luogo: via Radici in Piano, località Tressano, Castellarano

soggetto attuatore: Finice srl, via Sicilia, Reggio Emilia

progetto architettonico
ARTEAS PROGETTI
architetto Paolo Soragni
con
architetto Ilaria Manotti

A.O. ambito AeR 1
di iniziativa privata
località Tressano

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA: INTEGRAZIONI

05.2019

Studio di Geologia – Dott. Geol. Paolo Melli – Reggio Emilia via Petrolini n.12/E
Tel.Fax. 0522-391736 – email: geopaolomelli@libero.it

REGIONE EMILIA ROMAGNA
Provincia di Reggio Emilia
COMUNE DI CASTELLARANO

Integrazioni alla

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Accordo Operativo ambito A e R1 località Tressano

Reggio Emilia, 11 settembre 2019

Dott. Geol. Paolo Melli

INDICE

Premessa		pag. n. 2
Cap. 1	- Indagine geofisica	pag. n. 3
Cap. 2	- Categoria del terreno di fondazione	pag. n. 15
Cap. 3	- Rischio sismico	pag. n. 15
Cap. 4	- Amplificazione topografica	pag. n. 17
Cap. 5	- Amplificazione stratigrafica	pag. n. 19

PREMESSA

La Relazione Geologica e Sismica è datata novembre 2015.

Le presenti integrazioni costituiscono l'aggiornamento alla normativa vigente in materia di microzonazione sismica: NTC 2018 e DGR 630/2019.

Sono state consultate le tavole del PTCP (elaborati coordinati 2019) :

- tavola QC6 (219NO);
- tavola 9a (219NO);
- tavola 9b (219NO).

Per la modellazione sismica del terreno di fondazione sono state eseguite una Indagine geofisica MASW (Relazione Geologica e sismica del novembre 2015) e una indagine sismica Microtremori (misura HVSR) (10 settembre 2019) di seguito riportata.

CAP. 1 - INDAGINE GEOFISICA

Committente: Dr. Geol. Paolo Melli

Via Petrolini, 12/E

42122 Reggio Emilia

Intervento: Indagine sismica passiva

Rilievo HVSR

Località: Tressano

Comune di Castellarano (RE)

INDICE

Premessa 4

Indagine sismica Microtremori 5

Scheda HVSR Tressano 7

Premessa

Nel mese di settembre 2019, su commissione di:

Dr. Geol. Paolo Melli

Via Perolini, 12/E

42122 Reggio Emilia

è stata eseguita una prova in sismica passiva rilievo HVSR in località Tressano, in comune di Castellarano (RE).

Le indagini sono state ubicate come indicato dalla committenza ed indicato nelle schede allegate a fine testo.

