

---

# COMUNE DI FUCECCHIO

## Piano Attuativo PA 13 Viale Dante

loc. **Via Giachi**

Committente: **Amministrazione Comunale – Ufficio Lavori Pubblici**

### **NOTA INTEGRATIVA**

Nota integrativa a seguito della richiesta formulata da Regione Toscana: Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile Settore Genio Civile Valdarno Superiore – Sede di Firenze

**Deposito 3772 del 15/03/2023**

Relativa al Piano attuativo PA13 Viale Dante

---

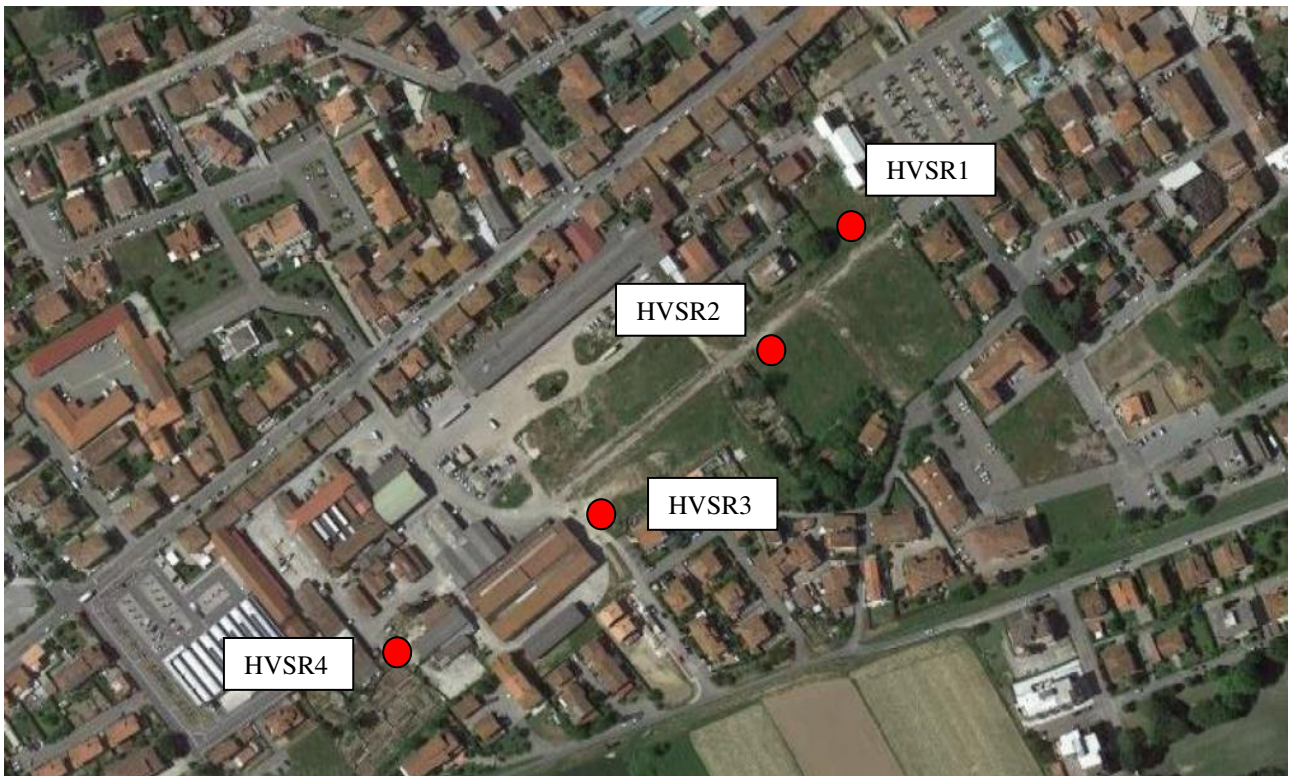
In relazione alla richiesta da parte dell'Ufficio regionale di produrre integrazioni alla documentazione progettuale depositata, la presente intende rispondere ai seguenti punti:

- 1- Sulla base del punto 3.6.3 comma 4, del D.P.G.R. 5/R/2020, essendo l'area parzialmente ubicata in pericolosità sismica locale elevata S3, siano integrati i risultati delle indagini sismiche al fine di rispondere a quanto richiesto dalla normativa ("che si definisca spessori, ... le coperture stesse") e nello specifico, dalla relativa scheda di fattibilità geologica di cui ai vigenti S.U., ove si richiede di dare indicazioni relative alle variazioni di velocità sismica del sottosuolo, anche in maniera bidimensionale.*

In risposta a tale richiesta sono state realizzate n. 4 misure di rumore sismico (con Tromino) al fine di verificare la presenza e l'eventuale profondità del substrato sismico al di sotto del lotto indagato.

Le misure sono state effettuate longitudinalmente al sito in direzione NE-SW (vedi planimetria seguente) finalizzate alla verifica dell'eventuale approfondimento del "substrato" pleistocenico al di sotto della copertura alluvionale.





Di seguito i risultati delle prospezioni effettuate:

### HVSR1



### **FUCECCHIO - EX SAFFA, FUCECCHIO – TR1**

Instrument: TRZ-0158/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

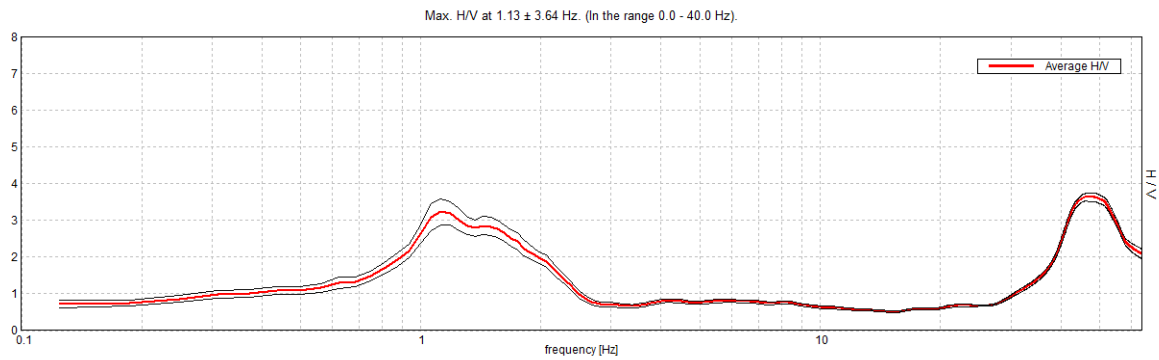
Start recording: 23/05/23 09:37:27

End recording: 23/05/23 09:57:26

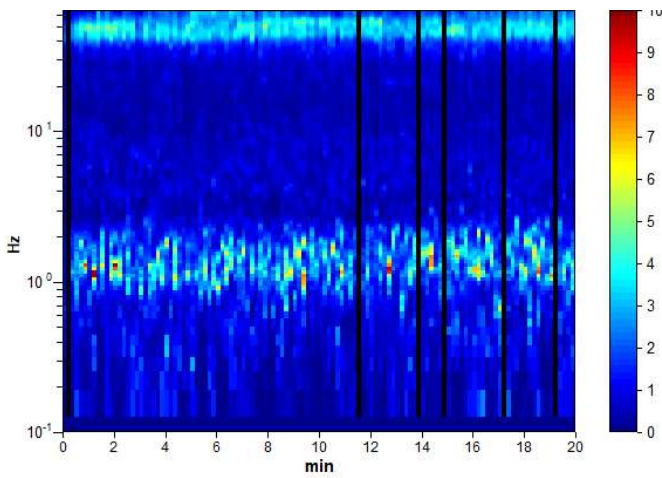
Smoothing type: Triangular window  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 10 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

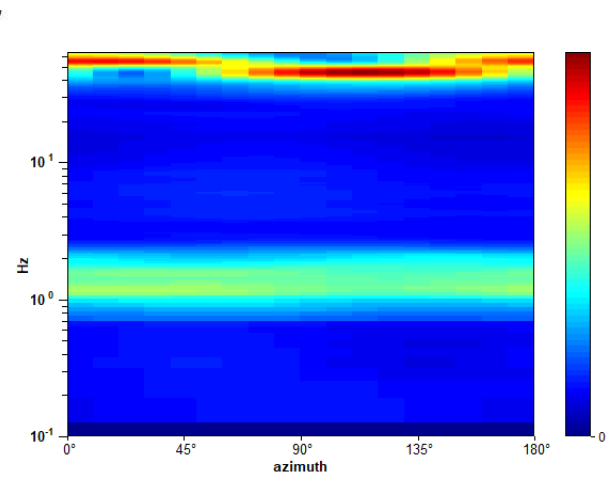
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



