,70	1,47	1,33	1,25	1,17	1,04	1,02	
15	-	-	-	1,93	1,49	1,51	1,37	1,25	1,12	1,04	
20	-	-	-	1,97	1,79	1,62	1,47	1,35	1,10	1,06	
25	-	-	-	1,87	1,79	1,64	1,51	1,39	1,21	1,08	
30	-	-	-	1,74	1,49	1,42	1,50	1,40	1,22	1,09	
35	-	-	-	1,59	1,40	1,54	1,48	1,39	1,22	1,09	
40	-	-	-	1,50	1,52	1,48	1,41	1,36	1,21	1,09	
50	-	-	-	1,42	1,39	1,32	1,27	1,27	1,17	1,07	
60	-	-	-	1,33	1,33	1,30	1,27	1,18	1,12	1,04	
70	-	-	-	-	1,27	1,24	1,22	1,15	1,08	1,08	
80	-	-	-	-	1,21	1,20	1,19	1,15	1,04	0,99	
90	-	-	-	-	1,14	1,15	1,15	1,12	1,04	0,94	
100	-	-	-	-	1,03	1,10	1,11	1,09	1,03	0,95	
110	-	-	-	-	1,02	1,04	1,06	1,05	1,01	0,95	
120	-	-	-	-	0,97	1,01	1,03	1,03	0,99	0,93	
130	-	-	-	-	0,91	0,97	0,99	0,99	0,97	0,92	
140	-	-	-	-	0,91	0,94	0,94	0,97	0,94	0,91	
150	-	-	-	-	0,87	0,91	0,93	0,94	0,93	0,89	

Fattore di amplificazione: **FV** Tipo di terreno: **Ghiaia** a_g (g): **0,26g** Profilo di velocità: **Lineare pendenza intermedia**

H	V _h (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
5	-	1,05	1,04	1,02	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	
10	-	-	1,17	1,07	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1,00	
15	-	-	-	1,24	1,14	1,09	1,05	1,03	1,02	1,01	
20	-	-	-	1,53	1,20	1,10	1,11	1,08	1,03	1,01	
25	-	-	-	1,81	1,47	1,29	1,19	1,12	1,07	1,02	
30	-	-	-	2,06	1,45	1,42	1,20	1,19	1,09	1,03	
35	-	-	-	2,25	1,84	1,54	1,37	1,25	1,11	1,04	
40	-	-	-	2,29	1,96	1,44	1,44	1,32	1,14	1,07	
50	-	-	-	2,12	2,02	1,80	1,59	1,43	1,21	1,09	
60	-	-	-	2,10	1,86	1,79	1,49	1,49	1,21	1,11	
70	-	-	-	-	1,89	1,60	1,49	1,51	1,21	1,12	
80	-	-	-	-	1,88	1,49	1,53	1,44	1,27	1,13	
90	-	-	-	-	1,91	1,49	1,54	1,41	1,27	1,13	
100	-	-	-	-	1,88	1,49	1,53	1,43	1,24	1,09	
110	-	-	-	-	1,84	1,48	1,53	1,43	1,22	1,09	
120	-	-	-	-	1,77	1,48	1,53	1,41	1,23	1,10	
130	-	-	-	-	1,74	1,44	1,53	1,42	1,23	1,10	
140	-	-	-	-	1,73	1,40	1,51	1,42	1,22	1,10	
150	-	-	-	-	1,74	1,57	1,48	1,40	1,23	1,09	

Coordinate	Località	N. di rif.	Tipo di prova geofisica	Categoria di suolo	Vs30 (m/sec)	Spessore H (m)	Vsh (m/sec)	ag	FA	FV
42.89736 4° 12.734322	Matigge	P5	HVSR	B	475,97	110	516,43	0,359	1,05	1,41

42.90948 8° 12.734154 .	Torre Matigge	P12	HVSR	B	401,95	58	440,06	0,359	1,22	1,65
42.90472 7° 12.734701 .	Torre Matigge	P15	HVSR	B	398,58	58	429,95	0,359	1,22	1,65
42.90265 7° 12.733095 .	Torre Matigge	P17	HVSR	B	468,36	58	589,43	0,359	1,12	1,26
42.89671 3° 12.733710 .	Torre Matigge	P18	HVSR	B	549,57	194		0,359		
42.90409 9° 12.733739 .	Torre Matigge	P20	HVSR	B	472,73	58	581,116	0,359	1,12	1,26

Stima dell'accelerazione sismica per la zona di Pietrarossa (P14, P19)



Valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

0,072	2,409	0,273
0,094	2,356	0,281
0,110	2,353	0,285
0,128	2,350	0,289
0,146	2,353	0,293
0,168	2,356	0,298
0,229	2,407	0,314
0,292	2,419	0,327
0,389	2,413	0,342

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50 anni
Coefficiente c_u : 1

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
B_0	0,358 g
F_0	2,414
T_c	0,337 s
S_0	1,054
C_c	1,367
S_T	1,000
q	2,400

Parametri dipendenti

S	1,054
η	0,417
T_B	0,154 s
T_C	0,461 s
T_D	3,033 s

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,378
$T_B \leftarrow$	0,154	0,380
$T_C \leftarrow$	0,461	0,380
	0,584	0,300
	0,706	0,248
	0,829	0,211
	0,951	0,184
	1,074	0,163
	1,196	0,146
	1,319	0,133
	1,441	0,122
	1,564	0,112
	1,686	0,104
	1,809	0,097
	1,931	0,091

Il parametro dell'accelerazione che definisce la pericolosità sismica di base in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento), risulta essere per Pietrarossa:

$$a_g = 0,358g$$

Le indagini geofisiche, eseguite per gli studi di microzonazione sismica, consistono in otto punti di indagine HVSR, ed hanno permesso di individuare il badrock sismico a più di 150 mt di profondità dal p.c..



Ubicazione delle indagini nella zona di Pietra Rossa

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P14 è pari a $f_0 = 0,711$ Hz alla quale

corrisponde uno spessore $H > 150$.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P19 è pari a $f_0 = 0,734$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H > 150$.

coordinate	località	riferimento	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.894602° 12.726931°	Matigge	P14	HVSR	C	346,73	194	
42.896148° 12.726308°	Matigge	P19	HVSR	B	491,77	194	

Le indagini di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) hanno permesso di determinare la frequenza di risonanza di sito, in base a rapporti H/V.

I dati disponibili hanno permesso di elaborare la ricostruzione del modello geotecnico dell'area indagata.

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P14:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 – 150	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>150	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

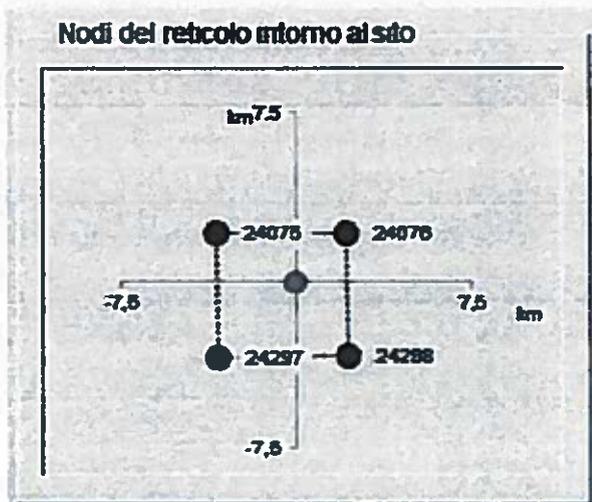
Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P19:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 150	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
> 150	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Per la determinazione dei fattori di amplificazione l'area presenta caratteristiche che non permettono di utilizzare gli abachi, in quanto lo spessore H della copertura è maggiore di 150 mt.

Il fattore di amplificazione in tali zone risulta, pertanto, inferiore ad 1,00.

Stima dell'accelerazione sismica per la zona di Cannaiola (P21, P22, P23)



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R (anni)	a_g [g]	F_o [g]	T_C [s]
30	0,071	2,418	0,272
50	0,092	2,375	0,281
72	0,108	2,366	0,285
101	0,125	2,362	0,289
140	0,142	2,365	0,293
201	0,164	2,366	0,298
475	0,224	2,408	0,314
975	0,286	2,423	0,327
2475	0,381	2,414	0,343

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.351 g
F_q	2.417
T_c	0.338 s
S_s	1.191
C_c	1.501
S_T	1.000
q	2.400

Parametri dipendenti

S	1.191
η	0.417
T_B	0.169 s
T_C	0.508 s
T_D	3.005 s

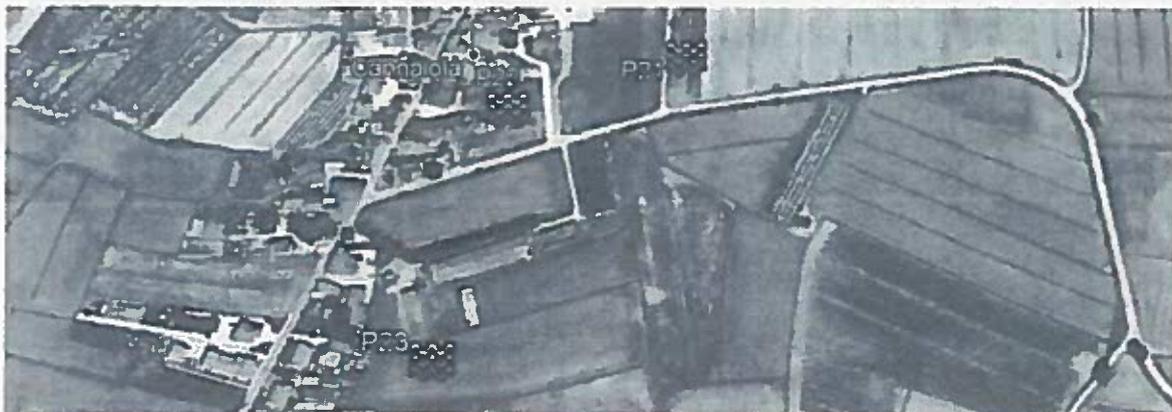
Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S_e [g]
	0.000	0.418
T_B	0.169	0.421
T_C	0.508	0.421
	0.627	0.341
	0.746	0.287
	0.865	0.247
	0.984	0.218
	1.103	0.194
	1.222	0.175
	1.340	0.160
	1.459	0.147
	1.578	0.136
	1.697	0.126
	1.816	0.118
	1.935	0.111
	2.054	0.104

Il parametro dell'accelerazione che definisce la pericolosità sismica di base in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento), risulta essere per Cannaiola:

$$a_g = 0,351g$$

Le indagini geofisiche, eseguite per gli studi di microzonazione sismica, consistono in otto punti di indagine HVSr, ed hanno permesso di individuare il badrock sismico a più di 150 mt di profondità dal p.c..