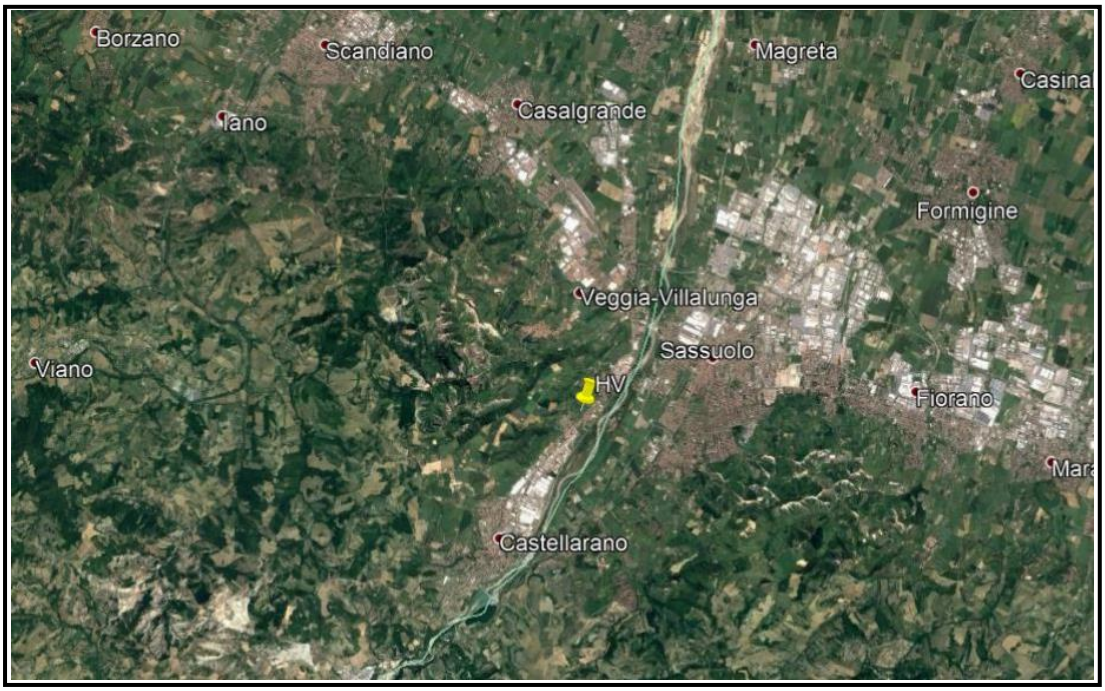


Fig.1 Ubicazione area di indagine

L'indagine geofisica eseguita, a tipologia in sismica passiva denominata rilievo HVSR, serve per valutare la frequenza caratteristica del terreno in studio

Indagine sismica Microtremori

Per La misura della frequenza caratteristica del sito è stata eseguita una stazione per l'acquisizione dei microtremori sismici (misura HVSR)

Per l'acquisizione dei dati di microtremore sismico, è stato utilizzato uno degli strumenti più diffusi per l'acquisizione di dati in sismica passiva a stazione singola, denominato "TROMINO"®, certificato e coperto da brevetto internazionale.

Tale strumentazione appositamente progettata, rappresenta la nuova generazione di strumenti digitali per la misura ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale ed anche per la misura delle vibrazioni su strutture (norma Din4150 e UNI 9916).

Tecnicamente è un sismografo idoneo al rilievo del microtremore sismico, nell'intervallo di frequenze fra 0,1 e 512 Hz, mediante l'impiego di masse strumentali molto ridotte, con una struttura rigida non risonante e costruita con materiali non diffrangenti.

I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore e dinamica ≥ 23 bit. Queste caratteristiche strumentali consentono un'elevata accuratezza nella misura dei dati, maggiore di 10^{-4}, sulle componenti spettrali maggiori/uguali a 0,1 Hz.

Praticamente si tratta di installare solidalmente al suolo il Tromino® e di misurare il tremore sismico, con durata di registrazione adeguata alla frequenza minima di interesse per il sito in analisi.

Per l'area in esame s'ipotizza di misurare la frequenza della coltre sedimentaria, di copertura del bedrock sismico (quindi con spessore massimo ipotizzabile non superiore a 300 m), da ciò ne deriva una stima (in prima approssimazione) della frequenza dell'ordine di circa 0.5 Hz, che equivale ad un periodo T= 2 sec.

Pertanto, per poter "osservare" e registrare con Tromino® queste frequenze, si tratta di mantenere in acquisizione lo strumento per una durata minima teorica di almeno 2 sec. Poiché poi il metodo si basa su tecniche di risoluzione spettrale elevata, il segnale viene acquisito su finestre temporali di almeno 10 volte più lunghe.

E' opportuna ed indispensabile, anche una ridondanza statistica (30-40 ripetizioni), che consente di mediare opportunamente le registrazioni, per evitare di interpretare rumori "locali" random.

In sintesi, per ottenere un'acquisizione di rumore sismico (microtremore) a scopi stratigrafici anche profondi, si devono quindi analizzare dati con durata di acquisizione minima di 15 minuti.

Il risultato della acquisizione eseguita nel sito in esame è quindi analizzato mediante il codice di calcolo '*Grilla'* (ver. 6.1), che consente di archiviare, analizzare e permettere la revisione del segnale misurato in sito.

Tale software consente di realizzare approfondite analisi spettrali di base e procedure per analisi HVSR (meglio nota come tecnica di Nakamura) secondo procedure codificate dal progetto di ricerca SESAME (2004).