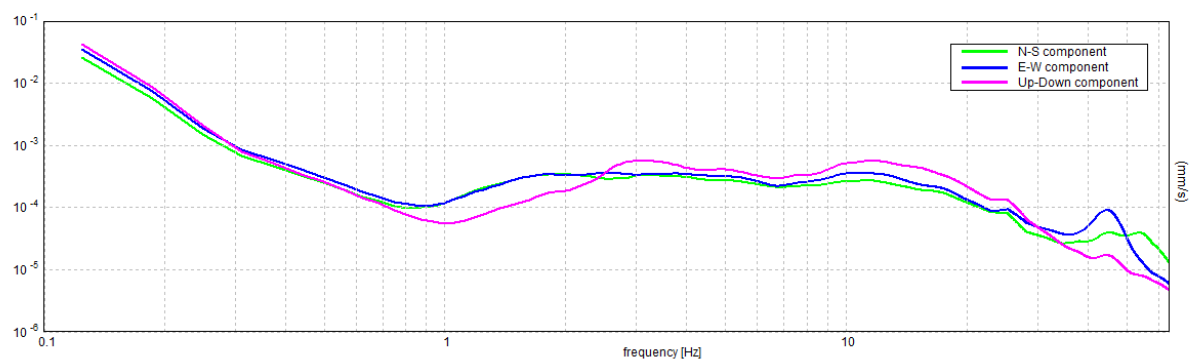
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



---

## SESAME GUIDELINES (2005)

Max. H/V at  $1.13 \pm 3.64$  Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $1.13 > 1.00$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $1282.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Exceeded 0 out of 28 times [ OK ]

.....

Exists f- in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f-) < A_0 / 2$ : 0.75 Hz [ OK ]

Exists f+ in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f+) < A_0 / 2$ : 2.188 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.23 > 2$  [ OK ]

$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|3.23678| < 0.05$  [ NO ]

$sf < e(f_0)$ :  $3.64138 < 0.1125$  [ NO ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.3628 < 1.78$  [ OK ]

## HVSR2



### FUCCCHIO - EX SAFFA, FUCCCHIO - TR2

Instrument: TRZ-0158/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 23/05/23 10:04:54      End recording: 23/05/23 10:24:53

Smoothing type: Triangular window

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 88% trace (manual window selection)

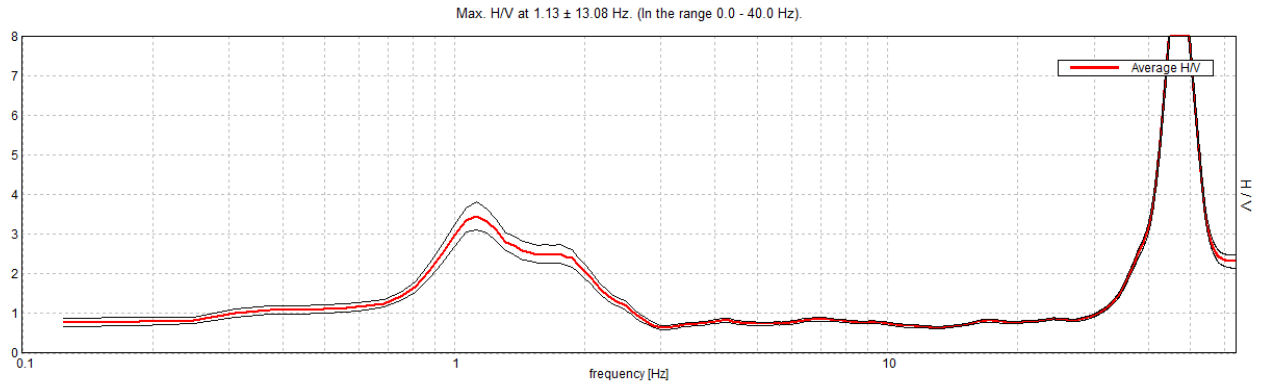
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

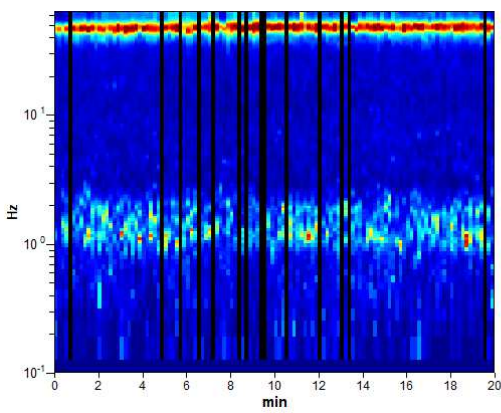
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

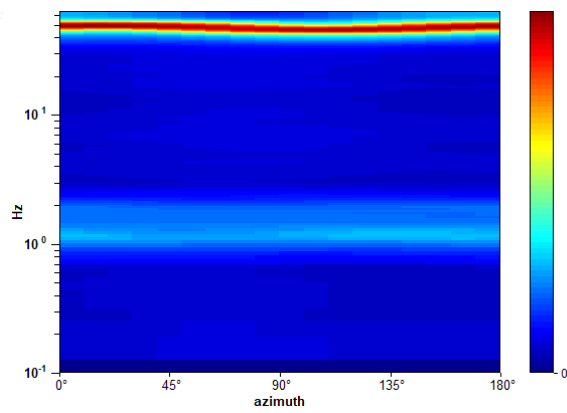
## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



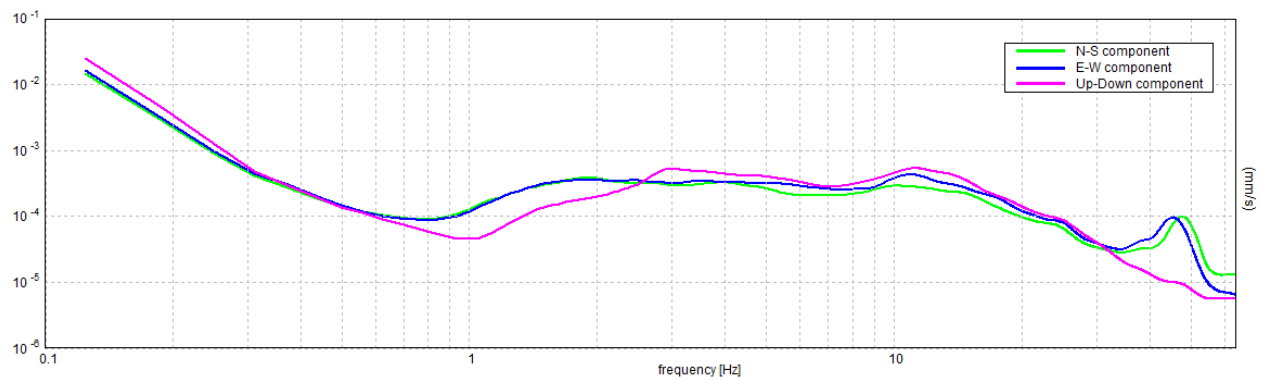
## H/V TIME HISTORY



## DIRECTIONAL H/V



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



## SESAME GUIDELINES (2005)

Max. H/V at 1.13 ± 13.08 Hz (in the range 0.0 - 40.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ : 1.13 > 1.00 [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ : 1192.5 > 200 [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$  Exceeded 0 out of 28 times [ OK ]

.....

Exists  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ : 0.813 Hz [ OK ]

Exists  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 2.188 Hz [ OK ]

$A0 > 2$ : 3.46 > 2 [ OK ]  
 $f\_peak[A\_H/V(f) \pm sA(f)] = f0 \pm 5\%$ : |11.62672| < 0.05 [ NO ]  
 $sf < e(f0)$ : 13.08006 < 0.1125 [ NO ]  
 $sA(f0) < q(f0)$ : 0.3491 < 1.78 [ OK ]