Ubicazione delle indagini nella zona di Cannaiola

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSr P21 è pari a $f_0 = 0,426$ Hz alla quale

corrisponde uno spessore $H > 150$.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P22 è pari a $f_0 = 0,440$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H > 150$.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P23 è pari a $f_0 = 0,485$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H > 150$.

coordinate	località	riferimento	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.863570° 12.714484°	Cannaiol a	P21	HVSR	C	345,8	230	
42.863207° 12.713116°	Cannaiol a	P22	HVSR	C	349,36	230	
42.861656° 12.712775°	Cannaiol a	P23	HVSR	C	357,95	150	

Le indagini di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) hanno permesso di determinare la frequenza di risonanza di sito, in base a rapporti HV.

I dati disponibili hanno permesso di elaborare la ricostruzione del modello geotecnico dell'area indagata.

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P21:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 – 230	argilla	1,9	0°	0,4 - 1,2
>230	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P22:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 230	argilla	1,9	0°	0,4 – 1,2
> 23	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

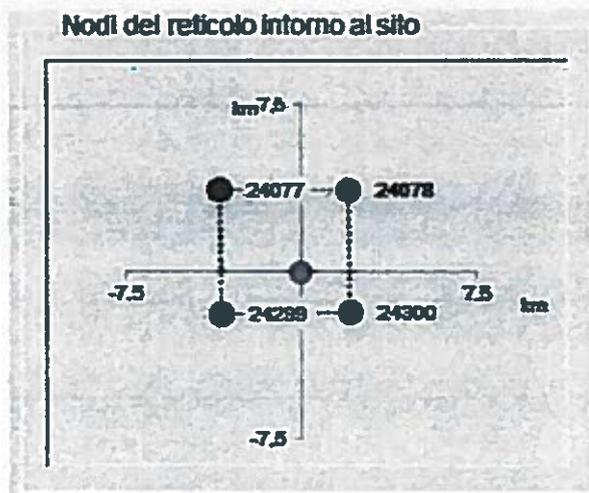
Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P23:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 230	argilla	1,9	0°	0,4 - 1,2
> 230	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Per la determinazione dei fattori di amplificazione l'area presenta caratteristiche che non permettono di utilizzare gli abachi, in quanto lo spessore H della copertura è maggiore di 150 mt.

Il fattore di amplificazione in tali zone risulta, pertanto, inferiore ad 1,00.

Stima dell'accelerazione sismica per la zona di Picciche (P24, P25, P27)



Valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

0.076	2.401	0.270
0.097	2.388	0.280
0.114	2.373	0.286
0.132	2.363	0.289
0.152	2.359	0.295
0.175	2.354	0.305
0.241	2.378	0.322
0.307	2.381	0.336
0.406	2.413	0.351

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

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

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limit SLV

Parametri indipendenti

	SLV
	0,375 g
	2,404
	0,346 s
	1,159
	1,490
	1,000
	2,400

Parametri dipendenti

S	1,159
η	0,417
T_b	0,172 s
T_c	0,516 s
T_d	3,101 s

Punti dello spettro di risposta

	0,000	0,435
T_b	0,172	0,435
T_c	0,516	0,435
	0,639	0,352
	0,762	0,295
	0,885	0,254
	1,008	0,223
	1,131	0,199
	1,254	0,179
	1,378	0,163
	1,501	0,150
	1,624	0,138
	1,747	0,129
	1,870	0,120
	1,993	0,113

Il parametro dell'accelerazione che definisce la pericolosità sismica di base in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento), risulta essere per Picciche:

$$a_g = 0,375g$$

Le indagini geofisiche, eseguite per gli studi di microzonazione sismica, consistono in tre punti di indagine HVSR, ed hanno permesso di individuare il badrock sismico ad una profondità maggiore di 150 mt dal p.c..



Ubicazione delle indagini nella zona di Picciche

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P24 è pari a $f_0 = 0,440$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H > 150$.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P25 è pari a $f_0 = 0,445$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H > 150$.

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR P27 è pari a $f_0 = 0,522$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H > 150$.

coordinate	località	riferimento	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.850185° 12.704330°	Picciche	P24	HVSR	C	339,3	>150	
42.850096° 12.704367°	Picciche	P25	HVSR	C	305,95	>150	
42.850817° 12.703978°	Picciche	P27	HVSR	C	242,78	>150	

Le indagini di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) hanno permesso di determinare la frequenza di risonanza di sito, in base a rapporti H/V.

I dati disponibili hanno permesso di elaborare la ricostruzione del modello geotecnico dell'area indagata.

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P24:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 230	argilla	1,9	0°	0,4 - 1,2
>230	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P25:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 230	argilla	1,9	0°	0,4 - 1,2
> 23	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

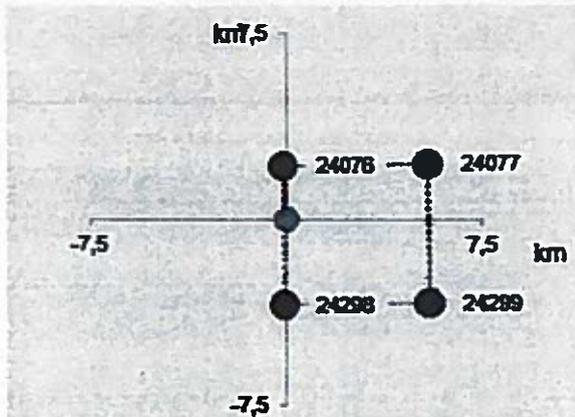
Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P27:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 - 230	argilla	1,9	0°	0,4 - 1,2
> 230	Deposito litoide	2	32°-36°	0 - 0,2

Per la determinazione dei fattori di amplificazione l'area presenta caratteristiche che non permettono di utilizzare gli abachi, in quanto lo spessore H della copertura è maggiore di 150 mt.

Il fattore di amplificazione in tali zone risulta, pertanto, inferiore ad 1,00.

Stima dell'accelerazione sismica per la zona di Faustana (P26)



Valori dei parametri a_g , F_o , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o []	T_c [s]
30	0,073	2,407	0,273
50	0,094	2,367	0,281
72	0,110	2,358	0,285
101	0,128	2,358	0,289
140	0,146	2,361	0,294
201	0,168	2,362	0,299
475	0,231	2,403	0,315
975	0,294	2,413	0,329
2475	0,392	2,405	0,344

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50 anni
 Coefficiente c_u : 1

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limit SLV

Parametri indipendenti

	SLV
	0,361 g
	2,407
	0,340 s
	1,052
	1,365
	1,000
	2,400

Parametri dipendenti

	1,052
	0,417
	0,155 s
	0,464 s
	3,044 s

Punti dello spettro di risposta

	0,000	0,380
$T_e \leftarrow$	0,155	0,381
$T_c \leftarrow$	0,464	0,381
	0,587	0,301
	0,710	0,249
	0,832	0,212
	0,955	0,185
	1,078	0,164
	1,201	0,147
	1,324	0,134
	1,447	0,122
	1,570	0,113
	1,692	0,104
	1,815	0,097
	1,938	0,091
	2,061	0,086

Il parametro dell'accelerazione che definisce la pericolosità sismica di base in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento), risulta essere per Faustana:

$$a_g = 0,361g$$

Le indagini geofisiche, eseguite per gli studi di microzonazione sismica, consistono in un punto di indagine HVSR, ed hanno permesso di individuare il bedrock sismico a 58 mt di profondità dal p.c..



Ubicazione delle indagini nella zona di Faustana

La frequenza di sito determinata dalla prova HVSR è pari a $f_0 = 1,437$ Hz alla quale corrisponde uno spessore $H = 58$ m.

coordinate	località	riferimento	prova	suolo	Vs30 (m/sec)	H	Vsh (m/sec)
42.862047° 12.740351°	Faustana	P26	HVSR	B	417,24	58	464,74

Le indagini di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo di Nakamura) hanno permesso di determinare la frequenza di risonanza di sito, in base a rapporti H/V.

I dati disponibili hanno permesso di elaborare la ricostruzione del modello geotecnico dell'area indagata.