I passi principali sono:

- uso di strumentazione certificata e/o verificata da opportune commissioni (tecnico - scientifiche).
- analisi dettagliata dello spettro di Fourier delle componenti verticali del segnale per individuare ed eliminare componenti "monocromatiche" (possibile rumore antropico)
- eliminare (in genere la sequenza completa è di suddividere l'acquisizione in sotto finestre di 20 sec) le sotto finestre con contenuti TRANSIENTI, cioè le porzioni di segnale contenenti transienti legati a sorgenti vicine al sensore (cioè passi o passaggi di autoveicoli).
- calcolo H/V per ogni sottofinestra selezionata mediante:
  - eliminazione segnale di eventuali offset
  - calcolo spettri di Fourier
  - Smoothing degli spettri Fourier per minimizzare effetti d'instabilità numerica del computo dei rapporti, ottimizzando caso x caso la % di smoothing, per evitare di alterare le caratteristiche dello spettro intrinseco e quindi della curva H/V che ne deriva
  - Calcolo delle curve H/V in componente N-S - E-O – verticale

- Stima del valore medio dei rapporti spettrali per ciascuna sottofinestra e definizione deviazione standard
- Identificazione curve H/V dei picchi statisticamente più significativi e stima indice di affidabilità da opportuni test statistici che permettono di definire l'affidabilità della curva H/V ed identificare il picco più significativo su criteri quantitativi.
- Se l'acquisizione viene eseguita in diverse condizioni d'acquisizione: es. esecuzione in diverse ore del giorno, diverso processing dei dati, diverse condizioni atmosferiche ecc., i risultati della curva H/V devono risultare paragonabili.

Il risultato dell'elaborazione è il grafico del "Rapporto spettrale orizzontale su verticale", presentato nella scheda **"misura microtremori (HVSR)"**, che mette in evidenza (se presenti) picchi di amplificazione del segnale (HVSR>>1) dovuti alla presenza nel sottosuolo di contrasti di impedenza sismica fra gli strati che inneschino amplificazioni del segnale sismico.

Il valore finale del HVSR in funzione della frequenza espresso nel grafico è indicato da una linea rossa che indica la media RMS delle componenti orizzontali rispetto alle verticali, mentre l'intervallo di confidenza (95%) relativo all'ampiezza HVSR è dato dalle linee nere sottili.

Il grafico "Spettro delle singole componenti" esprime invece l'andamento delle singole componenti registrate dal Tromino, componente N-S, componente E-O e componente Up-Down alle varie frequenze.

Nel caso in esame si tratta di una registrazione che rientra nei criteri di validazione della tabella SESAME (3 valori su 3 sono soddisfatti), con presenza di un picco chiaramente evidente.

Dal grafico HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO, si segnala un picco principale con frequenza (*f*), pari a ***3,13 Hz.***

I dati di tutta l'acquisizione in sismica passiva HVSR sono visibili nella allegata scheda.

TECNOGEOFISICA s.n.c.

Scheda HVSR Tressano

Ubicazione misura HVSR

Piazzamento misura HVSR

Lat. N44,534895

Long. E10,752822

Strumento: TRZ-0099/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 10/09/19 09:21:22 Fine registrazione: 10/09/19 09:45:22

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h24'00". Analizzato 94% tracciato (selezione manuale)

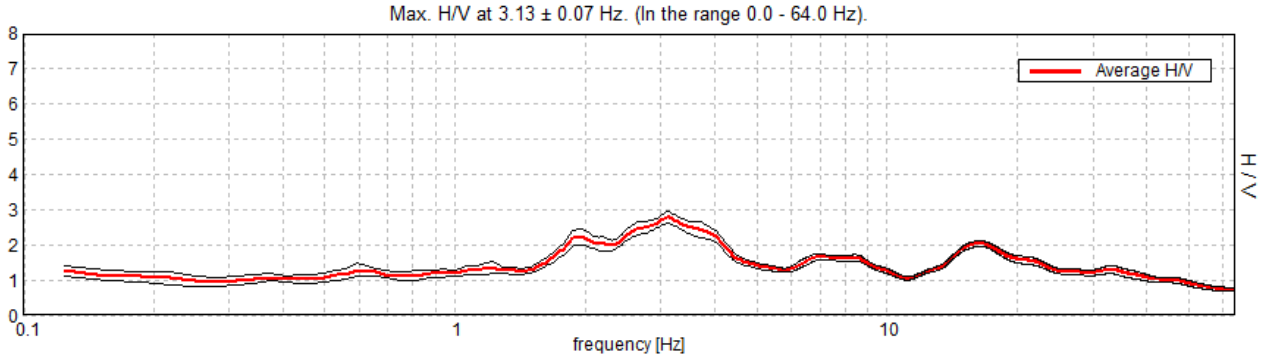
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