### HVSR3

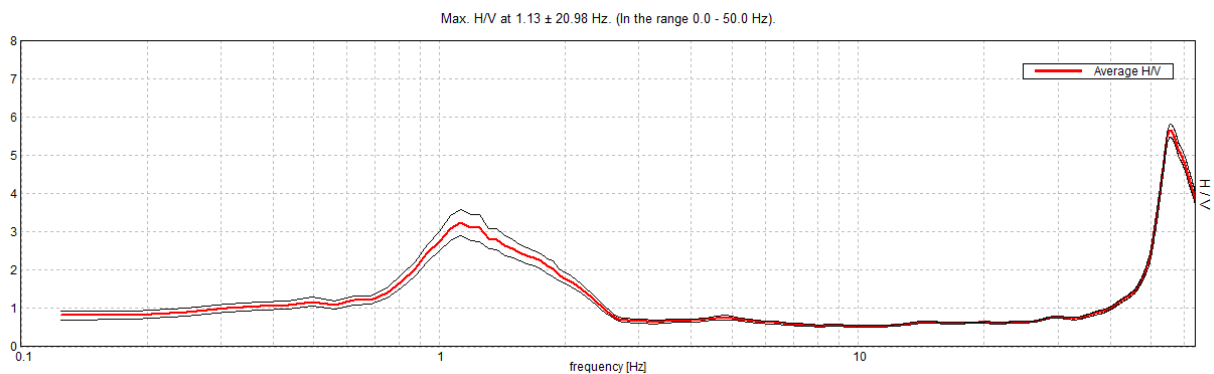


#### **FUCCCHIO - EX SAFFA, FUCCCHIO – TR3**

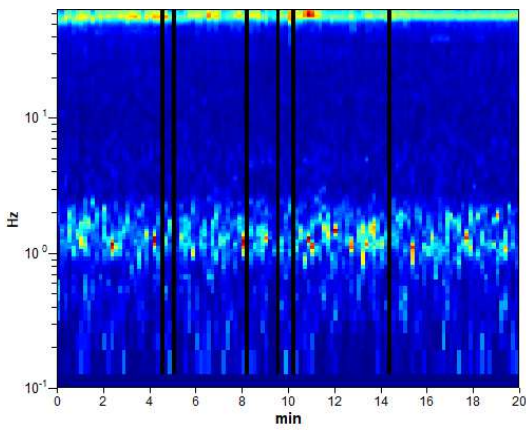
Instrument: TRZ-0158/01-11  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: 51  
 Start recording: 23/05/23 10:30:24      End recording: 23/05/23 10:50:24  
 Smoothing type: Triangular window  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 95% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 10 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

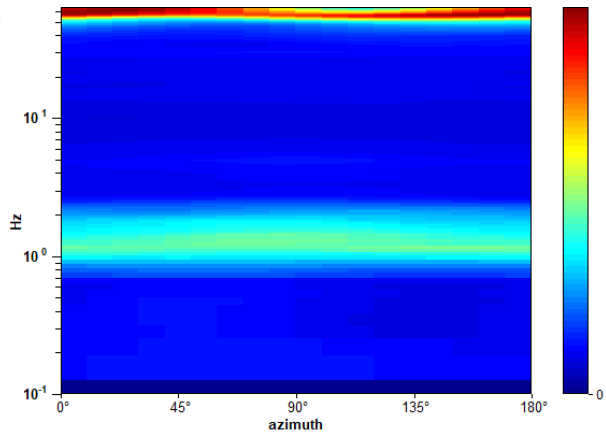
#### **HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



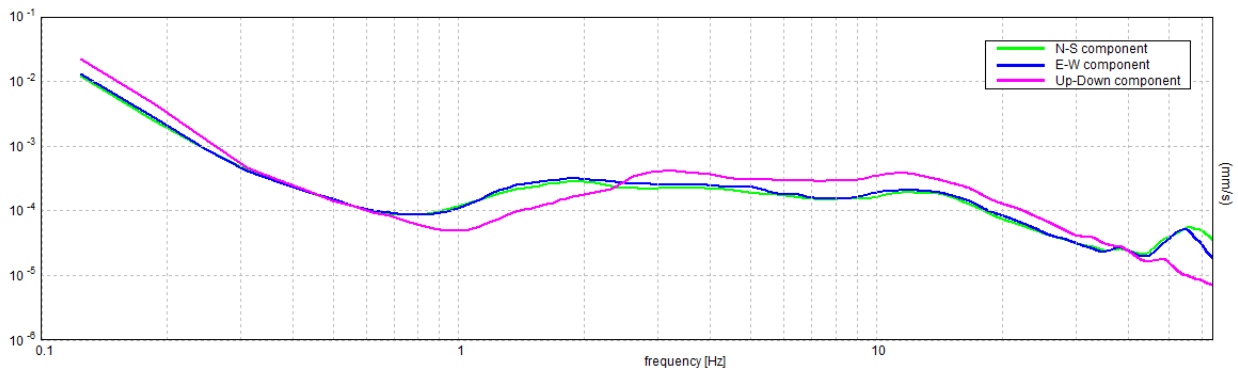
## H/V TIME HISTORY



## DIRECTIONAL H/V



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



## SESAME GUIDELINES (2005)

Max. H/V at  $1.13 \pm 20.98$  Hz (in the range 0.0 - 50.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $1.13 > 1.00$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $1282.5 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Exceeded 0 out of 28 times [ OK ]

.....

Exists  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ : 0.75 Hz [ OK ]

Exists  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ : 2.125 Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.23 > 2$  [ OK ]

$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|18.64636| < 0.05$  [ NO ]

$sf < e(f_0)$ :  $20.97716 < 0.1125$  [ NO ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.3381 < 1.78$  [ OK ]

## HVSR4



### **FUCECCHIO - EX SAFFA, FUCECCHIO – TR4**

Instrument: TRZ-0158/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: 51

Start recording: 23/05/23 11:07:16 End recording: 23/05/23 11:27:15

Smoothing type: Triangular window

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)

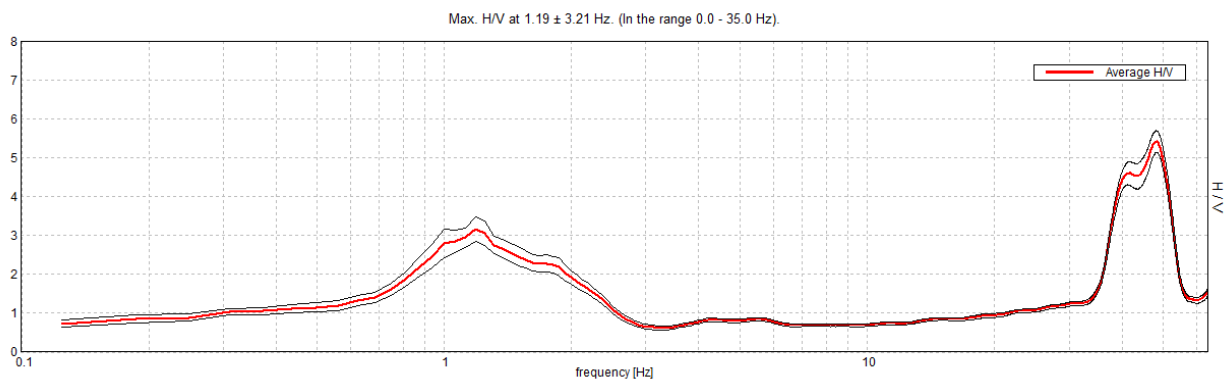
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 10 s

Smoothing type: Triangular window

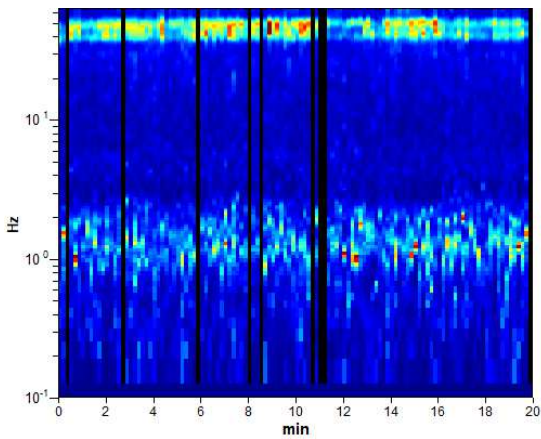
Smoothing: 10%

### **HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**

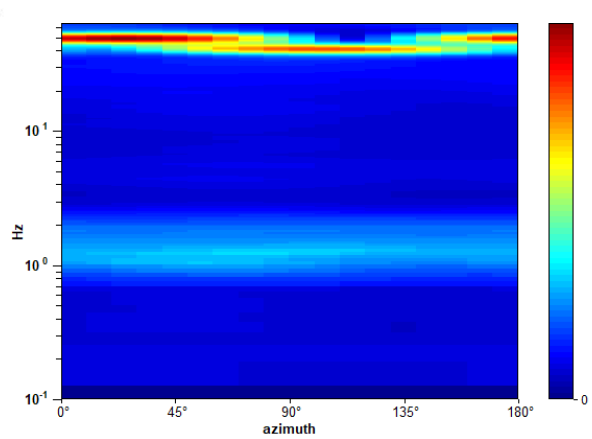




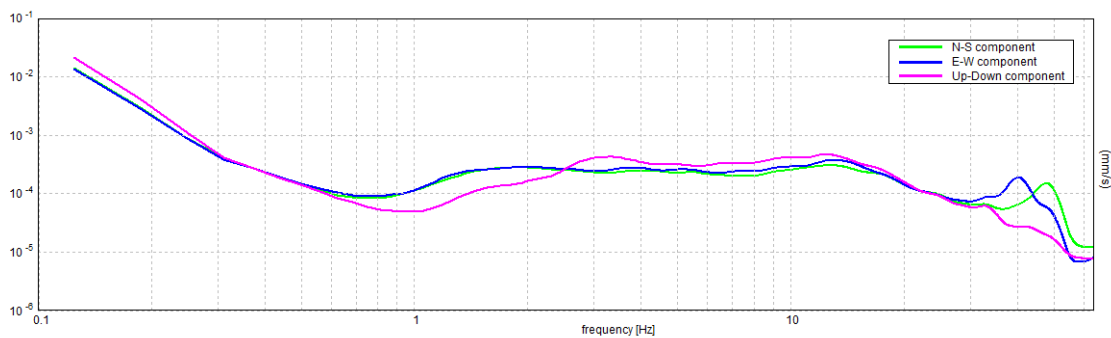
## H/V TIME HISTORY



## DIRECTIONAL H/V



## SINGLE COMPONENT SPECTRA



## SESAME GUIDELINES (2005)

Max. H/V at  $1.19 \pm 3.21$  Hz (in the range 0.0 - 35.0 Hz).