Di seguito si riportano i valori delle unità geotecniche individuate dalla prova P26:

PROFONDITA' h (m)	CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	PESO DI VOLUME (t/mc)	ANGOLO DI ATTRITO	COESIONE (Kg/cmq)
0,0 – 58	ghiaia	1,9	28° - 34°	0
>58	Deposito litoide	2	32°-36°	0 – 0,2

Ai fini della determinazione dei fattori di amplificazione del sito la litologia di questa zona è stata assimilata a quella delle ghiaie.

La combinazione di tutti i dati ottenuti ha portato alla determinazione, per questa zona, di un fattore di amplificazione 1,22 per l'area della prova P26.

Fattore di amplificazione FA	Tipo di terreno Ghiaia		a_g (g) 0.26g		Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia					
	150	200	250	300	$V_{..}$ (m/s)					
5	-	1.80	1.74	1.68	1.30	1.21	1.10	1.05	1.01	1.01
10	-	-	2.02	1.70	1.47	1.33	1.25	1.17	1.04	1.02
15	-	-	-	1.93	1.49	1.51	1.27	1.25	1.12	1.04
20	-	-	-	1.97	1.79	1.62	1.47	1.25	1.10	1.06
25	-	-	-	1.87	1.79	1.64	1.51	1.29	1.21	1.08
30	-	-	-	1.74	1.69	1.62	1.50	1.40	1.22	1.09
35	-	-	-	1.59	1.60	1.54	1.40	1.29	1.22	1.09
40	-	-	-	1.50	1.52	1.40	1.41	1.36	1.21	1.09
50	-	-	-	1.42	1.39	1.32	1.31	1.27	1.17	1.07
60	-	-	-	1.33	1.33	1.30	1.22	1.18	1.12	1.04
70	-	-	-	-	1.27	1.26	1.22	1.15	1.04	1.00
80	-	-	-	-	1.21	1.20	1.19	1.15	1.04	0.99
90	-	-	-	-	1.14	1.15	1.15	1.12	1.04	0.96
100	-	-	-	-	1.08	1.10	1.11	1.09	1.03	0.95
110	-	-	-	-	1.02	1.04	1.04	1.05	1.01	0.95
120	-	-	-	-	0.97	1.01	1.03	1.03	0.99	0.93
130	-	-	-	-	0.91	0.97	0.99	0.99	0.97	0.92
140	-	-	-	-	0.91	0.94	0.94	0.97	0.94	0.91
150	-	-	-	-	0.87	0.91	0.93	0.94	0.93	0.89

1.22 P26

Fattore di amplificazione FV	Tipo di terreno Ghiaia		a_g (g) 0.26g		Profilo di velocità Lineare pendenza intermedia					
	150	200	250	300	$V_{..}$ (m/s)					
5	-	1.05	1.04	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
10	-	-	1.17	1.07	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00
15	-	-	-	1.24	1.14	1.09	1.05	1.03	1.02	1.01
20	-	-	-	1.53	1.28	1.18	1.11	1.08	1.03	1.01
25	-	-	-	1.81	1.47	1.29	1.19	1.12	1.07	1.02
30	-	-	-	2.04	1.65	1.42	1.28	1.19	1.09	1.03
35	-	-	-	2.25	1.84	1.54	1.37	1.25	1.11	1.04
40	-	-	-	2.29	1.96	1.64	1.44	1.32	1.14	1.07
50	-	-	-	2.12	2.02	1.80	1.59	1.43	1.21	1.09
60	-	-	-	2.10	1.86	1.79	1.65	1.49	1.24	1.11
70	-	-	-	-	1.89	1.68	1.61	1.51	1.29	1.12
80	-	-	-	-	1.88	1.49	1.53	1.44	1.29	1.13
90	-	-	-	-	1.91	1.49	1.54	1.41	1.27	1.13
100	-	-	-	-	1.88	1.49	1.53	1.43	1.24	1.09
110	-	-	-	-	1.84	1.48	1.53	1.41	1.22	1.09
120	-	-	-	-	1.77	1.48	1.53	1.40	1.23	1.10
130	-	-	-	-	1.74	1.44	1.53	1.42	1.23	1.10
140	-	-	-	-	1.73	1.48	1.51	1.42	1.22	1.10
150	-	-	-	-	1.74	1.57	1.48	1.40	1.23	1.09

1.61 P26

Coordinate	Località	N. di rif.	Tipo di prova geofisica	Categoria di suolo	Vs30 (m/sec)	Spessore H (m)	Vsh (m/sec)	ag	FA	FV
42.862047										
12.740351°	Faustana	P26	HVSR	B	417,24	58	464,74	0,361	1,22	1,65

3 ELABORATI CARTOGRAFICI

Per tutti gli elaborati prodotti è stata utilizzata come base cartografica la Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000.

Lo schema utilizzato per la realizzazione della cartografia è quello indicato negli standard per la stesura delle carte delle indagini e l'informatizzazione standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (art. 5, comma 7 OPCM 3907/2010).

Nell'ambito dello studio da noi effettuato sono state elaborate le seguenti carte allegate:

- Carta delle Indagini Eseguite
- Carta di Microzonazione Sismica di secondo Livello

3.1 CARTA DELLE INDAGINI ESEGUITE

La carta delle indagini eseguite è stata realizzata in scala 1:10.000 e riporta l'ubicazione delle indagini effettuate ed in particolare le prove sismiche di tipo HVSR, le prove sismiche di tipo MASW e le prove penetrometriche con penetrometro dinamico di tipo SUNDA DM30.

Tali indagini sono state ubicate all'interno delle aree interessate dagli studi di Microzonazione Sismica di secondo livello.

Le indagini effettuate sono state rappresentate seguendo gli standard nazionali per l'informatizzazione degli studi di Microzonazione Sismica con riferimento agli "Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile (art.5, comma 7 dell'OPCM 13 Novembre 2010 n°3907).

3.2 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

Nella Carta di Microzonazione Sismica di Livello 2 sono stati riportati i di Fa e Fv per le

zone stabili suscettibili di amplificazione sismica locale individuate dagli studi effettuati.

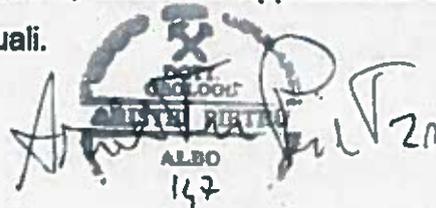
I valori di F_a e di F_v sono stati attribuiti sulla base di uno studio quantitativo che permette di stimare la risposta sismica locale in termini di fattori di amplificazione e che sono stati ricavati tramite l'utilizzo di abachi che tengono conto delle peculiarità litostratigrafiche e topografiche dei vari siti.

Le diverse categorie di F_a sono state distinte sulla base di varie tonalità di colore.

4 CONCLUSIONI

Le indagini eseguite hanno permesso di quantificare i valori dei fattori F_a e F_v per i vari siti di intervento;

tuttavia poiché tali indagini sono state effettuate solo su alcuni siti e non per tutti i singoli lotti, nella fase esecutiva degli interventi edificativi, andranno approfondite e tali fattori andranno verificati con indagini specifiche puntuali.