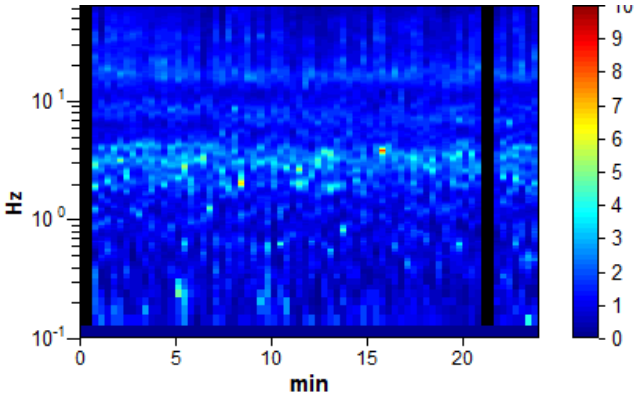
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

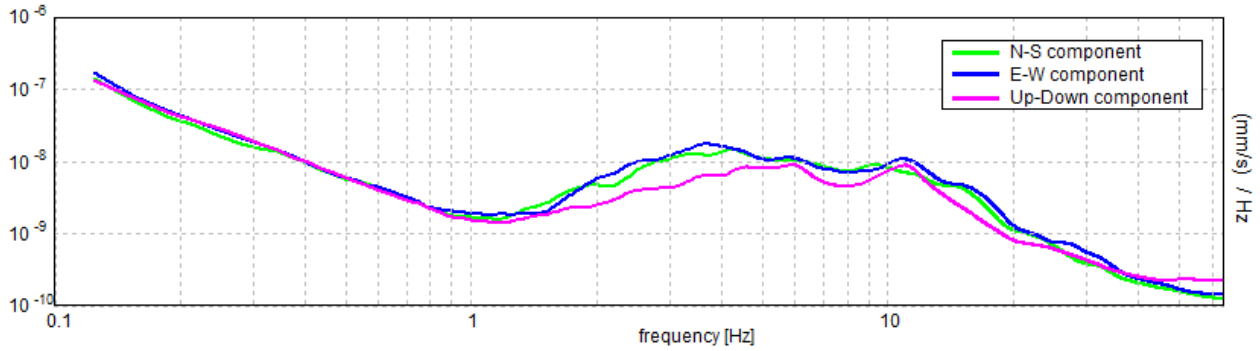
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di** *Grilla* **prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 3.13 ± 0.07 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	3.13 > 0.50	**OK**	
$n_c(f_0) > 200$	4250.0 > 200	**OK**	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$Hz **$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$Hz**	Superato 0 volte su 151	**OK**	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.531 Hz	**OK**	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	5.094 Hz	**OK**	
$A_0 > 2$	2.78 > 2	**OK**	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.02243| < 0.05	**OK**	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.07008 < 0.15625	**OK**	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1748 < 1.58	**OK**	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f

f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{logH/V}(f)$	deviazione standard della funzione log $A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ per $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

- ✓ i primi 3 criteri della voce **1)** definiscono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce **2)** dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

E' stata eseguita una elaborazione con HV con Vs.

MELLI PAOLO, MELLI CAST1

Strumento: TRZ-0099/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 10/09/19 09:21:22 Fine registrazione: 10/09/19 09:45:22

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h24'00". Analizzato 94% tracciato (selezione manuale)

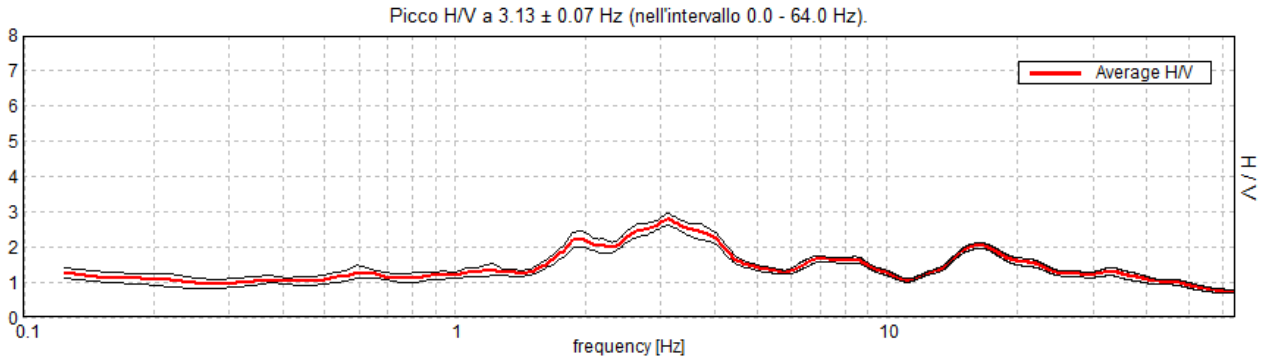
Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

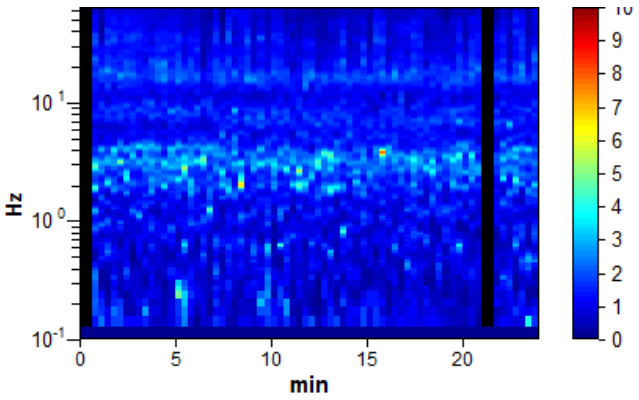
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

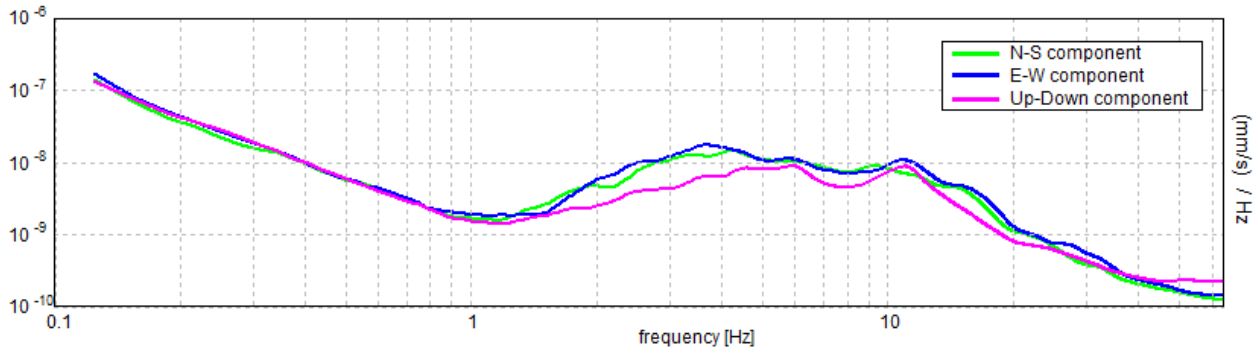
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



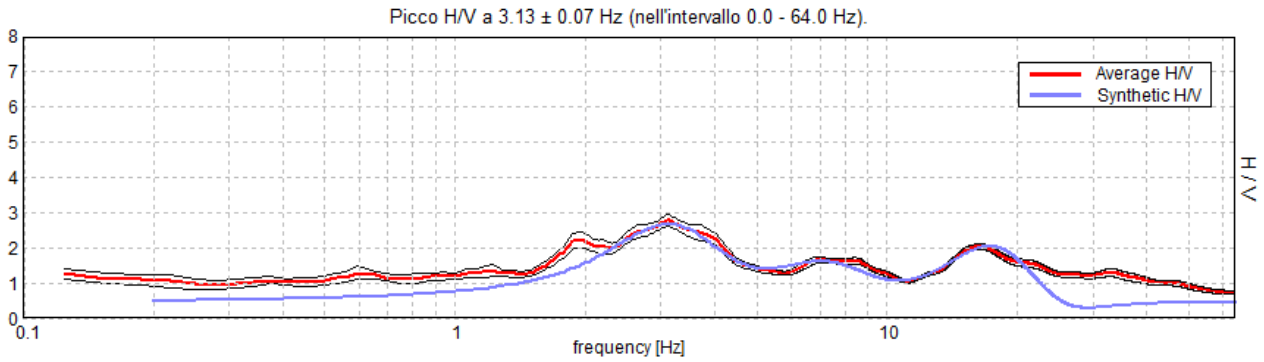
SERIE TEMPORALE H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

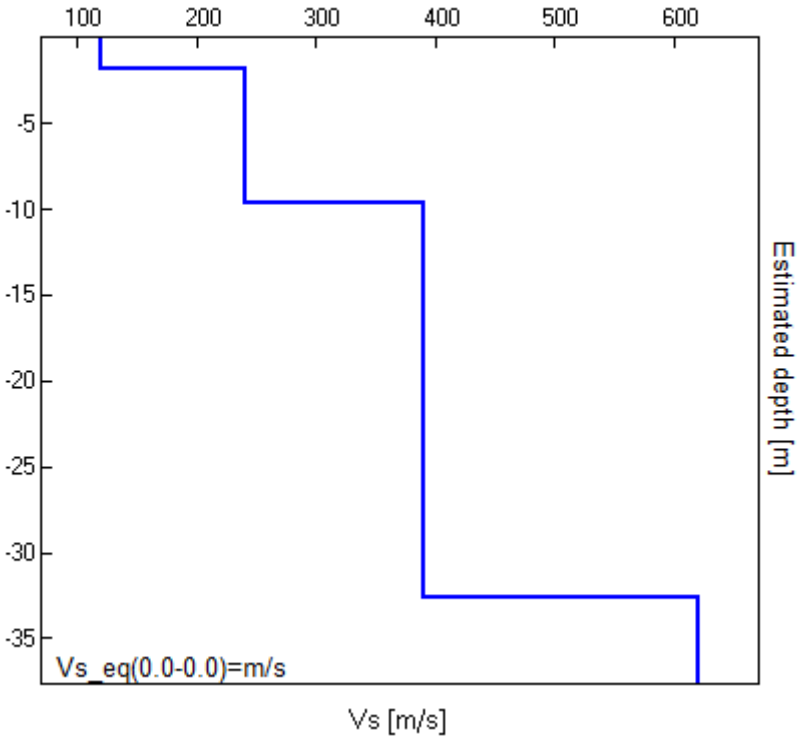


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.80	1.80	120	0.45
9.60	7.80	240	0.42
32.60	23.00	390	0.38
inf.	inf.	620	0.35

Vs_eq(0.0-30.0)=301m/s



CAP. 2 CATEGORIA DEL TERRENO DI FONDAZIONE

Dall'indagine sismica puntuale risulta una **Vs_eq (0.0-30.0)=301m/s**;

secondo la tabella 3.2.II delle N.T.C. e la circolare del gennaio 2019, viene attribuita la categoria di sottosuolo **C**.

Viene quindi confermata la stessa categoria **C** determinata con la prospezione MASW nella relazione del 2015.

CAP. 3 RISCHIO SISMICO

PTCP 2010 (elaborati coordinati 2019)

Sono state consultate le tavole del PTCP per la valutazione del rischio sismico.

La tavola QC6 – 219NO – Rischio sismico Carta degli effetti locali – evidenzia depositi di substrato con Vs < 800 m/s.