$f_0 > 10 / L_w$ :  $1.19 > 1.00$  [ OK ]

$nc(f_0) > 200$ :  $1318.1 > 200$  [ OK ]

$sA(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5$ Hz

$sA(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5$ Hz Exceeded 0 out of 30 times [ OK ]

.....

Exists  $f_-$  in  $[f_0/4, f_0]$  |  $A_{H/V}(f_-) < A_0 / 2$ :  $0.688$  Hz [ OK ]

Exists  $f_+$  in  $[f_0, 4f_0]$  |  $A_{H/V}(f_+) < A_0 / 2$ :  $2.25$  Hz [ OK ]

$A_0 > 2$ :  $3.15 > 2$  [ OK ]

$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm sA(f)] = f_0 \pm 5\%$ :  $|2.70369| < 0.05$  [ NO ]

$sf < e(f_0)$ :  $3.21063 < 0.11875$  [ NO ]

$sA(f_0) < q(f_0)$ :  $0.3124 < 1.78$  [ OK ]

---

**2- Sulla base di quanto indicato nella scheda di fattibilità geologica di cui ai vigenti S.U. siano prodotte verifiche alla liquefazione dei terreni. Tali verifiche, da eseguire in maniera particolarmente cautelativa ove la caratterizzazione geotecnica sia effettuata soltanto sulla base dei dati penetrometrici prodotti, dovranno essere approfondite nelle successive fasi progettuali nel caso risulti un potenziale di liquefazione non basso.**

In risposta a tale richiesta sono state realizzate le verifiche alla liquefazione per tutte le indagini penetrometriche eseguite all'interno dell'area oggetto di PA.

In questa sede la valutazione del rischio di liquefazione, è stata effettuata adottando la procedura di ROBERTSON e WRIDE (1997) che definisce la potenzialità di rischio di liquefazione quale sommatoria dei singoli risultati di potenzialità alla liquefazione ricavati per ciascun livello di 20 cm di terreno indagato dalla prova C.P.T.. La verifica condotta prende le mosse dall'analisi della prova penetrometrica statica, interpretando la tipologia del materiale indagato ed analizzando la potenzialità alla liquefazione secondo i seguenti Autori, ciascuno per una specifica definizione interpretativa:

- Robertson e Fear 1990 (definizione del contenuto massimo di fini F.C.)
- Robertson 1990 (Indice del tipo di terreno I.C.)
- Seed ed Idriss 1971 (fattore di sicurezza FSL)
- Iwasaki 1987 (potenziale di liquefazione P.L.)

La magnitudo assunta nella individuazione della energia di sollecitazione sismica è **M = 6.14** propria della zona sismogenetica 916 (secondo quanto mappato dal G.N.D.T. e dal servizio Sismico nazionale) e la accelerazione del sito in esame  **$a_{gmax.} = 0,181g$**

La verifica è stata eseguita a partire dalla profondità di - 1.0 m dal p.c., e assumendo nella verifica alla liquefazione terreni totalmente immersi.

Di seguito si riportano i valori calcolati ogni 20 cm di sottosuolo caratterizzato per le 6 prove CPT:

# CPT1

## VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE - Procedura di Robertson & Wride, 19<sup>97</sup><sub>GGsoff</sub>

**Magnitudo** = 6,1  
**MWF** = 0,521  
**H<sub>2</sub>O (m)** = 1  
**Luogo:** Fucecchio  
**CPT n.** CPT1  
**a<sub>max</sub>** = 0,18

z	qc	fs	qc/fs	FC	lc	Tipo	CRR	CSR	FSL	PL(z)	ΣPL
(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		%		terreno	7,5				
1	15	0,7	21	12	2,0	6	0,379	0,263	2,77	0,00	0,0
1,2	25	2,7	9	29	2,5	5	50,256	0,255	378,80	0,00	
1,4	23	2,9	8	35	2,6	5	30,448	0,252	231,44	0,00	rischio basso
1,6	21	2,9	7	40	2,7	4	0,437	0,252	-	-	
1,8	22	2,9	8	40	2,7	4	0,327	0,251	-	-	
2	21	2,9	7	37	2,6	4	0,836	0,250	-	-	
2,2	19	2,9	7	42	2,7	4	0,431	0,250	-	-	
2,4	18	2,1	9	38	2,7	4	0,280	0,250	-	-	
2,6	18	1,5	12	39	2,7	4	0,117	0,250	-	-	
2,8	18	1,8	10	38	2,7	4	0,182	0,250	-	-	
3	20	1,5	14	38	2,7	4	0,112	0,250	-	-	
3,2	22	1,5	14	37	2,6	4	0,115	0,249	-	-	
3,4	24	1,5	16	35	2,6	5	1,376	0,248	10,64	0,00	
3,6	26	1,7	16	35	2,6	5	1,439	0,247	11,16	0,00	
3,8	21	1,5	14	36	2,6	4	0,126	0,247	-	-	
4	20	1,2	17	39	2,7	4	0,094	0,247	-	-	
4,2	26	0,9	28	25	2,4	5	0,179	0,246	1,40	0,00	
4,4	19	1,6	12	43	2,7	4	0,099	0,246	-	-	
4,6	12	0,7	16	46	2,8	4	0,079	0,246	-	-	
4,8	22	0,9	24	34	2,6	5	0,432	0,245	3,37	0,00	
5	15	2,0	8	60	3,0	3	0,083	0,245	-	-	
5,2	38	0,5	81	12	2,0	6	0,126	0,245	0,99	0,02	
5,4	13	2,4	5	73	3,2	3	0,076	0,245	-	-	
5,6	29	0,9	31	26	2,4	5	0,180	0,244	1,41	0,00	
5,8	31	1,3	23	30	2,5	5	0,261	0,243	2,06	0,00	
6	29	1,3	23	34	2,6	5	0,495	0,243	3,91	0,00	
6,2	20	1,5	14	47	2,8	4	0,084	0,242	-	-	
6,4	20	1,5	14	47	2,8	4	0,083	0,242	-	-	
6,6	34	0,9	39	24	2,3	5	0,168	0,241	1,34	0,00	
6,8	28	1,4	20	36	2,6	4	0,093	0,241	-	-	
7	37	1,9	19	35	2,6	5	0,736	0,240	5,88	0,00	
7,2	33	1,3	26	31	2,5	5	0,251	0,239	2,01	0,00	
7,4	35	1,1	33	27	2,4	5	0,206	0,239	1,65	0,00	
7,6	36	1,1	32	28	2,4	5	0,217	0,238	1,75	0,00	
7,8	25	1,3	20	41	2,7	4	0,082	0,238	-	-	
8	30	1,2	25	36	2,6	4	0,085	0,237	-	-	
8,2	34	1,5	22	36	2,6	4	0,089	0,237	-	-	
8,4	46	1,4	33	25	2,4	5	0,263	0,236	2,14	0,00	
8,6	37	1,3	28	31	2,5	5	0,265	0,235	2,16	0,00	
8,8	38	1,4	27	31	2,5	5	0,281	0,235	2,30	0,00	
9	39	1,3	29	30	2,5	5	0,263	0,234	2,16	0,00	
9,2	40	1,1	35	28	2,4	5	0,219	0,233	1,80	0,00	
9,4	49	1,1	43	23	2,3	5	0,211	0,232	1,75	0,00	
9,6	49	1,3	37	25	2,4	5	0,250	0,230	2,08	0,00	
9,8	35	1,3	26	35	2,6	5	0,322	0,229	2,70	0,00	
10	42	1,1	37	28	2,4	5	0,221	0,227	1,86	0,00	

qc: resistenza di punta - fs: resistenza di attrito laterale - FC: contenuto % di mat. Fini - lc: indice del tipo di terreno - Tipo di terreno: 2=suoli organici; 3=argille; 4=miscela limosa; 5=miscela sabbiosa; 6=sabbie; 7=ghiaie e sabbie dense - CRR7,5: rapporto di resistenza ciclica per magnitudo 7,5 - CSR= rapporto di tensione ciclica - FSL=fattore di sicurezza = CRR/CSR - ΣPL=Potenziale di liquefazione= Σ F(z) w(z) Δ(z)