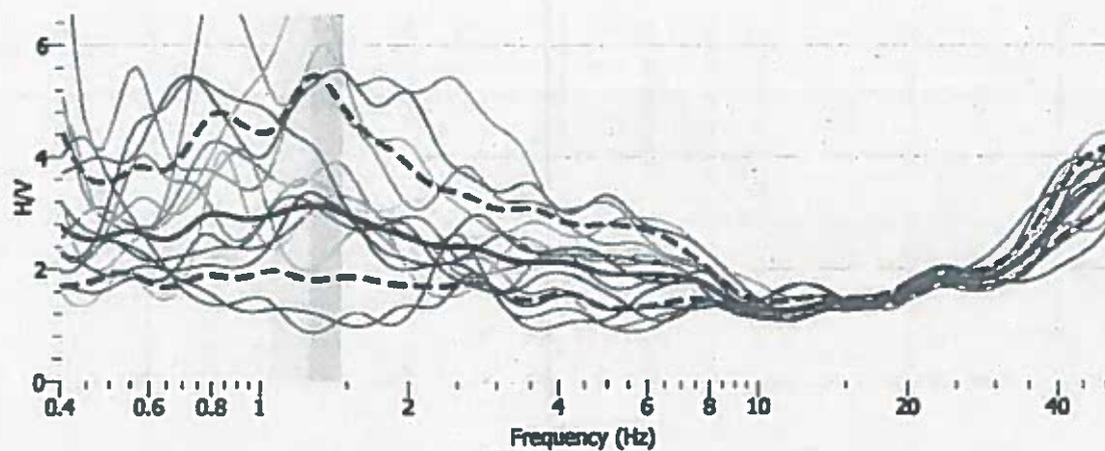


PROV. TORINO
ALBO
147

TABELLA RIASSUNTIVA INDAGINI EFFETTURE - RISULTATI OTTENUTI

Zona	Località	Prove	Vs30 (m/sec)	Tipo suolo	H (m)	VsH (m/sec)	Fv	Fa
1	Pigge	HVSR 13 MASW 4	629,88	B	110	461,76	1,53	1,03
2	Pigge	HVSR 1	578,41	B	58	646,6	1,21	1,12
3	C.Alto	HVSR 2 HVSR 16	592,15 400,16	B B	7,9 9	321,15 238,88	1,02 1,04	1,7 2,02
4	Collecchio	HVSR 10	519,46	B	20	285,77	1,53	1,97
5	Collecchio	HVSR 3	548,08	B	58	646,6	1,21	1,12
6	S.M. In Valle	HVSR 7 MASW 5	524,74	B			1	1
7	Collecchio	HVSR 4	548,85	B			1	1
8	Collecchio	HVSR 8	610,54	B	37	516,22	1,25	1,39
9	T. Matigge	HVSR 5 HVSR 18 MASW 6	475,97 549,57	B B	110	516,43	1,41 1	1,05 1
10	T.Matigge	HVSR 14 MASW 3	346,73	C			1	1
11	T. Matigge	HVSR 19	499,49	B			1	1
12	T. Matigge	HVSR 6	537,96	B	150	412,66	1,57	0,91
13	T. Matigge	HVSR 9	575,18	B	37	601,63	1,11	1,22
14	T. Matigge	HVSR 17 HVSR20 MASW 7	468,36 472,73	B B	58 58	589,43 581,20	1,26 1,26	1,12 1,12
15	T. Matigge	HVSR 15	398,5	B	58	429,95	1,65	1,22
16	T. Matigge	HVSR 12 MASW 2	401,95	B	58	440,06	1,65	1,22
17	T. Matigge	HVSR 11 MASW 1	499,49	B	58	368,83	1,79	1,3
18	Cannaiola	HVSR 21 HVSR 22 MASW 8	345,8 349,36	C C			1 1	1 1
19	Cannaiola	HVSR 23	357,95	C			1	1
20	Picciche	HVSR 25 MASW 9	305,95	C			1	1
21	Picciche	HVSR 24 HVSR 27	339,3 242,78	C C			1 1	1 1
22	Faustana	HVSR 26	417,24	B	58	464,74	1,65	1,22

PROVA HVSR N°1

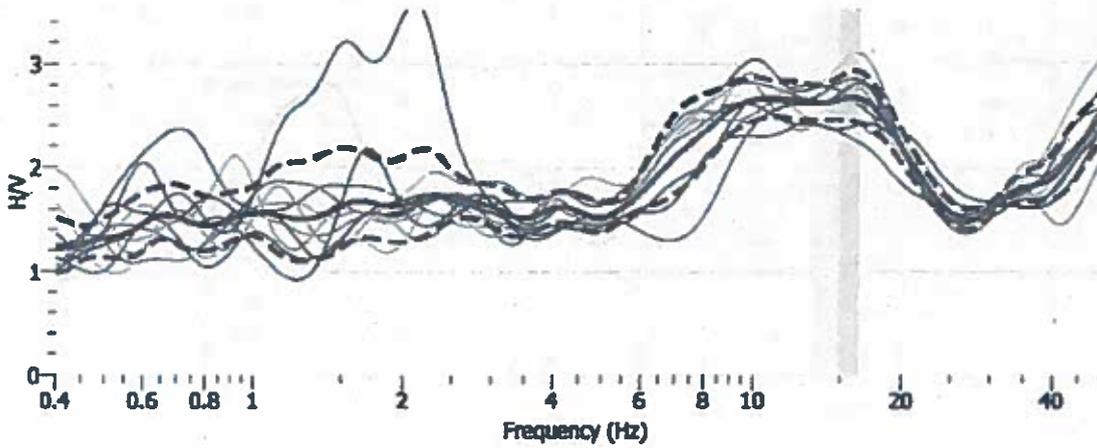


Frequenza di sito 1,278 Hz

H = 58 m

Vh = 646,60 m/sec

PROVA HVSR N°2

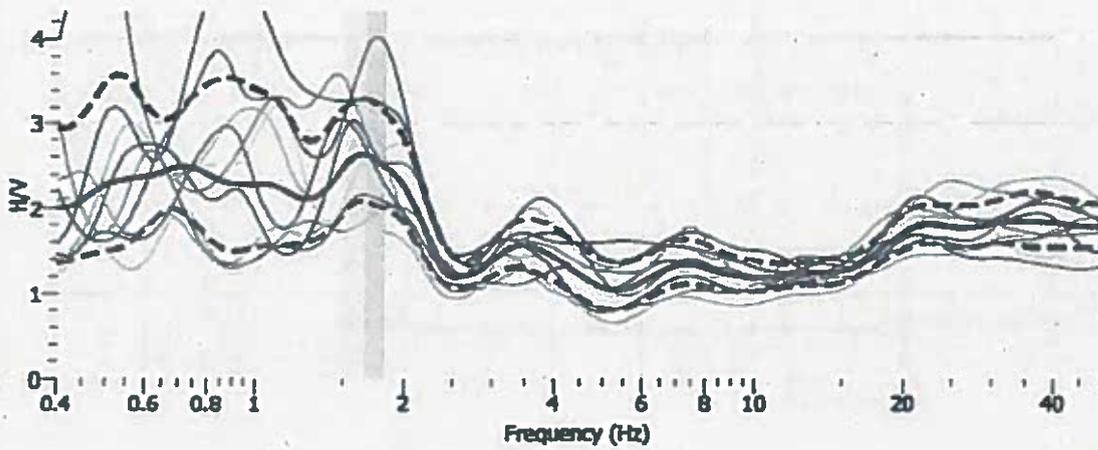


Frequenza di sito 15,461 Hz

$H = 7,9 \text{ m}$

$V_h = 321,13 \text{ m/sec}$

PROVA HVSR N°3

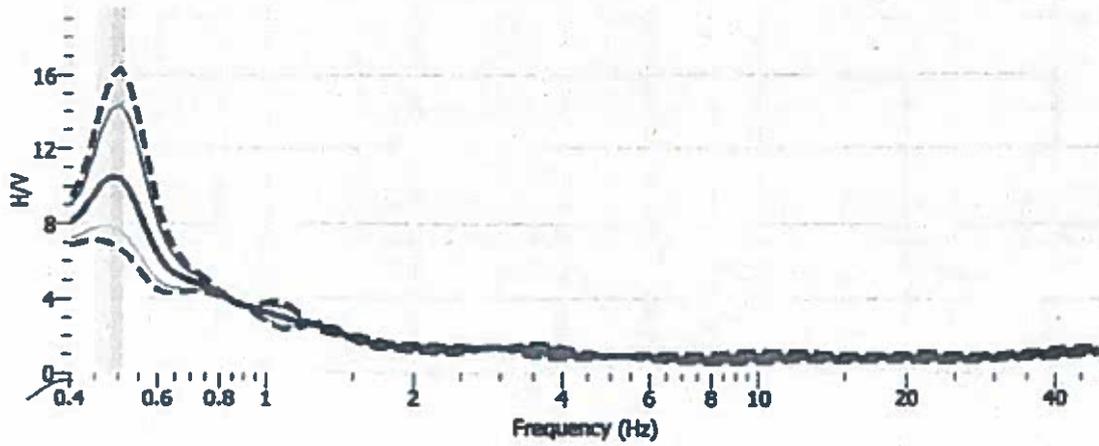


Frequenza di sito 1,616 Hz

H = 58 m

Vh = 646,60 m/sec

PROVA HVSR N°4

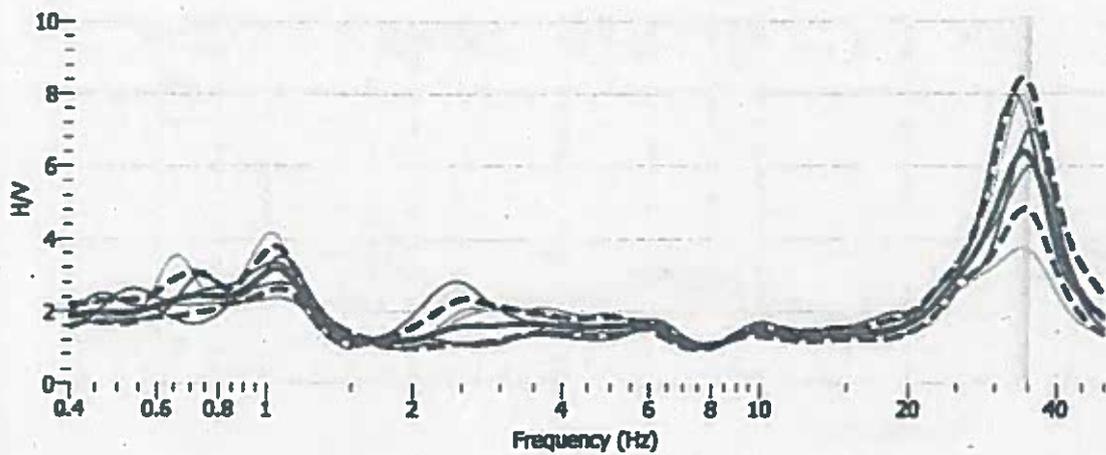


Frequenza di sito 0,470 Hz

H = > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°5

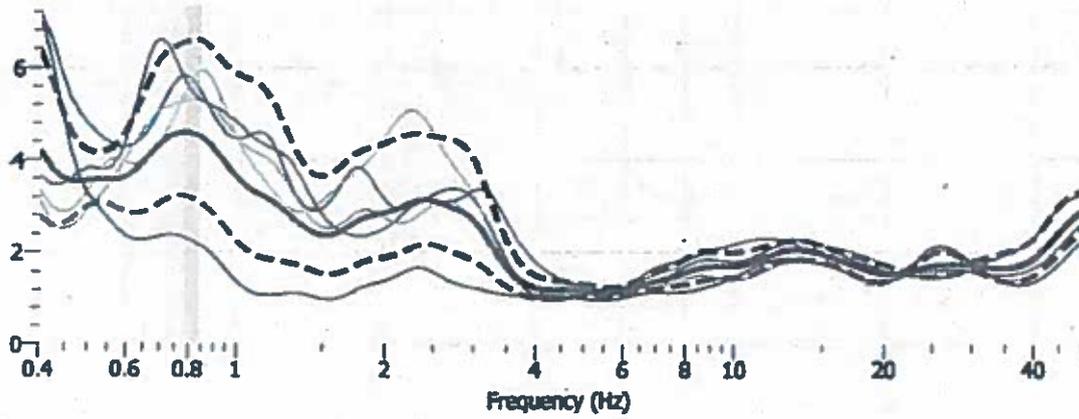


Frequenza di sito 1,024 Hz

H = 110 m

Vh = 516,43 m/sec

PROVA HVSR N°6

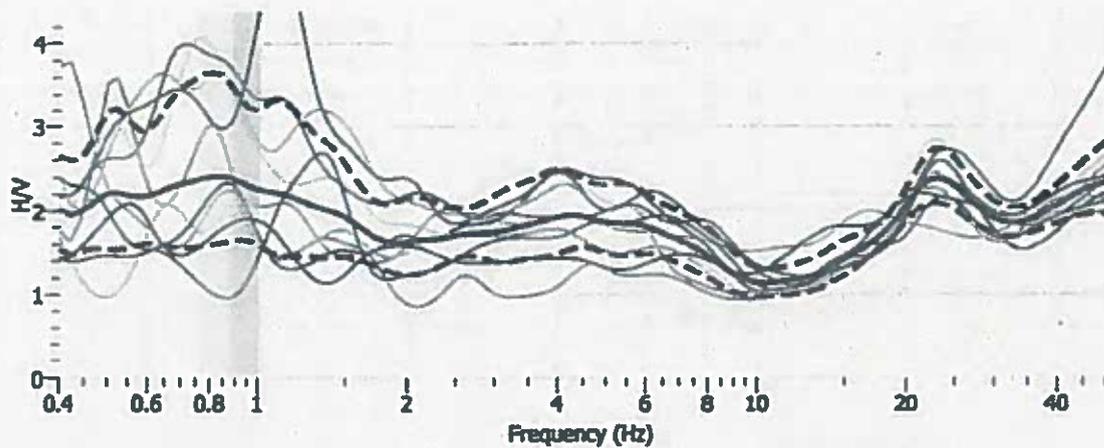


Frequenza di sito 0,775 Hz

H = 150 m

Vh = 412,66 m/sec

PROVA HVSR N°7

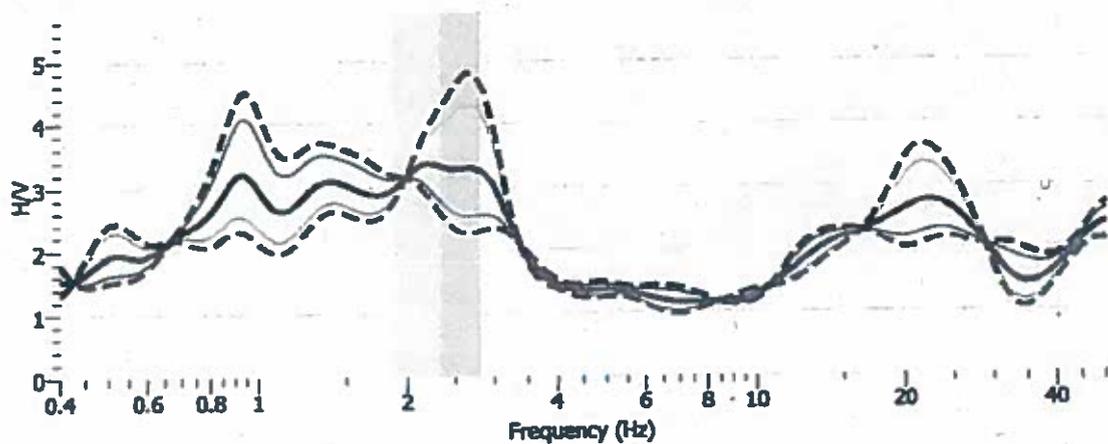


Frequenza di sito 0,826 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°8

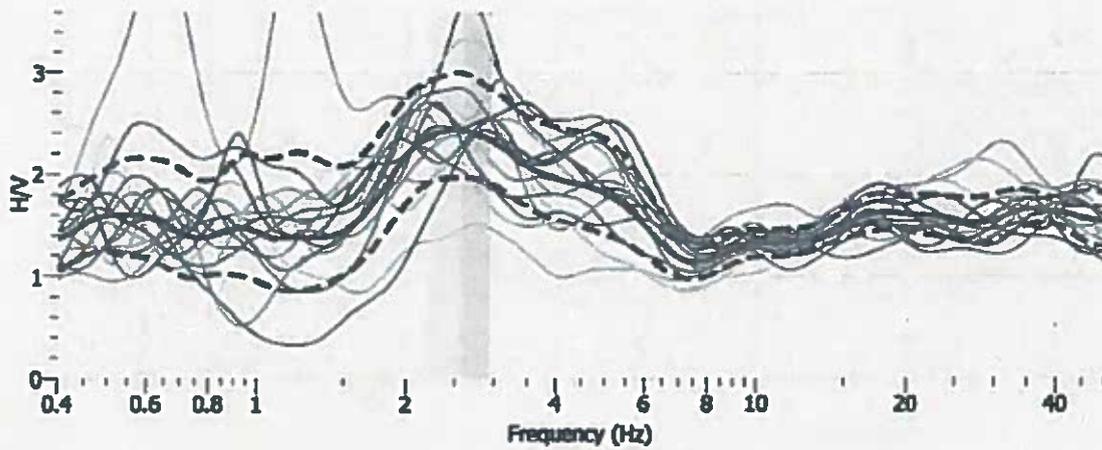


Frequenza di sito 2,155 Hz

H = 37 m

Vh = 516,22 m/sec

PROVA HVSR N°9

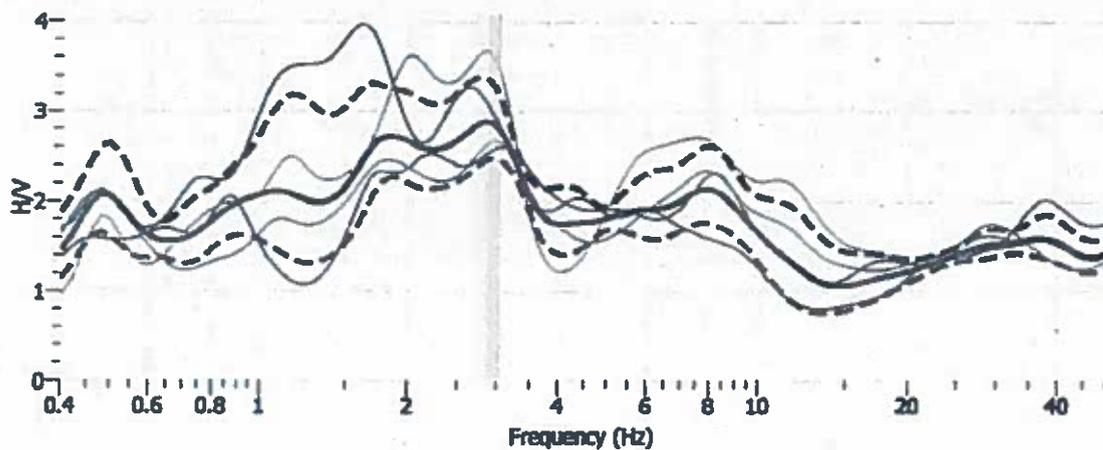


Frequenza di sito 2,475 Hz

H = 37 m

Vh = 601,63 m/sec

PROVA HVSR N°10

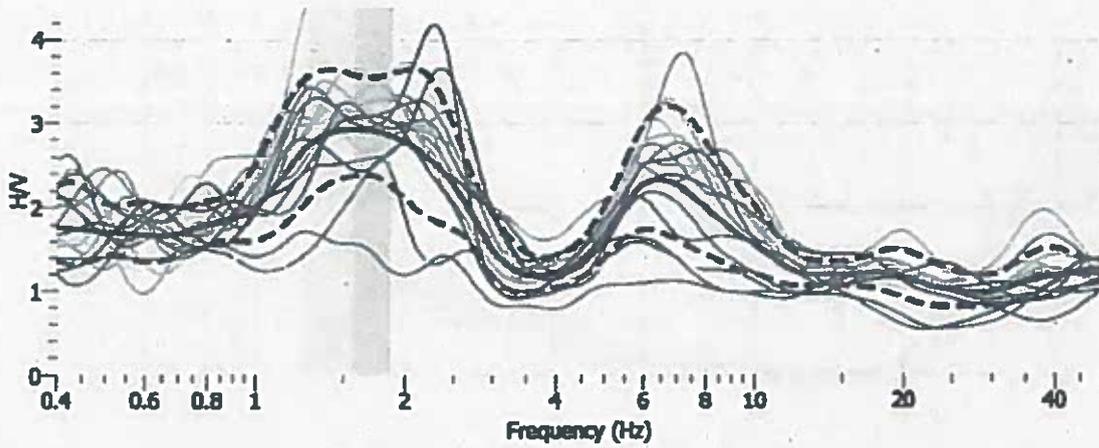


Frequenza di sito 2,813 Hz

H = 20 m

Vh = 285,77 m/sec

PROVA HVSR N°11

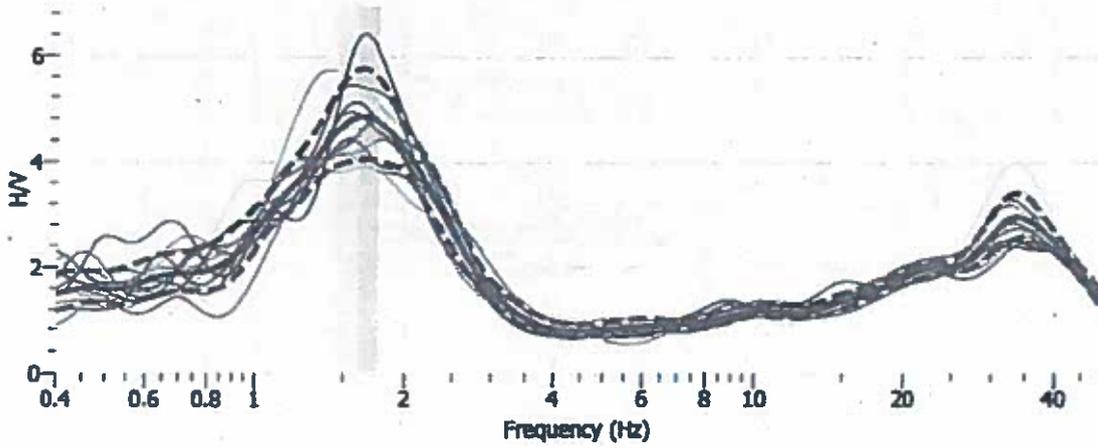


Frequenza di sito 1,549 Hz

H = 58 m

Vh = 368,83 m/sec

PROVA HVSR N°12

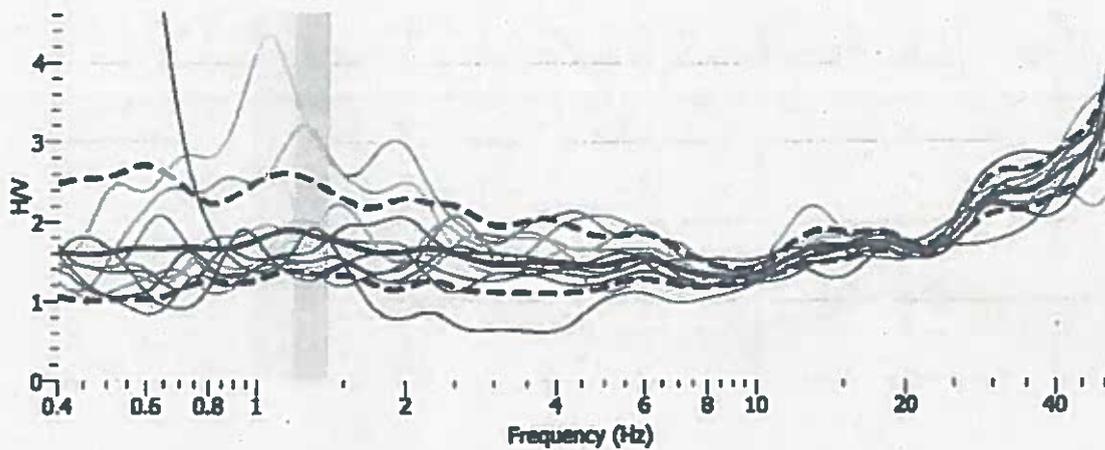


Frequenza di sito 1,633 Hz

H = 58 m

Vh = 440,06 m/sec

PROVA HVSR N°13

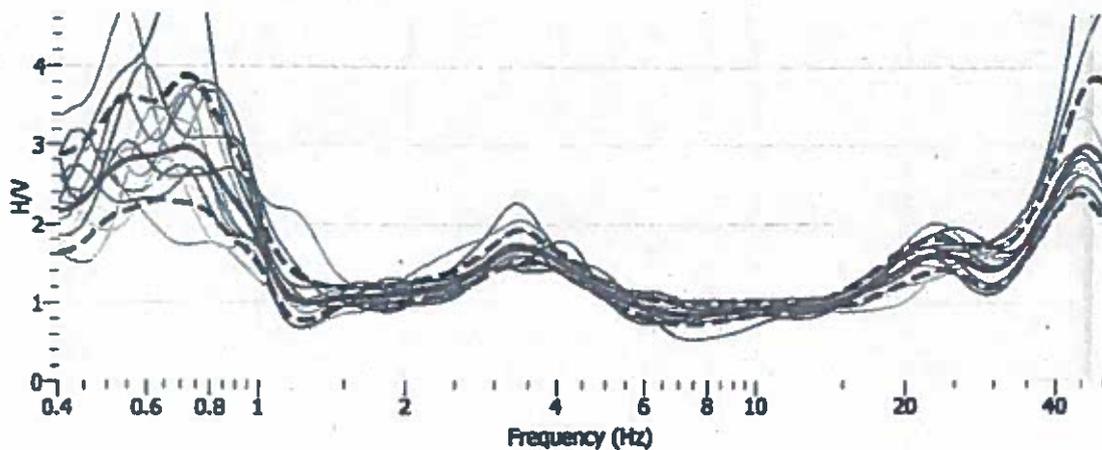


Frequenza di sito 1,174 Hz

H = 110 m

Vh = 461,76 m/sec

PROVA HVSR N°14

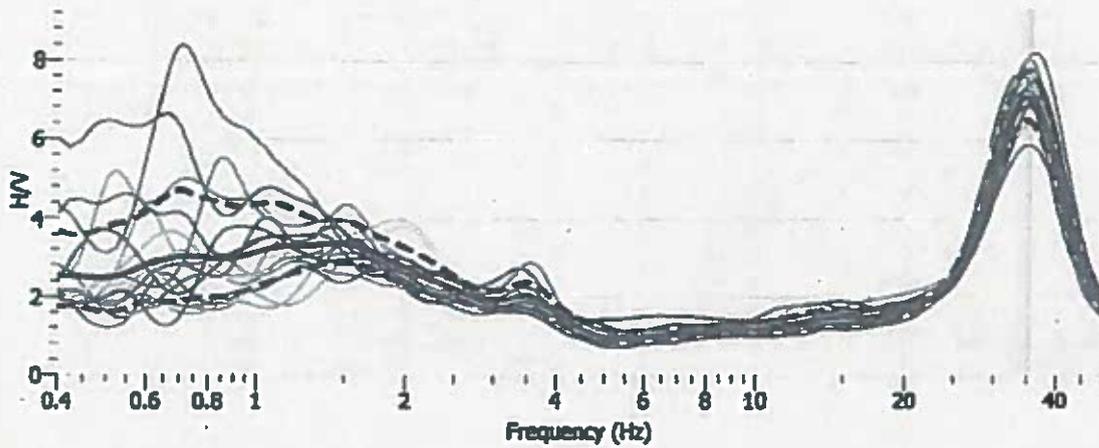


Frequenza di sito 0,711 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°15

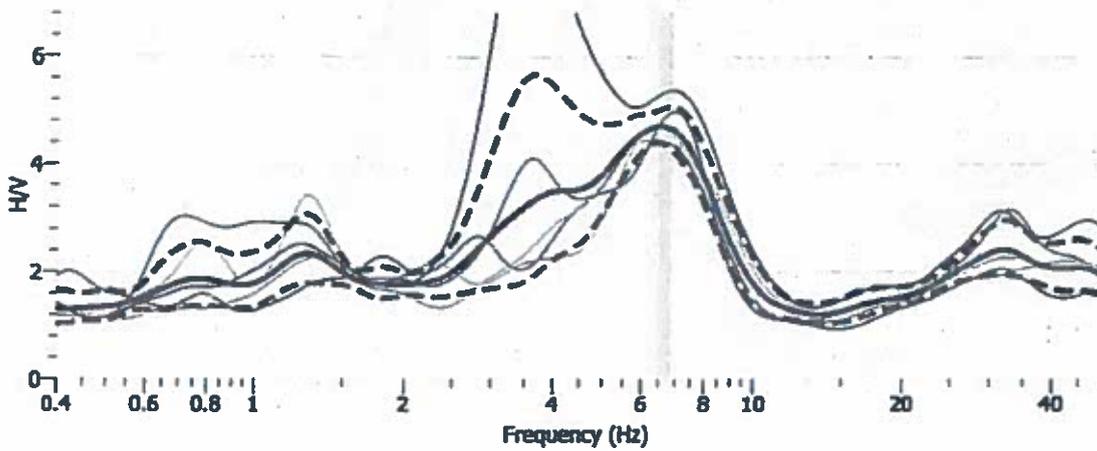


Frequenza di sito 1,484 Hz

H = 58 m

Vh = 429,95 m/sec

PROVA HVSR N°16

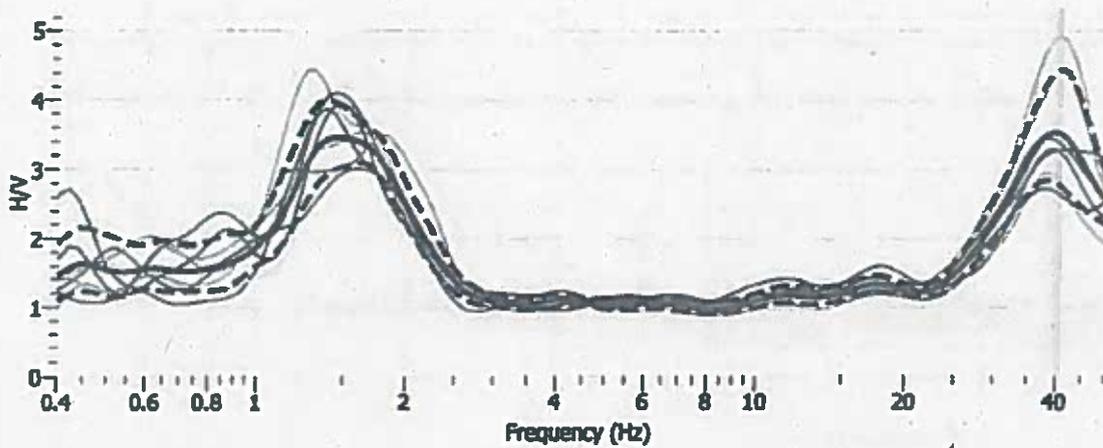


Frequenza di sito 6,529 Hz

H = 9 m

Vh = 238,88 m/sec

PROVA HVSR N°17

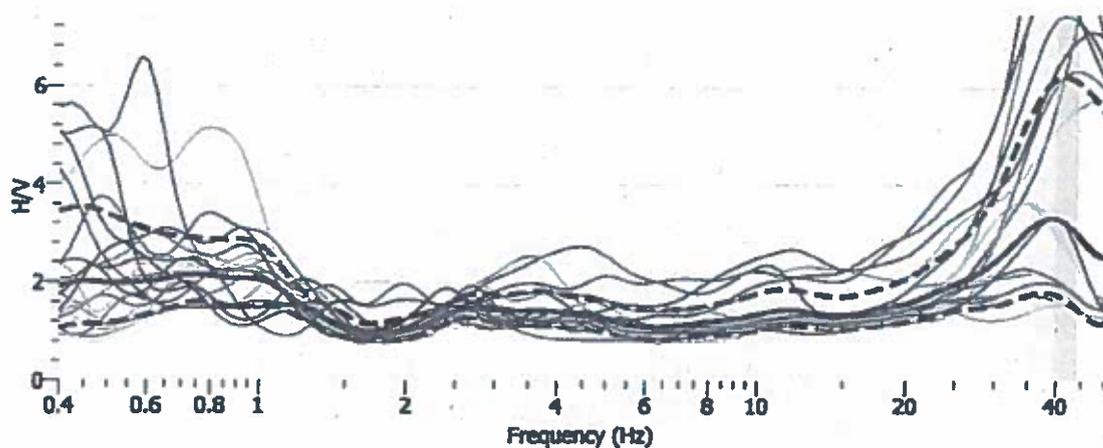


Frequenza di sito 1,453 Hz

H = 58 m

Vh = 589,43 m/sec

PROVA HVSR N°18

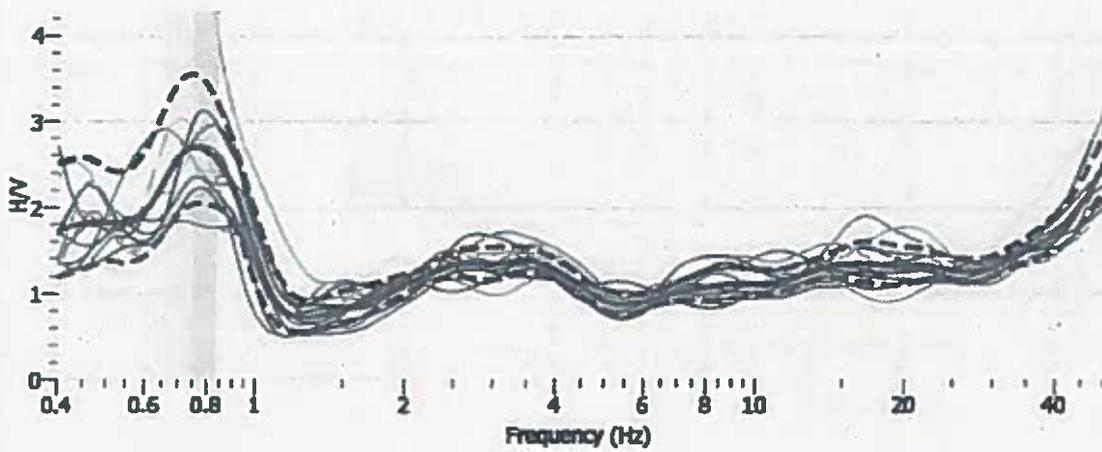


Frequenza di sito 0,734 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°19

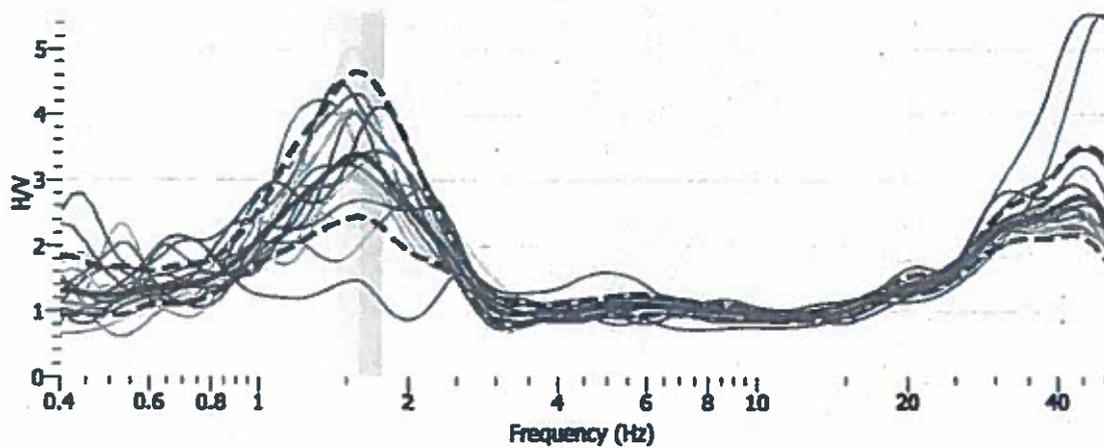


Frequenza di sito 0,734 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°20

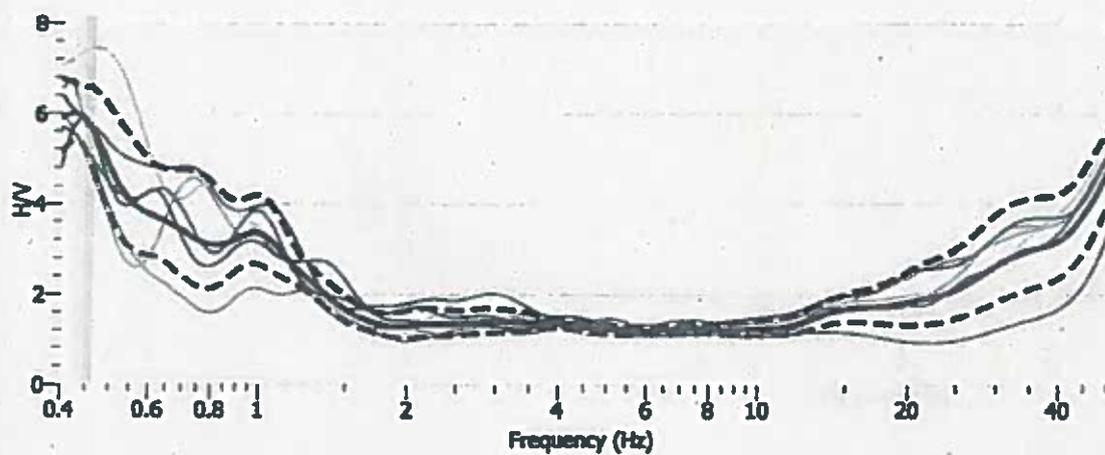


Frequenza di sito 1,565 Hz

H = 58 m

Vh = 581,16 m/sec

PROVA HVSR N°21

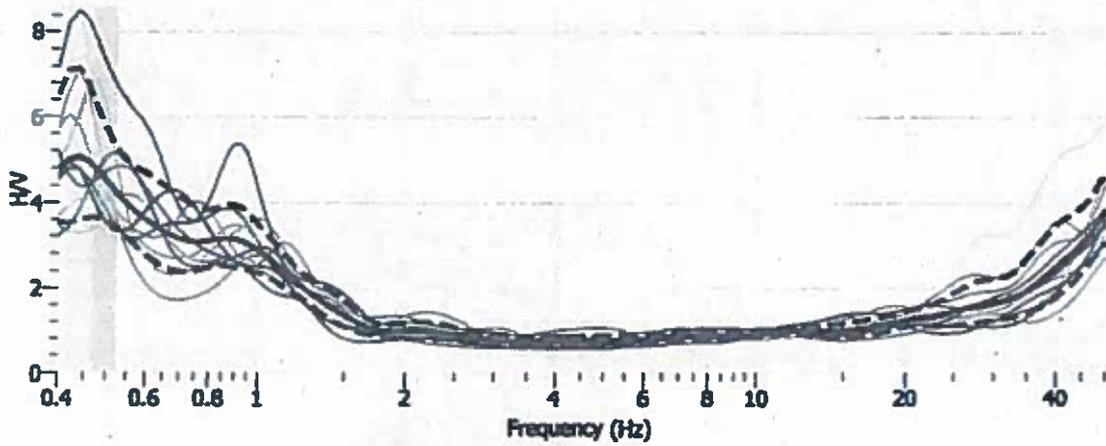


Frequenza di sito 0,426 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°22

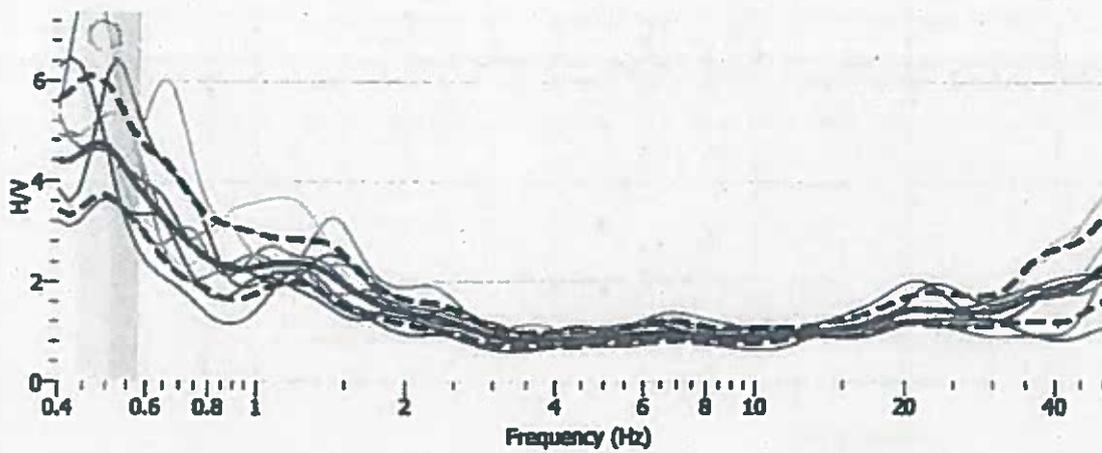


Frequenza di sito 0,440 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°23

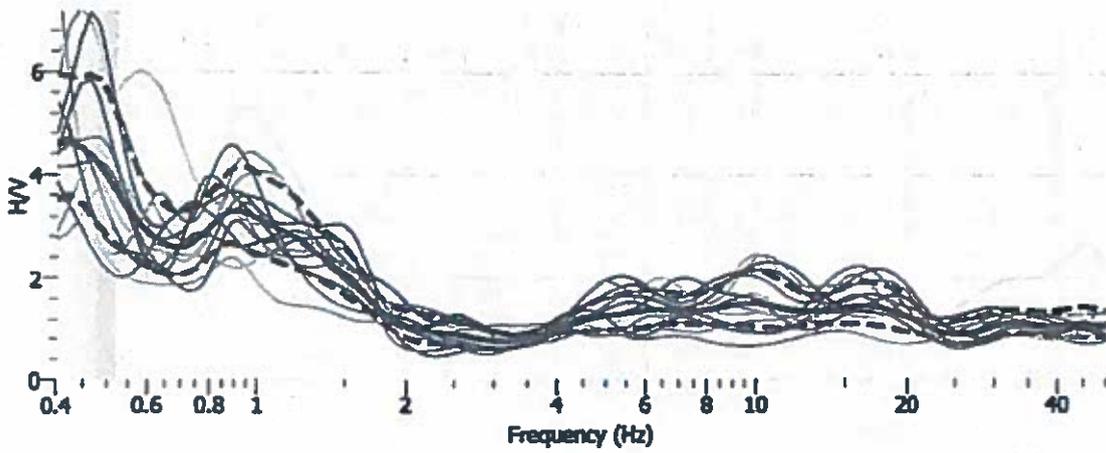


Frequenza di sito 0,485 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°24

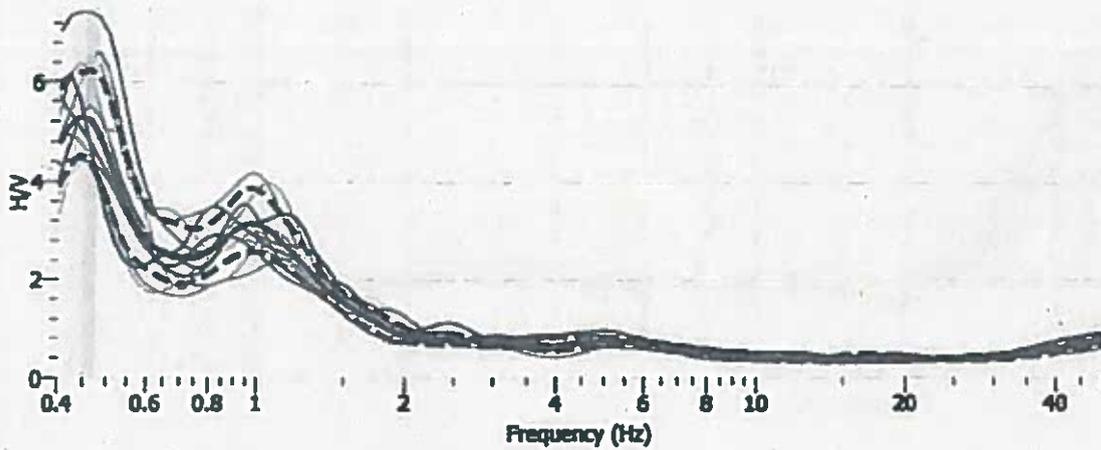


Frequenza di sito 0,440 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°25

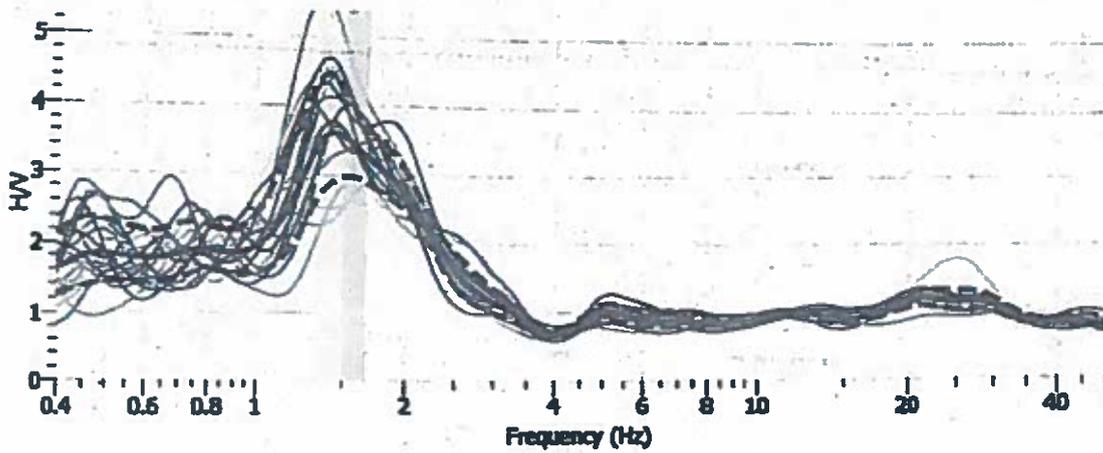


Frequenza di sito 0,445 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

PROVA HVSR N°26

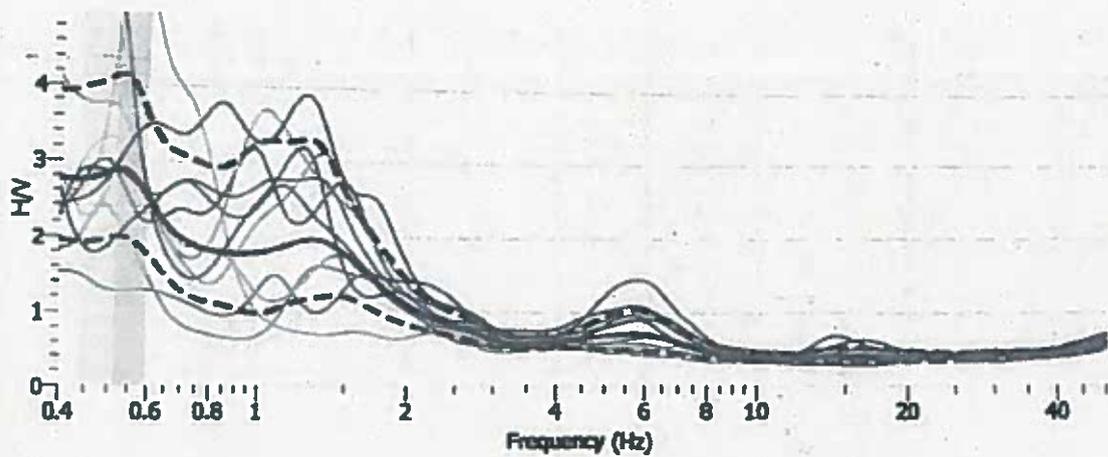


Frequenza di sito 1,437 Hz

H = 58 m

Vh = 464,744 m/sec

PROVA HVSR N°27



Frequenza di sito 0,522 Hz

H > 150 m

Vh = m/sec