La tavola 9a (219NO) - Rischio sismico. Carta degli effetti attesi – pone l'area nelle classi C (amplificazione stratigrafica) e D (amplificazione stratigrafica e topografica).

		EFFETTI ATTESI				
		AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITA' DI VERSANTE	CEDIMENTI	LIQUEFAZIONE
CLASSI	A	X		X		
	B	X	X	X		
	C	X				
	D	X	X			
	E		X			
	F	X				X
	G	X			X (potenziale)	
	H					

La tavola 9b (219NO) - Rischio sismico. Carta dei Livelli di approfondimento indica che si debba effettuare un'analisi semplificata (**secondo livello di approfondimento**).

L'area in esame non rientra infatti in nessuna di quelle definite al paragrafo 2.1 lettera c del DGR 630/2019

c) le aree da indagare con un'**analisi più approfondita (terzo livello di approfondimento)** sono riferite agli ambiti (individuati sempre dalla cartografia della pericolosità sismica locale di area vasta di prima fase) che presentano le seguenti situazioni:

c) 1. aree suscettibili di liquefazione o densificazione;

c) 2. aree di versante instabili e potenzialmente instabili;

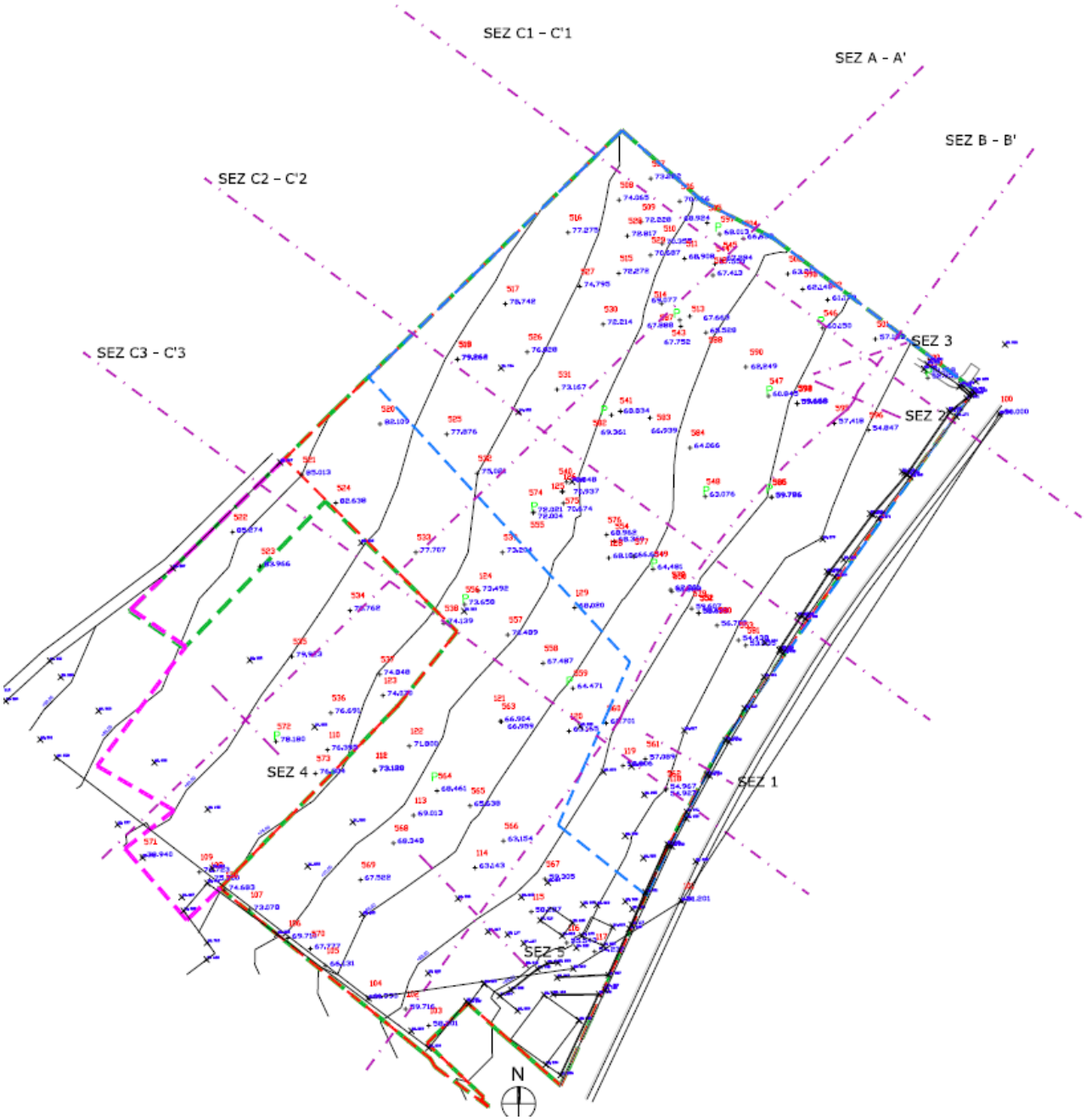
c) 3. aree con rapide variazioni della profondità del *bedrock* sismico, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, nelle quali il modello geologico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali;

c) 4. aree suscettibili di effetti differenziali (zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse, zone di faglia attiva e capace, zone con cavità sepolte).

CAP. 4 - AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per la determinazione della amplificazione topografica sono state utilizzate le sezioni di rilievo (stato di fatto).

Sezione	Lunghezza (m)	Dislivello (m)	Pendenza (α °)	Categoria Topografica (T)
A-A’	173	41,45	13,47°	T1
B-B’	156,89	38,9	13,9°	T1
C-C’	133,2	35,67	14,9°	T1
C1-C’1	125,53	34,59	15,4°	T2
C2-C’2	116,7	31,4	15°	T1
C3-C’3	111,85	26,8	13,5°	T1
C4-C’4	109,15	26,00	13,4°	T1



Per ogni sezione del pendio in oggetto è stata calcolata l'inclinazione media (α) e il dislivello altimetrico massimo (H).

La categoria topografica T del terreno risulta essere generalmente T1 tranne che per la sezione C1-C'1 dove la pendenza media è di 15,4° e si colloca quindi in T2.

Nella sezione C1-C'1 si ha una rottura di pendenza netta a 64,9 metri di quota tra il tratto di versante superiore poco acclive (12,1°) e la scarpata sottostante.

L'applicazione della formula di cui all'Allegato A2.2 "Effetti della topografia" (D.G.R 630/2019) non è però possibile in quanto l'altezza H della scarpata, rispetto alla strada di fondovalle, è di 14,5 metri e quindi inferiore ai 30 metri.

La tabella 3.2.III delle N.T.C. 2018 indica le categorie T1 e T2.

La quasi totalità dell'area in oggetto ricade in T1 (pendio con inclinazione media ≤ 15°) con S_T =1.0.

La parte medio bassa dell'area compresa tra le sezioni C-C' e C2-C'2 e con asse C1-C'1

ricade in T2 (pendio con inclinazione media >15°) con S_T =1.2.

CAP. 5 - AMPLIFICAZIONE SRATIGRAFICA

Dall'indagine sismica puntuale risulta una Vs_eq (0.0-30.0)=301m/s.

Pertanto, secondo la tabella 3.2.II delle N.T.C. e la circolare del gennaio 2019, viene attribuita la categoria di sottosuolo **C**.

Per il calcolo dei fattori di amplificazione sismica (secondo livello di approfondimento come previsto dal PTCP) si sono utilizzate le tabelle e formule dell'allegato A2 del DGR 630/2019 (A2.1.1.-Appennino- coperture con substrato non rigido).

Dal grafico HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO dell'indagine sismica Microtremori, si segnala un picco principale con frequenza (f), pari a 3,13 Hz tra 30 e 35 metri di profondità.

Di conseguenza viene considerato questo spessore come coperture sciolte e roccia alterata (H).

Risultano i seguenti fattori di amplificazione:

PGA = 2;

SA1 = 2,2;

SA2 = 2,3;

SA3 = 1,7;

SI1 = 2,3;

SI2 = 1,9.

Reggio Emilia, 11 settembre 2019

Dott. Geol. Paolo Melli