## CPT2

### VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE - Procedura di Robertson & Wride, 19<sup>07</sup><sub>GGsoft</sub>

**Magnitudo** = 6,1  
**MWF** = 0,521  
**H<sub>2</sub>O (m)** = 1  
**Luogo:** Fucecchio  
**CPT n.** CPT2  
**a<sub>max</sub>** = 0,18

z	qc	fs	qc/fs	FC	lc	Tipo	CRR	CSR	FSL	PL(z)	ΣPL
(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		%		terreno	7,5				
1	15	0,7	21	12	2,0	6	0,379	0,263	2,77	0,00	<b>0,3</b> <i>rischio basso</i>
1,2	16	0,9	18	16	2,1	5	0,286	0,260	2,11	0,00	
1,4	35	0,7	52	5	1,6	6	0,434	0,255	3,26	0,00	
1,6	39	2,3	17	17	2,1	5	1,101	0,250	8,44	0,00	
1,8	29	3,0	10	33	2,5	5	14,920	0,249	115,18	0,00	
2	21	3,9	5	43	2,8	4	0,803	0,248	-	-	
2,2	26	2,7	10	37	2,6	4	0,263	0,248	-	-	
2,4	24	2,7	9	40	2,7	4	0,186	0,247	-	-	
2,6	20	2,2	9	38	2,7	4	0,261	0,247	-	-	
2,8	26	1,4	19	25	2,4	5	0,295	0,246	2,30	0,00	
3	27	2,3	12	37	2,6	4	0,154	0,246	-	-	
3,2	25	2,1	12	38	2,7	4	0,128	0,245	-	-	
3,4	26	1,9	14	36	2,6	4	0,125	0,245	-	-	
3,6	20	1,4	14	36	2,6	4	0,126	0,244	-	-	
3,8	15	1,1	14	41	2,7	4	0,095	0,245	-	-	
4	21	1,1	19	36	2,6	4	0,095	0,244	-	-	
4,2	24	1,7	14	36	2,6	4	0,125	0,244	-	-	
4,4	16	1,1	14	43	2,7	4	0,091	0,244	-	-	
4,6	15	1,7	9	54	2,9	4	0,086	0,244	-	-	
4,8	13	1,7	8	61	3,0	3	0,079	0,244	-	-	
5	15	0,7	21	40	2,7	4	0,083	0,244	-	-	
5,2	12	0,9	14	52	2,9	4	0,075	0,244	-	-	
5,4	9	0,8	11	65	3,1	3	0,067	0,245	-	-	
5,6	12	0,6	20	47	2,8	4	0,073	0,245	-	-	
5,8	10	0,7	15	58	3,0	3	0,068	0,245	-	-	
6	9	0,6	15	61	3,0	3	0,065	0,245	-	-	
6,2	10	0,7	15	60	3,0	3	0,067	0,246	-	-	
6,4	9	0,6	15	63	3,1	3	0,064	0,246	-	-	
6,6	8	0,6	13	70	3,2	3	0,062	0,246	-	-	
6,8	28	0,3	104	17	2,1	5	0,100	0,245	<b>0,78</b>	0,29	
7	12	0,8	15	58	3,0	3	0,068	0,245	-	-	
7,2	11	0,9	13	65	3,1	3	0,065	0,245	-	-	
7,4	7	0,7	10	87	3,4	3	0,059	0,245	-	-	
7,6	8	0,5	17	70	3,2	3	0,060	0,246	-	-	
7,8	6	0,5	13	88	3,4	3	0,057	0,246	-	-	
8	5	0,4	13	98	3,5	3	0,055	0,246	-	-	
8,2	16	0,5	34	41	2,7	4	0,070	0,246	-	-	
8,4	17	0,4	43	37	2,6	4	0,071	0,245	-	-	
8,6	12	0,5	23	56	3,0	3	0,064	0,245	-	-	
8,8	13	0,4	33	48	2,8	4	0,065	0,244	-	-	
9	6	0,9	7	100	3,6	2	0,056	0,245	-	-	
9,2	27	1,3	20	41	2,7	4	0,081	0,244	-	-	
9,4	15	1,3	12	65	3,1	3	0,066	0,242	-	-	
9,6	12	1,7	7	86	3,4	3	0,062	0,241	-	-	
9,8	18	0,7	27	46	2,8	4	0,069	0,239	-	-	
10	22	0,9	24	44	2,8	4	0,073	0,238	-	-	

qc: resistenza di punta - fs: resistenza di attrito laterale - FC: contenuto % di mat. fini - lc: indice del tipo di terreno - Tipo di terreno: 2=suoli organici; 3=argille; 4=miscela limosa; 5=miscela sabbiosa; 6=sabbie; 7=ghiaie e sabbie dense - CRR7,5: rapporto di resistenza ciclica per magnitudo 7,5 - CSR= rapporto di tensione ciclica - FSL=fattore di sicurezza = CRR/CSR - ΣPL=Potenziale di liquefazione= Σ F(z) w(z) Δ(z)

# CPT3

## VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE - Procedura di Robertson & Wride, 19<sup>97</sup><sub>GGsoff</sub>

**Magnitudo** = 6,1  
**MWF** = 0,521  
**H<sub>2</sub>O (m)** = 1  
**Luogo:** Fucecchio  
**CPT n.** CPT3  
**a<sub>max</sub>** = 0,18

z	qc	fs	qc/fs	FC	lc	Tipo	CRR	CSR	FSL	PL(z)	ΣPL
(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		%		terreno	7,5				
1	15	0,7	21	12	2,0	6	0,379	0,263	2,77	0,00	0,0 rischio molto basso
1,2	48	5,2	9	22	2,3	5	10,357	0,247	80,44	0,00	
1,4	75	4,3	17	13	2,0	6	6,697	0,239	53,69	0,00	
1,6	73	6,2	12	19	2,2	5	8,042	0,236	65,47	0,00	
1,8	45	6,0	8	34	2,6	5	51,200	0,235	417,66	0,00	
2	36	4,7	8	37	2,6	4	0,630	0,235	-	-	
2,2	35	4,1	8	37	2,6	4	0,440	0,236	-	-	
2,4	32	3,7	9	38	2,7	4	0,286	0,236	-	-	
2,6	38	3,1	12	31	2,5	5	6,138	0,236	49,99	0,00	
2,8	28	3,5	8	39	2,7	4	0,362	0,236	-	-	
3	23	3,7	6	47	2,8	4	0,198	0,236	-	-	
3,2	28	3,0	9	38	2,6	4	0,247	0,236	-	-	
3,4	25	3,1	8	43	2,8	4	0,174	0,237	-	-	
3,6	24	3,0	8	45	2,8	4	0,147	0,237	-	-	
3,8	27	2,7	10	40	2,7	4	0,158	0,237	-	-	
4	24	2,7	9	44	2,8	4	0,125	0,237	-	-	
4,2	38	1,9	20	25	2,4	5	0,390	0,236	3,17	0,00	
4,4	23	2,3	10	45	2,8	4	0,108	0,236	-	-	
4,6	20	1,8	11	46	2,8	4	0,095	0,236	-	-	
4,8	17	1,8	9	53	2,9	4	0,087	0,236	-	-	
5	15	1,6	9	56	3,0	3	0,081	0,237	-	-	
5,2	15	0,9	17	45	2,8	4	0,079	0,237	-	-	
5,4	14	1,6	9	61	3,0	3	0,076	0,237	-	-	
5,6	13	1,3	10	61	3,0	3	0,073	0,238	-	-	
5,8	15	1,2	13	53	2,9	4	0,076	0,238	-	-	
6	12	0,5	23	48	2,8	4	0,070	0,238	-	-	
6,2	9	0,7	13	66	3,1	3	0,064	0,238	-	-	
6,4	13	0,8	16	53	2,9	4	0,070	0,238	-	-	
6,6	10	1,1	9	73	3,2	3	0,065	0,239	-	-	
6,8	12	0,8	15	58	3,0	3	0,067	0,239	-	-	
7	12	0,7	16	57	3,0	3	0,067	0,239	-	-	
7,2	12	0,8	15	60	3,0	3	0,066	0,239	-	-	
7,4	16	1,0	16	52	2,9	4	0,071	0,239	-	-	
7,6	16	1,1	15	54	2,9	4	0,071	0,239	-	-	
7,8	19	0,8	24	43	2,7	4	0,074	0,238	-	-	
8	11	0,9	13	69	3,2	3	0,063	0,238	-	-	
8,2	8	0,6	13	79	3,3	3	0,059	0,238	-	-	
8,4	9	0,6	15	73	3,2	3	0,060	0,239	-	-	
8,6	12	0,8	15	65	3,1	3	0,063	0,238	-	-	
8,8	14	0,9	15	61	3,0	3	0,065	0,238	-	-	
9	26	0,5	49	30	2,5	5	0,132	0,238	1,06	0,00	
9,2	13	1,7	8	80	3,3	3	0,063	0,237	-	-	
9,4	20	1,7	12	59	3,0	3	0,071	0,236	-	-	
9,6	19	0,8	24	47	2,8	4	0,069	0,235	-	-	
9,8	18	0,9	19	53	2,9	4	0,068	0,233	-	-	
10	15	0,5	32	49	2,9	4	0,064	0,232	-	-	

qc: resistenza di punta - fs: resistenza di attrito laterale - FC: contenuto % di mat. fini - lc: indice del tipo di terreno - Tipo di terreno: 2=suoli organici; 3=argille; 4=miscela limosa; 5=miscela sabbiosa; 6=sabbie; 7=ghiaie e sabbie dense - CRR7,5: rapporto di resistenza ciclica per magnitudo 7,5 - CSR= rapporto di tensione ciclica - FSL=fattore di sicurezza = CRR/CSR - ΣPL=Potenziale di liquefazione= Σ F(z) w(z) Δ(z)

# CPT4

## VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE - Procedura di Robertson & Wride, 19<sup>97</sup><sub>GGsoff</sub>

**Magnitudo** = 6,1  
**MWF** = 0,521  
**H<sub>2</sub>O (m)** = 1  
**Luogo:** Fucecchio  
**CPT n.** CPT4  
**a<sub>max</sub>** = 0,18

z	qc	fs	qc/fs	FC	lc	Tipo	CRR	CSR	FSL	PL(z)	ΣPL
(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		%		terreno	7,5				
1	15	0,7	21	12	2,0	6	0,379	0,263	2,77	0,00	0,0 rischio molto basso
1,2	34	2,4	14	17	2,1	5	1,991	0,251	15,23	0,00	
1,4	19	2,9	6	41	2,7	4	0,581	0,251	-	-	
1,6	16	1,7	10	37	2,6	4	0,240	0,253	-	-	
1,8	16	1,3	13	34	2,6	5	3,310	0,253	25,09	0,00	
2	18	1,8	10	39	2,7	4	0,173	0,253	-	-	
2,2	19	1,7	11	38	2,6	4	0,158	0,252	-	-	
2,4	21	2,2	10	40	2,7	4	0,157	0,252	-	-	
2,6	19	2,5	8	42	2,7	4	0,250	0,251	-	-	
2,8	20	1,6	13	38	2,7	4	0,120	0,251	-	-	
3	25	1,6	16	33	2,5	5	1,765	0,250	13,55	0,00	
3,2	28	1,9	15	33	2,6	5	2,161	0,249	16,68	0,00	
3,4	28	2,1	13	36	2,6	4	0,139	0,248	-	-	
3,6	29	2,2	13	36	2,6	4	0,135	0,247	-	-	
3,8	26	2,3	11	37	2,6	4	0,167	0,246	-	-	
4	21	1,8	12	40	2,7	4	0,117	0,246	-	-	
4,2	21	1,4	15	37	2,6	4	0,111	0,245	-	-	
4,4	13	1,1	12	50	2,9	4	0,083	0,246	-	-	
4,6	20	0,7	30	32	2,5	5	0,299	0,245	2,34	0,00	
4,8	26	1,4	19	36	2,6	4	0,098	0,245	-	-	
5	23	1,8	13	41	2,7	4	0,101	0,244	-	-	
5,2	29	1,8	16	37	2,6	4	0,100	0,243	-	-	
5,4	20	1,6	13	45	2,8	4	0,090	0,243	-	-	
5,6	18	1,7	11	51	2,9	4	0,084	0,243	-	-	
5,8	18	1,1	16	44	2,8	4	0,083	0,243	-	-	
6	11	1,2	9	67	3,1	3	0,069	0,243	-	-	
6,2	8	0,9	9	77	3,3	3	0,063	0,243	-	-	
6,4	9	0,6	15	64	3,1	3	0,064	0,243	-	-	
6,6	12	0,7	16	55	2,9	4	0,068	0,243	-	-	
6,8	18	1,3	14	51	2,9	4	0,078	0,243	-	-	
7	14	1,4	10	63	3,1	3	0,070	0,243	-	-	
7,2	35	1,3	28	29	2,5	5	0,246	0,242	1,95	0,00	
7,4	44	1,7	25	27	2,4	5	0,340	0,241	2,71	0,00	
7,6	33	2,3	15	41	2,7	4	0,095	0,240	-	-	
7,8	53	1,3	42	20	2,2	5	0,234	0,240	1,87	0,00	
8	35	2,2	16	39	2,7	4	0,095	0,239	-	-	
8,2	28	1,1	25	36	2,6	4	0,085	0,238	-	-	
8,4	25	0,8	31	36	2,6	4	0,079	0,238	-	-	
8,6	32	1,1	30	32	2,5	5	0,218	0,237	1,76	0,00	
8,8	33	1,1	31	32	2,5	5	0,217	0,237	1,76	0,00	
9	31	1,3	23	37	2,6	4	0,085	0,236	-	-	
9,2	32	0,9	37	30	2,5	5	0,182	0,235	1,48	0,00	
9,4	32	1,1	30	34	2,6	5	0,224	0,234	1,83	0,00	
9,6	33	1,1	29	34	2,6	5	0,236	0,232	1,95	0,00	
9,8	44	0,9	51	23	2,3	5	0,172	0,231	1,43	0,00	
10	18	1,8	10	68	3,1	3	0,067	0,230	-	-	

qc: resistenza di punta - fs: resistenza di attrito laterale - FC: contenuto % di mat. fini - lc: indice del tipo di terreno - Tipo di terreno: 2=suoli organici; 3=argille; 4=miscela limosa; 5=miscela sabbiosa; 6=sabbie; 7=ghiaie e sabbie dense - CRR7,5: rapporto di resistenza ciclica per magnitudo 7,5 - CSR= rapporto di tensione ciclica - FSL=fattore di sicurezza = CRR/CSR - ΣPL=Potenziale di liquefazione= Σ F(z) w(z) Δ(z)

## CPT5

### VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE - Procedura di Robertson & Wride, 19<sup>07</sup> GGsoff

**Magnitudo** = 6,1  
**MWF** = 0,521  
**Luogo:** Fucecchio  
**H<sub>2</sub>O (m)** = 1  
**CPT n.** CPT5  
**a<sub>max</sub>** = 0,18

z	qc	fs	qc/fs	FC	lc	Tipo	CRR	CSR	FSL	PL(z)	ΣPL
(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		%		terreno	7,5				
1	15	0,7	21	12	2,0	6	0,379	0,263	2,77	0,00	<b>0,1</b> <i>rischio basso</i>
1,2	21	3,8	6	40	2,7	4	1,901	0,257	-	-	
1,4	21	2,7	8	36	2,6	4	0,791	0,255	-	-	
1,6	23	2,2	10	32	2,5	5	11,709	0,253	88,89	0,00	
1,8	18	2,0	9	39	2,7	4	0,219	0,253	-	-	
2	18	2,4	8	38	2,7	4	0,576	0,252	-	-	
2,2	19	1,5	13	35	2,6	5	2,779	0,252	21,15	0,00	
2,4	23	1,6	14	32	2,5	5	2,602	0,251	19,88	0,00	
2,6	24	1,9	12	35	2,6	5	3,183	0,250	24,41	0,00	
2,8	21	1,7	13	38	2,6	4	0,126	0,250	-	-	
3	19	1,3	14	38	2,6	4	0,107	0,249	-	-	
3,2	21	1,2	18	34	2,6	5	1,030	0,249	7,94	0,00	
3,4	24	1,5	16	34	2,6	5	1,281	0,248	9,91	0,00	
3,6	25	1,6	16	35	2,6	5	1,354	0,247	10,50	0,00	
3,8	26	1,7	15	36	2,6	4	0,114	0,247	-	-	
4	21	1,7	13	39	2,7	4	0,118	0,246	-	-	
4,2	20	1,4	14	38	2,7	4	0,107	0,246	-	-	
4,4	20	1,1	18	39	2,7	4	0,090	0,246	-	-	
4,6	17	1,1	15	41	2,7	4	0,091	0,245	-	-	
4,8	12	0,9	14	50	2,9	4	0,077	0,246	-	-	
5	13	0,7	18	45	2,8	4	0,078	0,246	-	-	
5,2	10	0,7	14	56	3,0	3	0,070	0,246	-	-	
5,4	24	0,7	36	26	2,4	5	0,141	0,246	1,11	0,00	
5,6	13	1,1	12	56	3,0	3	0,075	0,246	-	-	
5,8	13	0,8	16	50	2,9	4	0,074	0,245	-	-	
6	12	0,7	16	52	2,9	4	0,071	0,245	-	-	
6,2	10	0,7	15	60	3,0	3	0,067	0,246	-	-	
6,4	12	0,6	20	50	2,9	4	0,069	0,246	-	-	
6,6	14	0,9	16	52	2,9	4	0,072	0,245	-	-	
6,8	24	0,9	26	36	2,6	4	0,083	0,245	-	-	
7	14	1,3	11	61	3,0	3	0,071	0,244	-	-	
7,2	23	0,8	29	36	2,6	4	0,081	0,244	-	-	
7,4	35	1,7	21	35	2,6	5	0,582	0,243	4,60	0,00	
7,6	14	1,4	10	65	3,1	3	0,069	0,243	-	-	
7,8	40	0,9	43	23	2,3	5	0,178	0,242	1,41	0,00	
8	59	2,0	30	23	2,3	5	0,390	0,241	3,11	0,00	
8,2	48	1,7	28	26	2,4	5	0,335	0,240	2,68	0,00	
8,4	40	1,9	21	34	2,6	5	0,576	0,239	4,62	0,00	
8,6	17	2,0	9	68	3,1	3	0,069	0,239	-	-	
8,8	29	1,7	17	43	2,7	4	0,084	0,238	-	-	
9	36	0,4	90	19	2,2	5	0,113	0,238	<b>0,91</b>	0,09	
9,2	30	2,4	13	49	2,8	4	0,083	0,237	-	-	
9,4	56	1,1	50	20	2,2	5	0,211	0,235	1,72	0,00	
9,6	49	2,3	22	32	2,5	5	0,501	0,233	4,12	0,00	
9,8	40	2,1	19	38	2,6	4	0,091	0,232	-	-	
10	46	2,3	20	35	2,6	4	0,095	0,230	-	-	

qc: resistenza di punta - fs: resistenza di attrito laterale - FC: contenuto % di mat. Fini - lc: indice del tipo di terreno - Tipo di terreno: 2=suoli organici; 3=argille; 4=miscela limosa; 5=miscela sabbiosa; 6=sabbie; 7=ghiaie e sabbie dense - CRR7,5: rapporto di resistenza ciclica per magnitudo 7,5 - CSR= rapporto di tensione ciclica - FSL=fattore di sicurezza = CRR/CSR - ΣPL=Potenziale di liquefazione= Σ F(z) w(z) Δ(z)

# CPT6

## VERIFICA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE - Procedura di Robertson & Wride, 19<sup>07</sup><sub>GGsoff</sub>

**Magnitudo** = 6,1  
**MWF** = 0,521  
**H<sub>2</sub>O (m)** = 1  
**Luogo:** Fucecchio  
**CPT n.** CPT6  
**a<sub>max</sub>** = 0,18

z	qc	fs	qc/fs	FC	lc	Tipo	CRR	CSR	FSL	PL(z)	ΣPL
(m)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )		%		terreno	7,5				
1	15	0,7	21	12	2,0	6	0,379	0,263	2,77	0,00	0,2
1,2	23	2,7	8	31	2,5	5	51,351	0,256	385,50	0,00	
1,4	21	2,9	7	38	2,6	4	0,782	0,254	-	-	rischio basso
1,6	23	3,2	7	39	2,7	4	0,553	0,252	-	-	
1,8	23	3,0	8	39	2,7	4	0,363	0,251	-	-	
2	24	2,3	11	34	2,6	5	7,108	0,250	54,54	0,00	
2,2	26	2,1	12	32	2,5	5	4,990	0,249	38,46	0,00	
2,4	24	2,3	10	38	2,6	4	0,189	0,248	-	-	
2,6	26	1,9	13	33	2,6	5	3,020	0,247	23,42	0,00	
2,8	30	2,1	14	31	2,5	5	2,889	0,246	22,49	0,00	
3	33	2,7	12	34	2,6	5	4,057	0,245	31,74	0,00	
3,2	29	2,7	11	38	2,7	4	0,154	0,244	-	-	
3,4	21	2,1	10	41	2,7	4	0,146	0,244	-	-	
3,6	23	1,4	16	36	2,6	4	0,106	0,244	-	-	
3,8	26	1,7	16	36	2,6	4	0,112	0,244	-	-	
4	25	0,4	63	16	2,1	5	0,110	0,243	0,87	0,21	
4,2	28	1,9	15	37	2,6	4	0,111	0,243	-	-	
4,4	30	2,1	14	37	2,6	4	0,113	0,242	-	-	
4,6	30	2,0	15	37	2,6	4	0,109	0,241	-	-	
4,8	27	1,9	14	36	2,6	4	0,118	0,241	-	-	
5	28	1,6	18	36	2,6	4	0,099	0,240	-	-	
5,2	23	1,7	14	41	2,7	4	0,097	0,240	-	-	
5,4	22	1,5	15	41	2,7	4	0,093	0,240	-	-	
5,6	24	1,6	15	40	2,7	4	0,095	0,240	-	-	
5,8	20	1,9	11	50	2,9	4	0,086	0,239	-	-	
6	17	1,4	12	52	2,9	4	0,079	0,239	-	-	
6,2	27	1,0	27	33	2,5	5	0,346	0,239	2,78	0,00	
6,4	17	1,4	12	53	2,9	4	0,077	0,239	-	-	
6,6	11	0,8	14	62	3,0	3	0,066	0,239	-	-	
6,8	15	0,9	17	50	2,9	4	0,072	0,239	-	-	
7	18	1,0	18	47	2,8	4	0,076	0,239	-	-	
7,2	14	1,3	11	64	3,1	3	0,069	0,238	-	-	
7,4	14	1,2	12	62	3,1	3	0,068	0,238	-	-	
7,6	11	0,9	13	68	3,1	3	0,064	0,238	-	-	
7,8	8	0,5	15	75	3,2	3	0,059	0,239	-	-	
8	23	0,7	34	35	2,6	5	0,199	0,238	1,60	0,00	
8,2	13	0,8	16	60	3,0	3	0,065	0,238	-	-	
8,4	19	1,3	15	53	2,9	4	0,072	0,238	-	-	
8,6	22	0,9	25	41	2,7	4	0,075	0,237	-	-	
8,8	29	0,7	43	29	2,5	5	0,149	0,237	1,21	0,00	
9	45	1,9	23	31	2,5	5	0,404	0,236	3,28	0,00	
9,2	41	2,2	19	37	2,6	4	0,095	0,235	-	-	
9,4	40	1,8	22	35	2,6	5	0,484	0,234	3,98	0,00	
9,6	37	1,4	26	34	2,6	5	0,290	0,232	2,40	0,00	
9,8	40	2,1	19	38	2,7	4	0,091	0,230	-	-	
10	46	3,0	15	40	2,7	4	0,095	0,229	-	-	

qc: resistenza di punta - fs: resistenza di attrito laterale - FC: contenuto % di mat. Fini - lc: indice del tipo di terreno - Tipo di terreno: 2=suoli organici; 3=argille; 4=miscela limosa; 5=miscela sabbiosa; 6=sabbie; 7=ghiaie e sabbie dense - CRR7,5: rapporto di resistenza ciclica per magnitudo 7,5 - CSR= rapporto di tensione ciclica - FSL=fattore di sicurezza = CRR/CSR - ΣPL=Potenziale di liquefazione= Σ F(z) w(z) Δ(z)



---

Il valore massimo riscontrato nelle verifiche effettuate per il potenziale di liquefazione del terreno presente nel sottosuolo oggetto di PA, come di seguito dettagliato, risulta  $\Sigma PL = 0.3$  corrispondente alla classe di **rischio basso**, in una scala che vede rischio *molto basso, basso, alto, molto alto* identificati come segue:

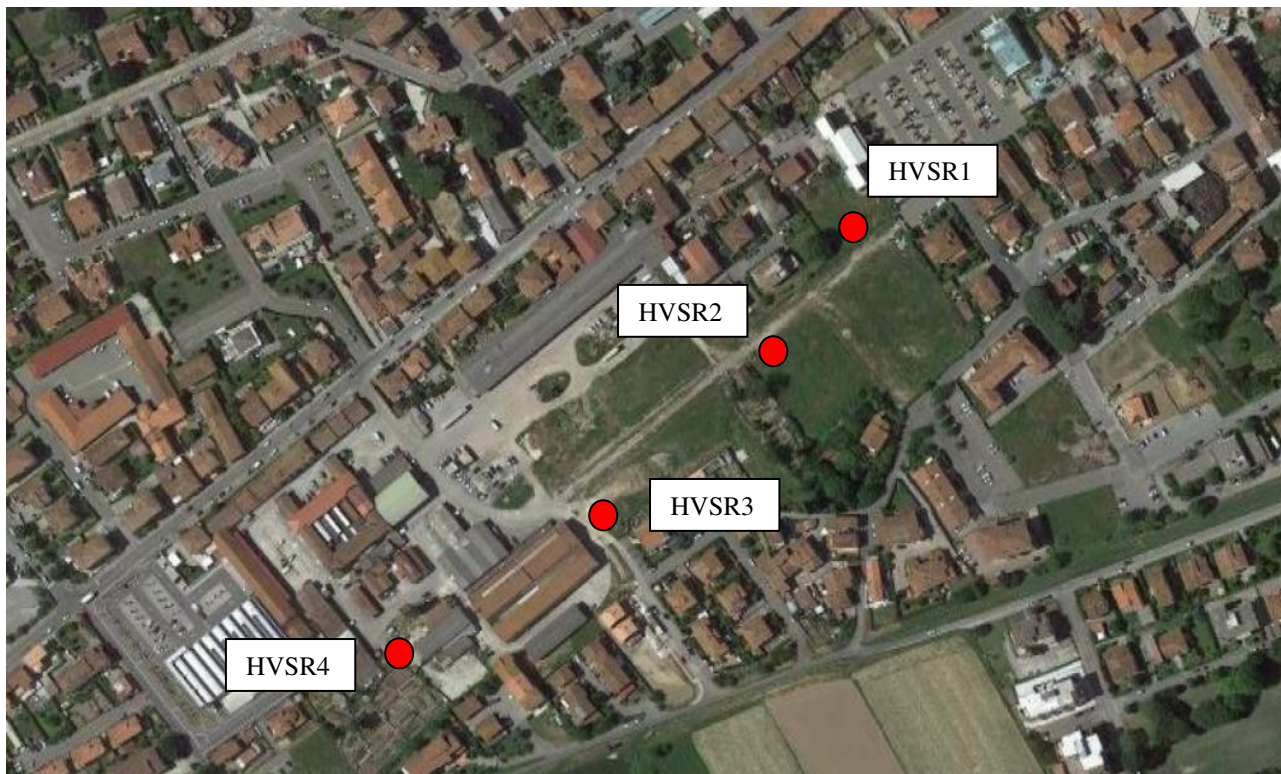
<i>Valore di <math>P_L</math></i>	<i>Rischio di liquefazione</i>
$P_L = 0$	Molto basso
$0 < P_L \leq 5$	Basso
$5 < P_L \leq 15$	Alto
$15 < P_L$	Molto alto

Da quanto sopra si può concludere che il sottosuolo indagato è scevro da tale potenzialità all'accadimento del processo di liquefazione.

**3- In relazione ai contesti sismici in parte già emersi e da quelli che potranno emergere da quanto sopra indicato, si ritiene probabile che in fase progettuale sia utile realizzare una RSL indicandone l'obbligatorietà tra le prescrizioni contenute nella relazione di fattibilità geologica.**

Alla luce delle verifiche effettuate in fase di redazione dello studio a supporto del Piano Attuativo, della elaborazione delle prospezioni sismiche effettuate a suo tempo nel sito (prospezioni sismiche MASW) e delle indagini di sismica passiva eseguite in questa fase, abbiamo di seguito valutato, secondo i criteri di cui alla DPGR 5/R/2020, la pericolosità sismica attribuibile al sito, senza che comunque quanto di seguito costituisca variante a quanto indicato nella cartografia di supporto allo SU vigente.

Relativamente alla zona indagata, le indagini HVSR realizzate, di cui si riporta la planimetria con relativa ubicazione , hanno riportato i seguenti risultati:

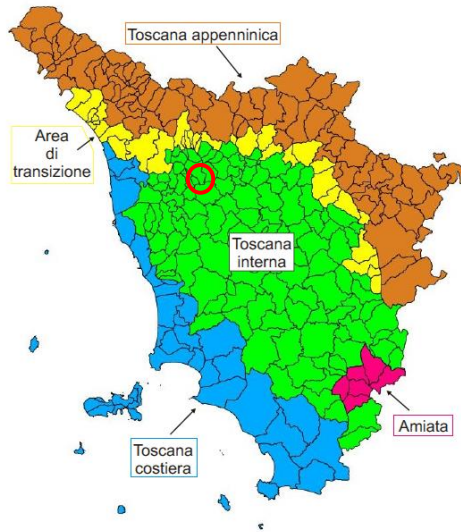


<i>N.</i>	<i>f0</i>	<i>A</i>
HVSR1	1.13	3.23
HVSR2	1.13	3.46
HVSR3	1.13	3.23
HVSR4	1.19	3.15

Le indagini MASW eseguite nella zona hanno riportato i seguenti risultati:

<i>Indagine</i>	<i>V<sub>seq</sub></i>
MASW 2016	217 m/s
MASW lotto g	233 m/s

Stando a quanto evidenziato dagli abachi della Microzonazione Sismica di II livello il comune di Fucecchio ricade nell'area di Toscana interna.



La zona risulta classificata in Toscana Interna con substrato sismico  $>30m$  e valore di  $a_g$  ( $T_r=475anni$ )  $< 0.125g$ .

**Toscana Interna (Substrato sismico  $> 30m$ )**



**Valore di  $a_g$  ( $T_r=475$  anni)  $< 0.125g$**

FA  $0.1 < T < 0.5 s$

Vs30 (m/s)	f0 (Hz)									75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	$\geq 8$	
<200	1.1	1.4	1.5							1.2
300	1.1	1.4	1.7	1.8	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.4
500	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4
700	0.9	1.1	1.3	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
$\geq 800$	1.0	1.0	1.0						1.1	1.0

FA  $0.4 < T < 0.8 s$

Vs30 (m/s)	f0 (Hz)									75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	$\geq 8$	
<200	1.6	2.1	2.1							2.0
300	1.4	1.9	2.0	1.7	1.6	1.7	1.5	1.6	1.8	1.8
500	1.2	1.6	1.7	1.5	1.5	1.6	1.4	1.6	1.6	1.5
700	1.0	1.2	1.5	1.4	1.2	1.4	1.3	1.1	1.2	1.2
$\geq 800$	1.1	1.2	1.2						1.1	1.1

FA  $0.7 < T < 1.1 s$

Vs30 (m/s)	f0 (Hz)									75° perc.
	<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	$\geq 8$	
<200	2.1	2.6	2.5							2.4
300	1.5	2.1	1.6	1.7	1.5	1.7	1.7	1.6	1.7	1.8
500	1.2	1.8	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4	1.3	1.5	1.5
700	1.1	1.5	1.3	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
$\geq 800$	1.1	1.3	1.1						1.0	1.2

**CLASSI**

velocità (m/s)	Vs $\leq 200$	
	300	200 $\leq$ Vs $<$ 400
	500	400 $\leq$ Vs $<$ 600
	700	600 $\leq$ Vs $<$ 800
	Vs $\geq 800$	

frequenza (Hz)	f0 $<$ 1	
	1.5	1 $\leq$ f0 $<$ 2
	2.5	2 $\leq$ f0 $<$ 3
	3.5	3 $\leq$ f0 $<$ 4
	4.5	4 $\leq$ f0 $<$ 5
	5.5	5 $\leq$ f0 $<$ 6
	6.5	6 $\leq$ f0 $<$ 7
	7.5	7 $\leq$ f0 $<$ 8
	$\geq 8$	

La frequenza ricade nella classe 1.5, la velocità ricade nella classe 300.

La Zona di studio nella tabella di FA  $0.1 < T < 0.5s$  viene classificata con il valore di  $f_0(\text{Hz}) = 1.4$ , ragion per cui si ritiene che ai sensi degli standard per la microzonazione sismica di 2° livello la zona dovrebbe essere caratterizzata da una pericolosità sismica classificabile come S2, non essendo particolarmente soggetta a eventi di amplificazione sismica locale.

---

La classe di pericolosità sismica S2 rende possibile applicare l'approccio semplificato per le valutazioni sulla suscettibilità sismica della zona di studio, per cui riteniamo che non ci siano le condizioni per rendere obbligatoria la realizzazione di un RSL.

**4- Si richiede di uniformare il valore del franco di sicurezza idraulica riportato negli elaborati presentati a quanto indicato nella scheda di fattibilità del RU, ossia ad un valore pari a 50 cm.**

Si allega relazione tecnica adeguata nel riferimento di pag.17, indicando valore del franco idraulico da adottare pari a 50cm in luogo dei 20cm precedentemente indicati. Rimangono inalterati gli elaborati grafici.

Altopascio, 30/05/2023

Geol. Andrea CARMIGNANI



Ing. Jacopo TACCINI



Ing. JACOPO TACCINI  
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA  
No. 3210 Sezione A  
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE