



LE SCALE GEOFISICA, GEOLOGICA, GEOTECNICA

Workshop di Geofisica
Museo Civico di Rovereto (TN)
3 dicembre 2015

Silvia Castellaro – Università di Bologna

silvia.castellaro@unibo.it





QUESTIONI DI...

- INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA
- SCALA
- SENSIBILITA' / RISOLUZIONE
- IGNORANZA (non conoscenza)



INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

PROBLEMA STATICO

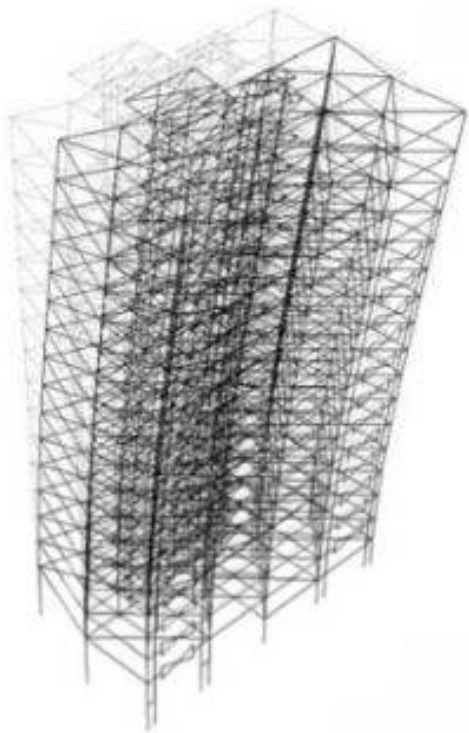
- CEDIMENTI



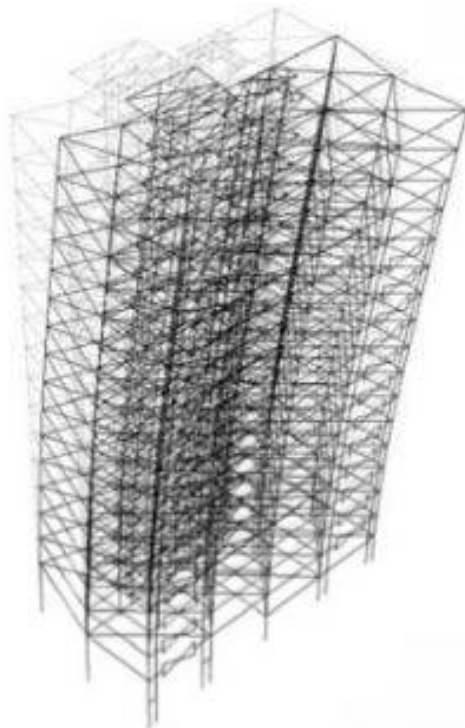
PROBLEMA DINAMICO

- AMPLIFICAZIONE SISMICA
 - STRATIGRAFICA
 - TOPOGRAFICA



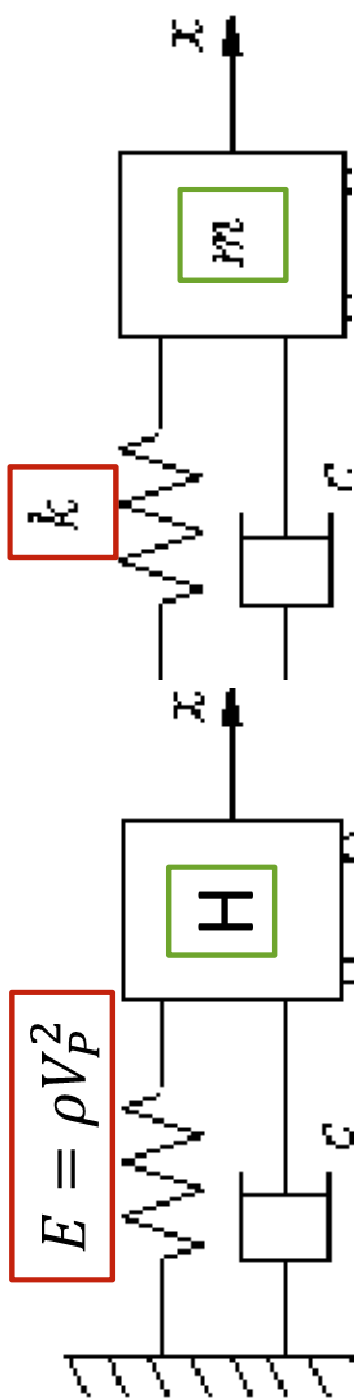
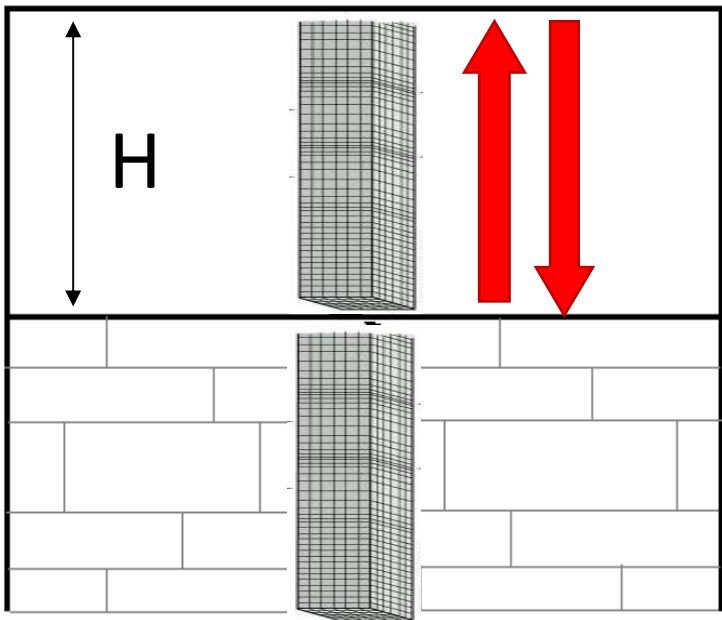
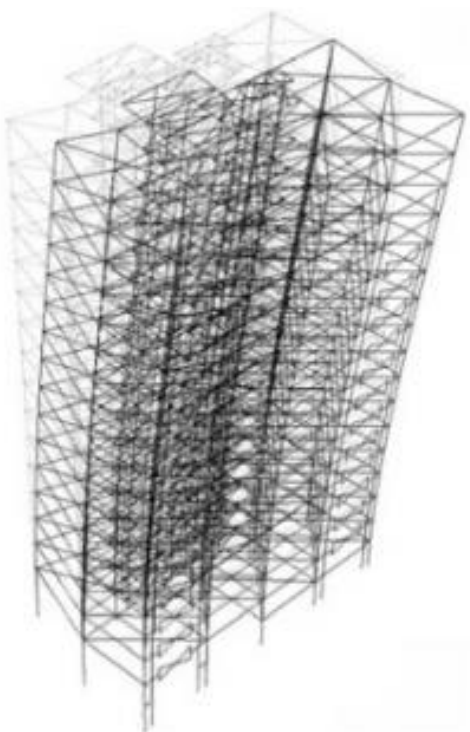


V_P

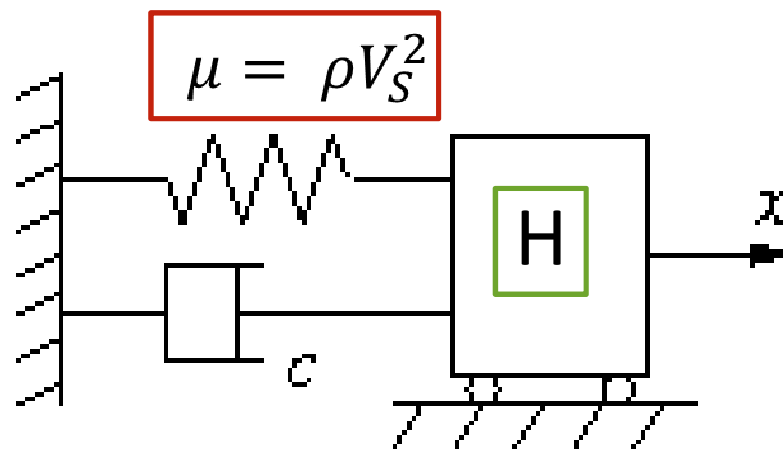
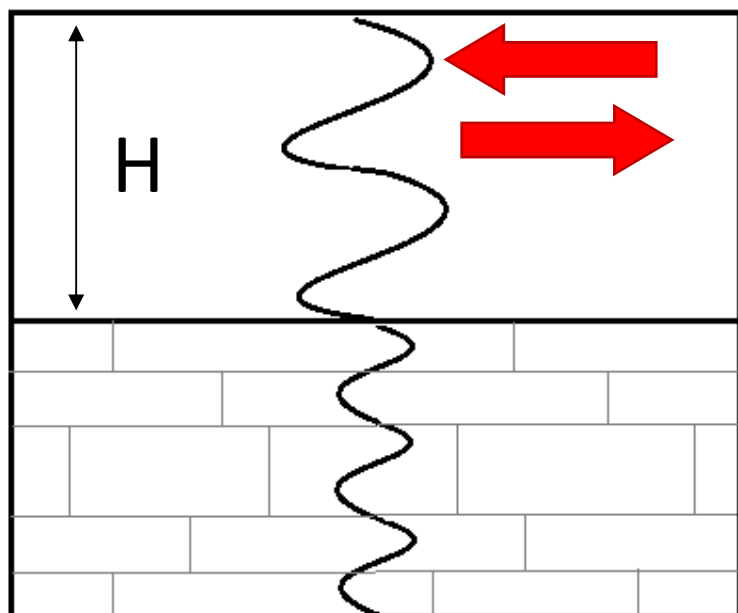
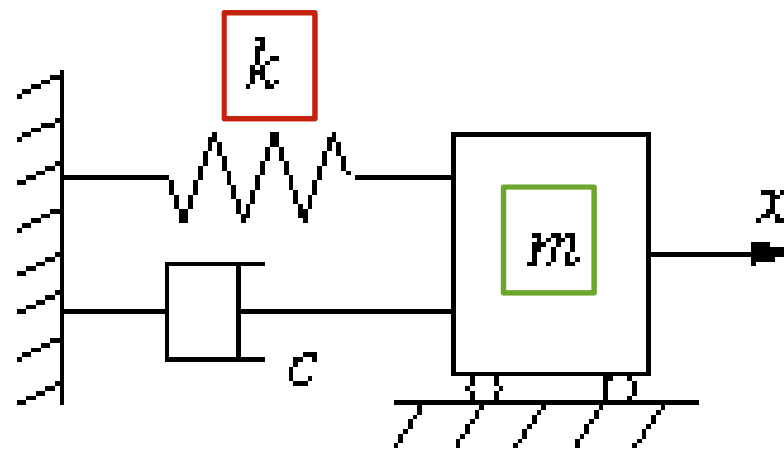
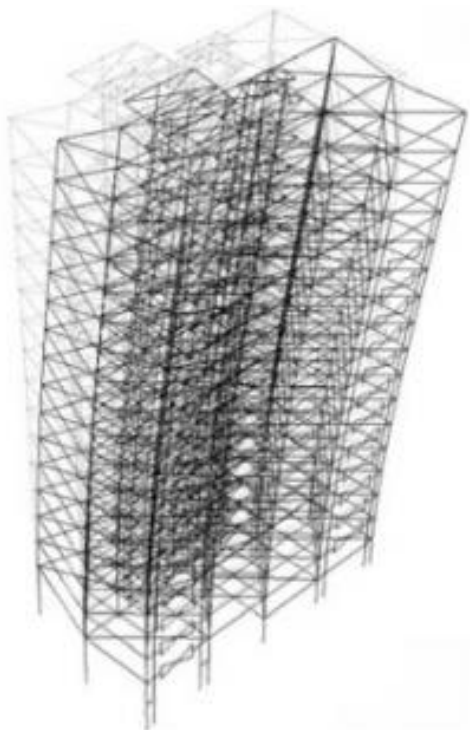


V_S

V_P



V_S



V_P

MODULO DI YOUNG

Deformazione uniassiale conseguente uno sforzo uniassiale

$$E = \frac{\sigma_{11}}{\epsilon_{11}}$$

$$E = \rho V_P^2$$



$$\frac{\sigma_{11}}{\Delta l} = \rho V_P^2$$

V_S

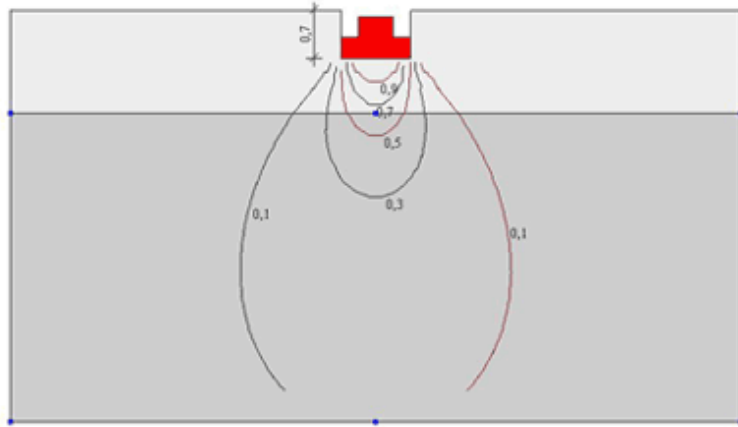
RIGIDEZZA
Resistenza alla variazione di forma (al taglio)



$$\mu = \frac{\tau_{xy}}{2\epsilon_{xy}}$$

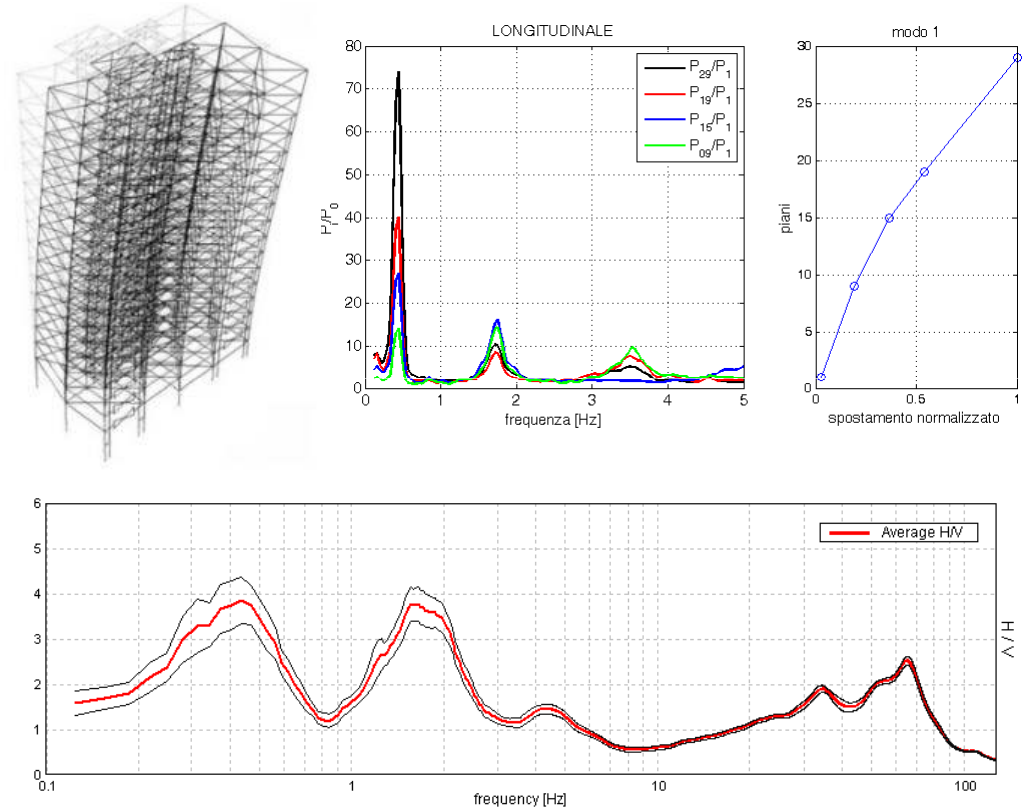
$$\mu = \rho V_S^2$$

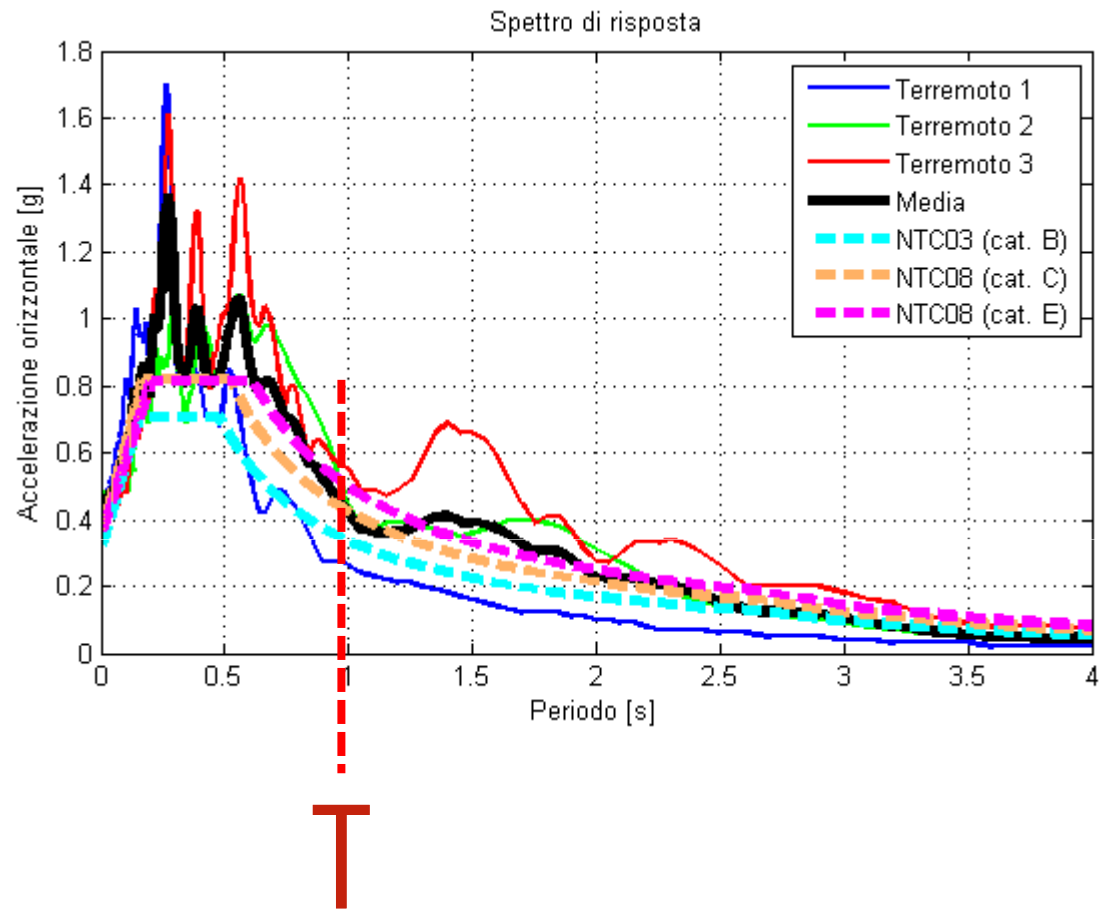
PROBLEMA STATICO



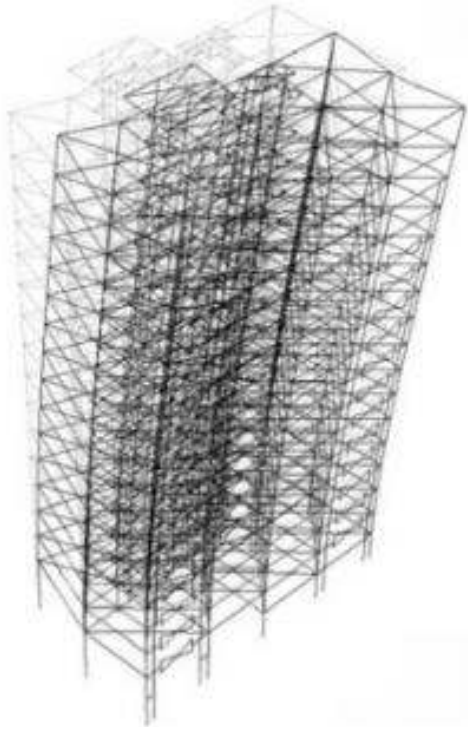
$$E = \frac{\sigma_{11}}{\epsilon_{11}}$$

PROBLEMA DINAMICO

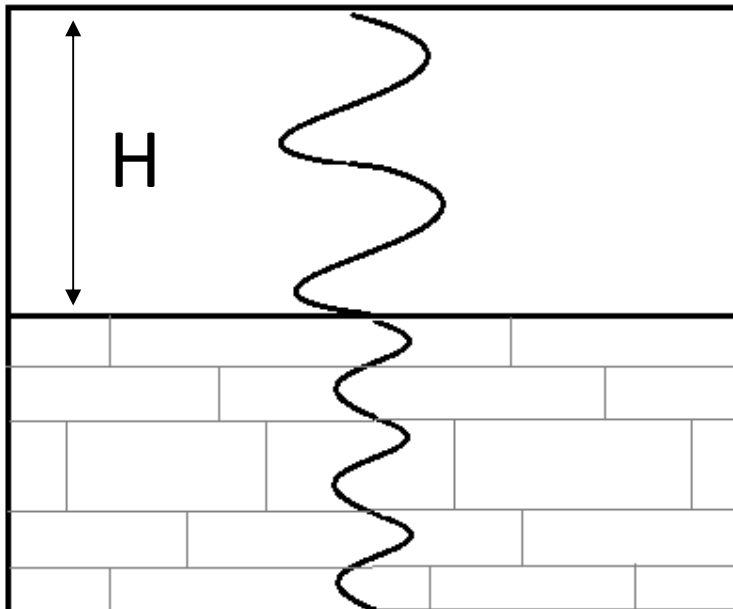




La scala nel problema dinamico è governata dal periodo proprio della struttura, non dallo spessore interessato dal 'cuneo di spinta' dei geotecnica memoria.



$$f_{\text{edificio}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_H}{M}}$$



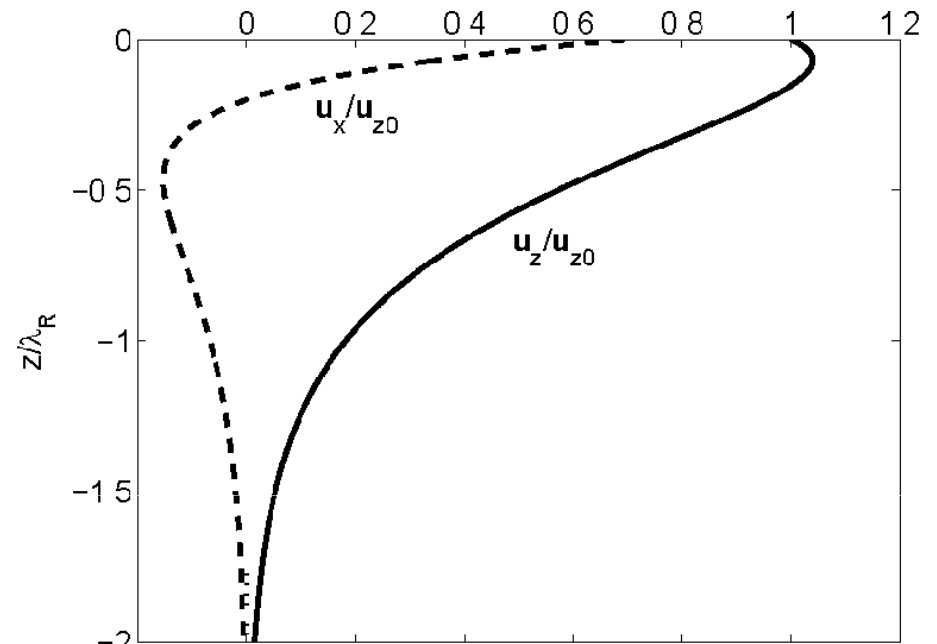
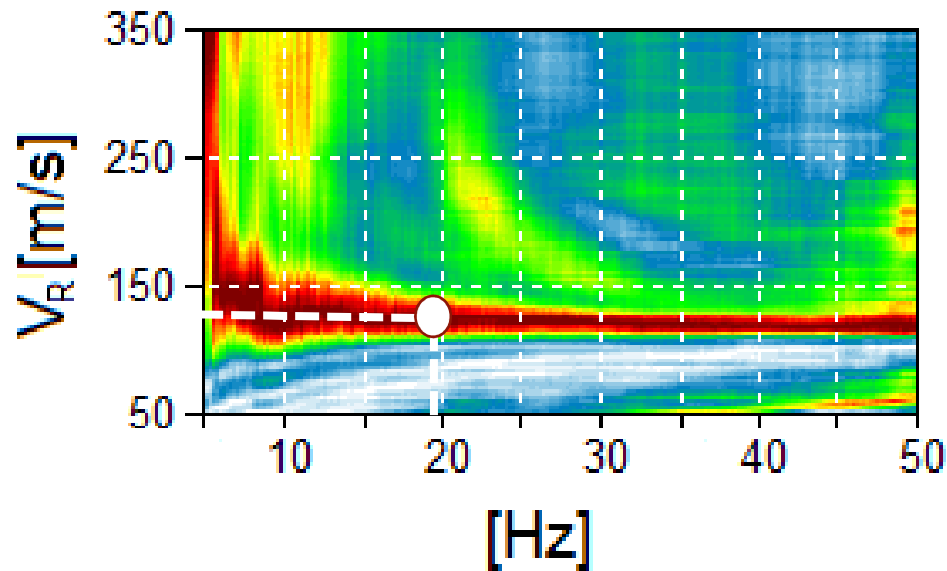
$$f_{\text{suolo}} = \frac{V_S}{4H}$$

$$f_{edificio} = \frac{10 \div 12}{N_{piani}}$$

$$5 \text{ piani} \quad \rightarrow \quad f_{edificio} \sim 2 \text{ Hz}$$

Sulla stessa sabbia di prima ($V_s \sim 200 \text{ m/s}$), 2 Hz significa $\lambda = \frac{V_R}{f} = \frac{200}{2} = 100 \text{ m}$ (e l'onda di Rayleigh corrispondente starebbe muovendo il terreno fino a 200 m di profondità).

PROBLEMA DINAMICO



$$\lambda = \frac{V}{f} \quad e \quad z \sim \frac{\lambda}{2}$$

- Un'onda di Rayleigh in un terreno con $V_R = 200 \text{ m/s}$ e frequenza 10 Hz ha una lunghezza d'onda $\lambda = \frac{V_R}{f} = 20 \text{ m}$ e sta muovendo il terreno fino a 40 m di profondità



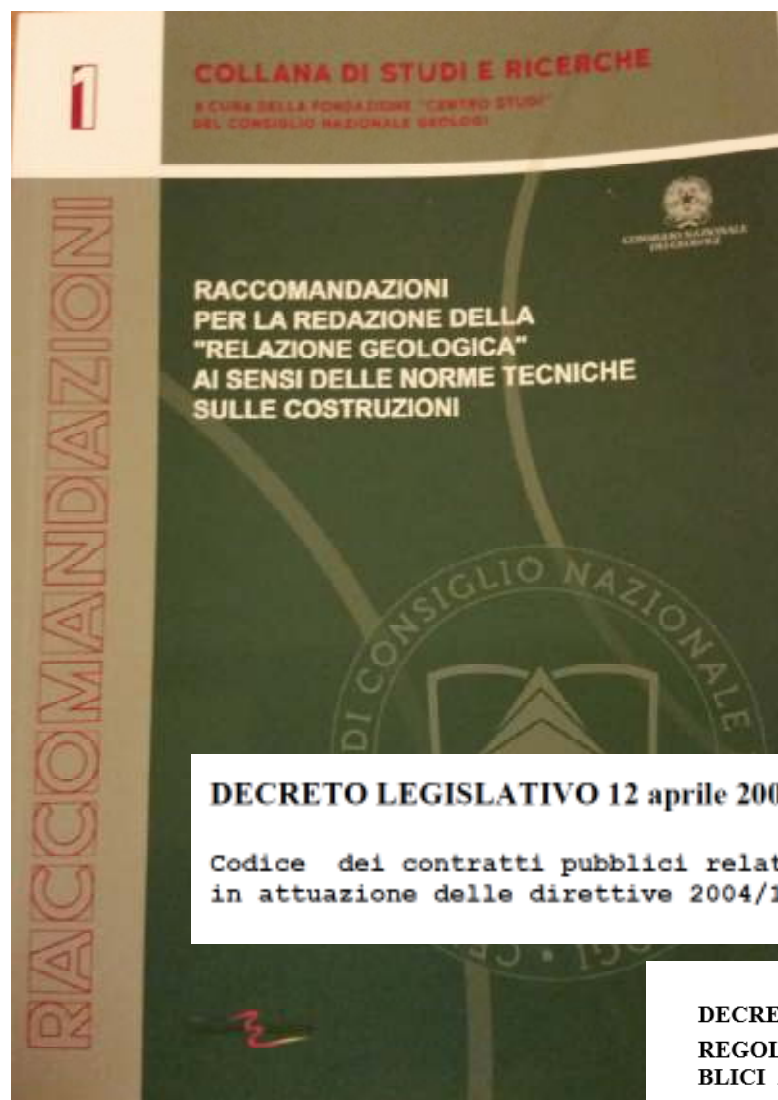
2015

BOZZA

Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”

Le misure della velocità di propagazione delle onde sismiche (V_p e V_s) dovranno essere effettuate tramite misure dirette tipo **down-hole** o **cross-hole** o tramite misure indirette tipo MASW; laddove le condizioni geologiche lo permettano potranno essere effettuate prove penetrometriche statiche con **cono sismico** o con **dilatometro sismico**.

Perché dopo tanti anni negli studi di Microzonazione Sismica (problema dinamico per antonomasia) si tenta ancora di imporre (è scritto «si dovranno») l'approccio e la scala tipica del problema statico?



DECRETA

Art. 1

E' approvato il testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed alla legge 27 luglio 2004, n. 186, di conversione del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, allegato al presente decreto, ad eccezione delle tabelle 4.4 III e 4.4 IV e del Capitoletto 11.7. Le presenti norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 settembre 2005.

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 21 DICEMBRE 1999 N. 554
REGOLAMENTO D'ATTUAZIONE DELLA LEGGE QUADRO IN MATERIA DI LAVORI PUBBLICI 11 FEBBRAIO 1994 N. 109, E SUCCESSIVE MODIFICAZIONI

Publicato sul S.O. n. 66/L alla G.U. n.98 del 28 aprile 2000

9.3.2 *Determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche della successione stratigrafica rappresentativa del modello sismo-stratigrafico compresa la determinazione delle curve di smorzamento*

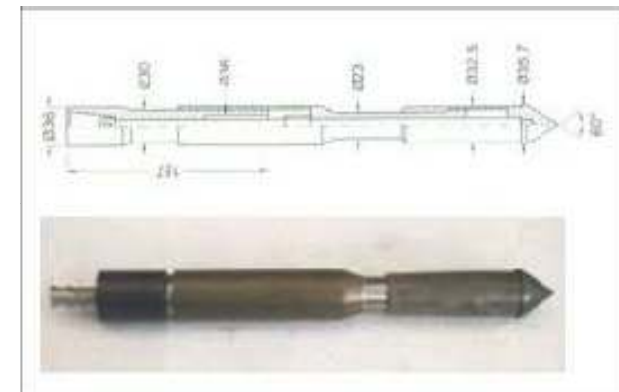
Le analisi di risposta sismica locale richiedono anche un'adeguata conoscenza delle proprietà meccaniche dei terreni in condizioni cicliche, da determinare mediante specifiche indagini in sito e prove di laboratorio funzione del tipo di opera e/o intervento e della procedura di analisi adottata. In particolare, è necessaria l'esecuzione di prove in sito per la determinazione dei profili di velocità di propagazione delle onde di taglio particolarmente prove Downhole o Crosshole ai fini della valutazione della rigidità a bassi livelli di deformazione, mentre le prove di laboratorio sono raccomandate per la valutazione della dipendenza della rigidità e dello smorzamento dal livello deformativo, e per la determinazione, in dipendenza del legame costitutivo adottato per i terreni, dei parametri di ingresso necessari alle analisi. Un approccio intermedio, utilizzabile per casi semplici, essenzialmente riconducibili alla Classe d'uso II delle NTC, può prevedere l'adozione di parametri di letteratura (Seed & Idriss etc.).

- PROVE IN SITO
- PROVE IN LABORATORIO



624 cm²

LA SUPERFICIE DI UN FOGLIO A4 È GROSSOMODO L'AREA CHE ESPLORA UNA PUNTA PENETROMETRICA SCENDENDO DI 1 M DI PROFONDITÀ



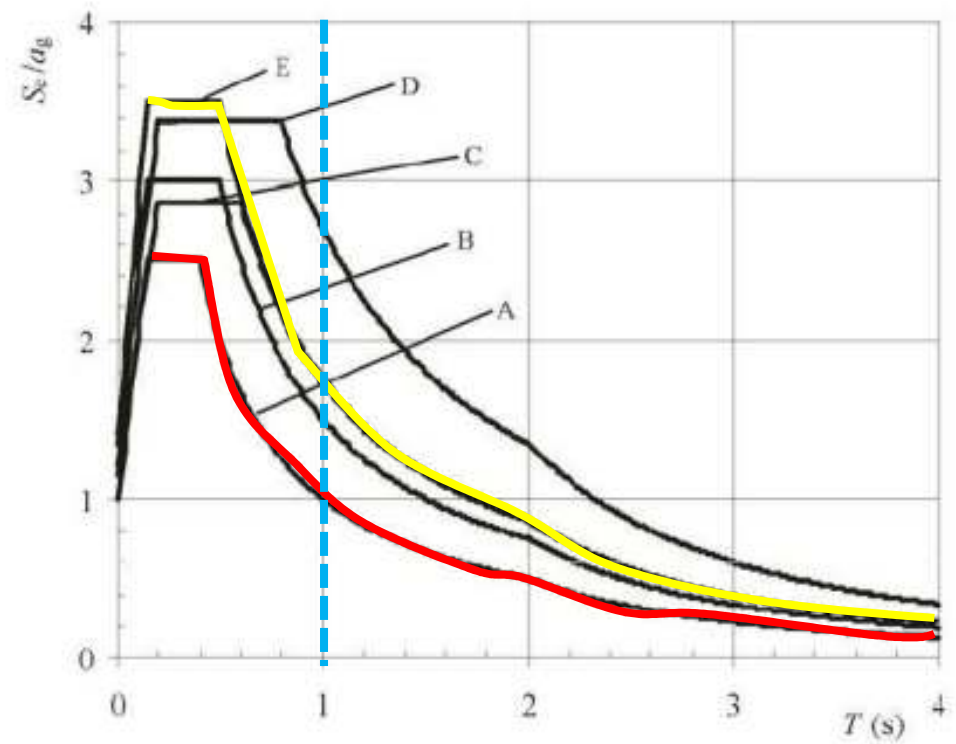


Le scale della geofisica sono completamente diverse da quelle del laboratorio e della geotecnica.

Le proprietà dei materiali sono anche molto diverse alle due scale.



Alineamento	Δx dal fisso [m]
sp mobile	350 m
p6	300 m
p5	250 m
p4	200 m
p3	150 m
p2	100 m
p1	50 m
sp fissa	0m

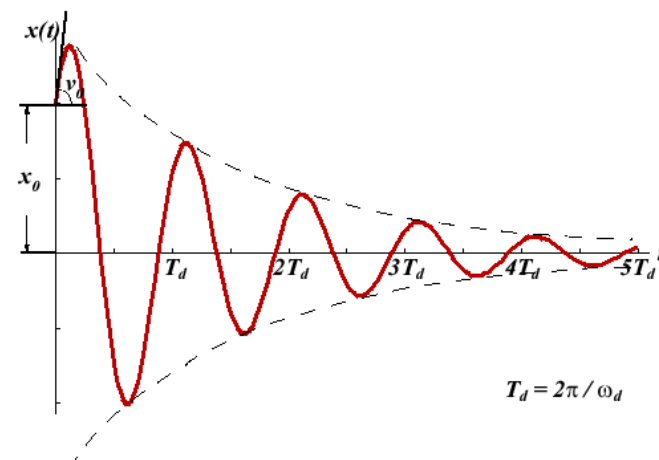




QUESTIONI DI SCALA



SMORZAMENTO



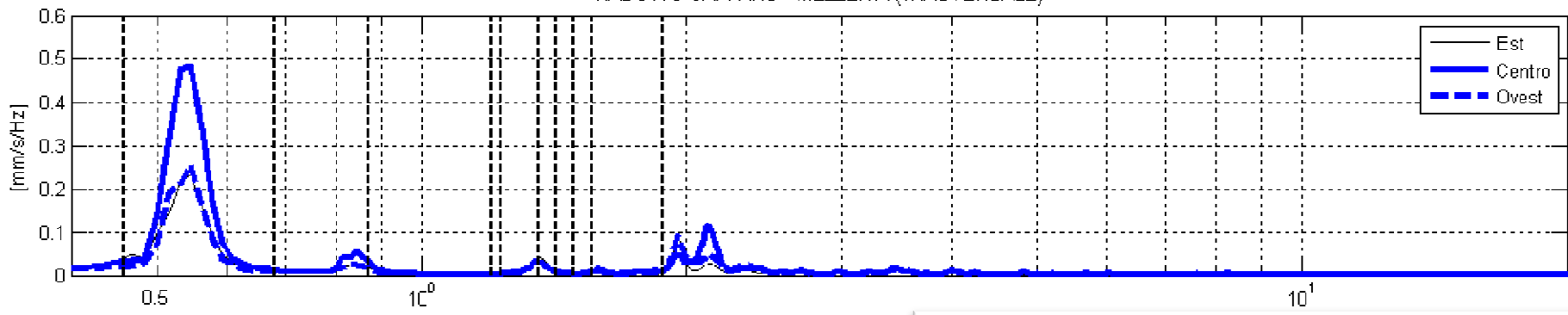
La misura e la modellazione dello smorzamento è uno dei problemi più complessi della dinamica dei suoli e delle strutture, anche a causa dell'assenza di un modello matematico universale per la schematizzazione delle forze dissipative.

Lo smorzamento dissipa energia e limita l'ampiezza delle vibrazioni forzate in un suolo o in una struttura (cosa desiderabile per le sollecitazioni da vento e terremoti).

Lo smorzamento si definisce come la percentuale dell'energia totale di vibrazione persa in un ciclo.

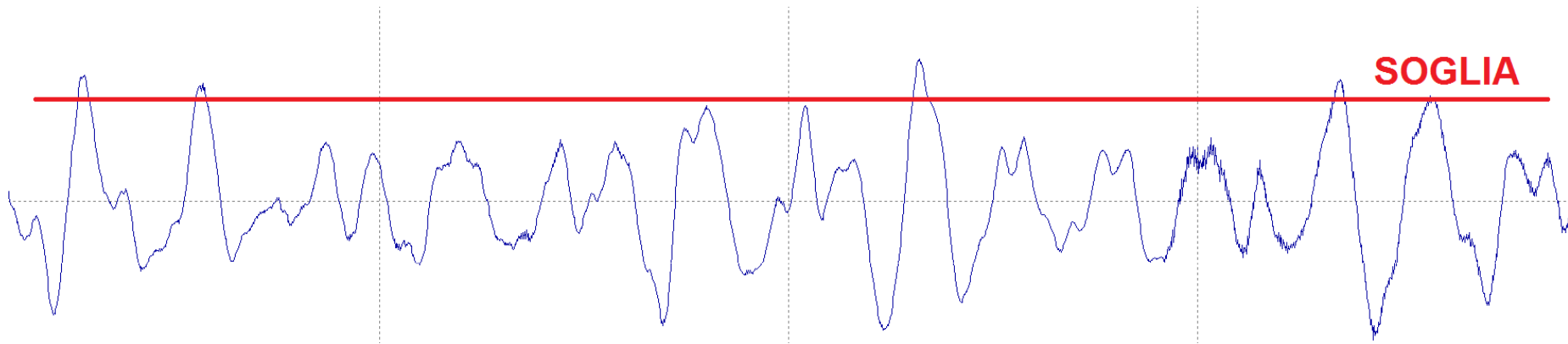


VIADOTTO CAFFARO - MEZZERA (TRASVERSALE)

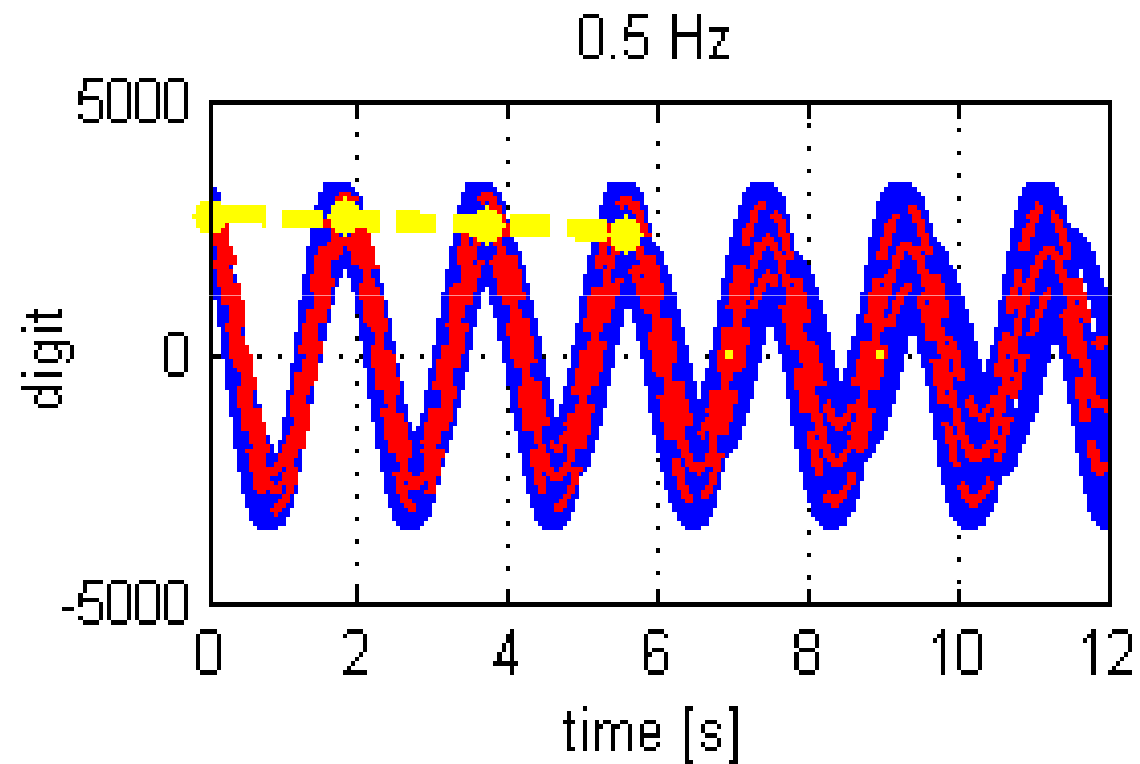


frequenza [Hz]
accelerazione [mm/s/Hz]



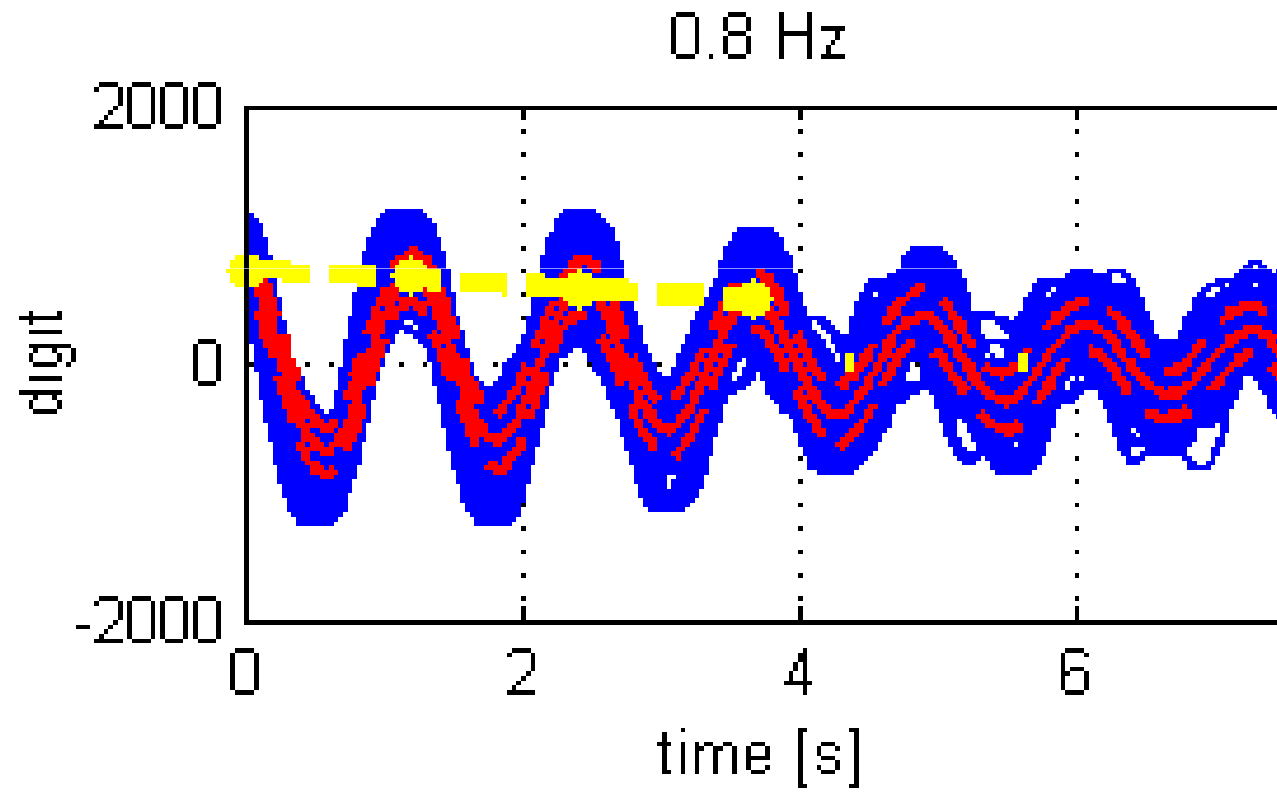


SMORZAMENTO DELLA STRUTTURA

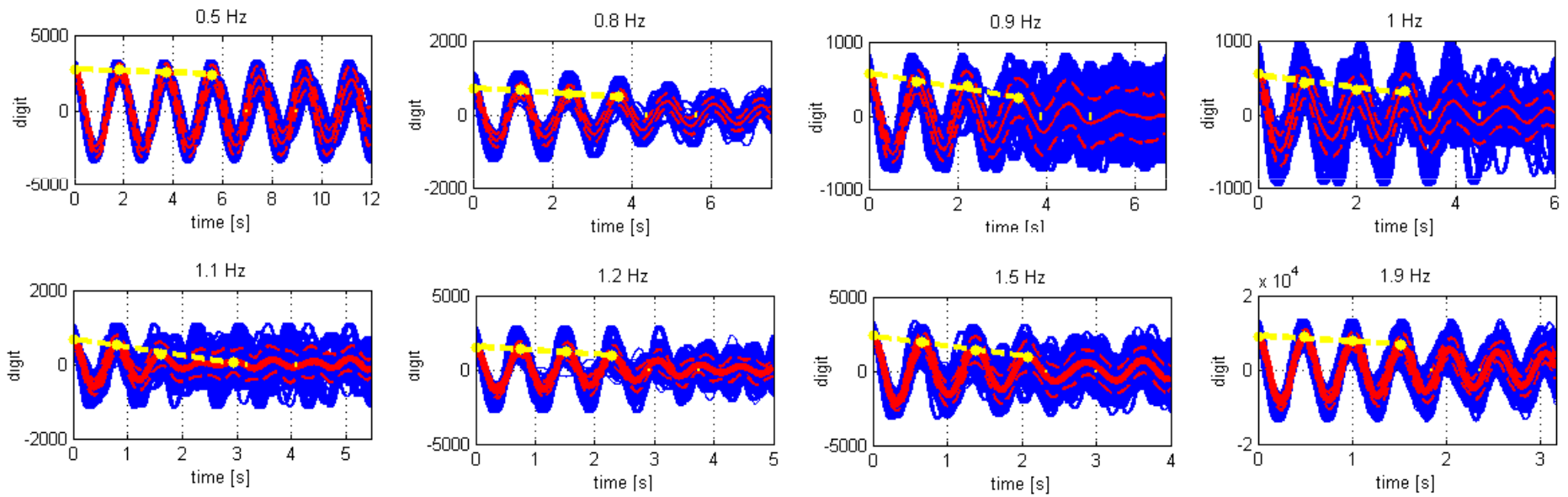


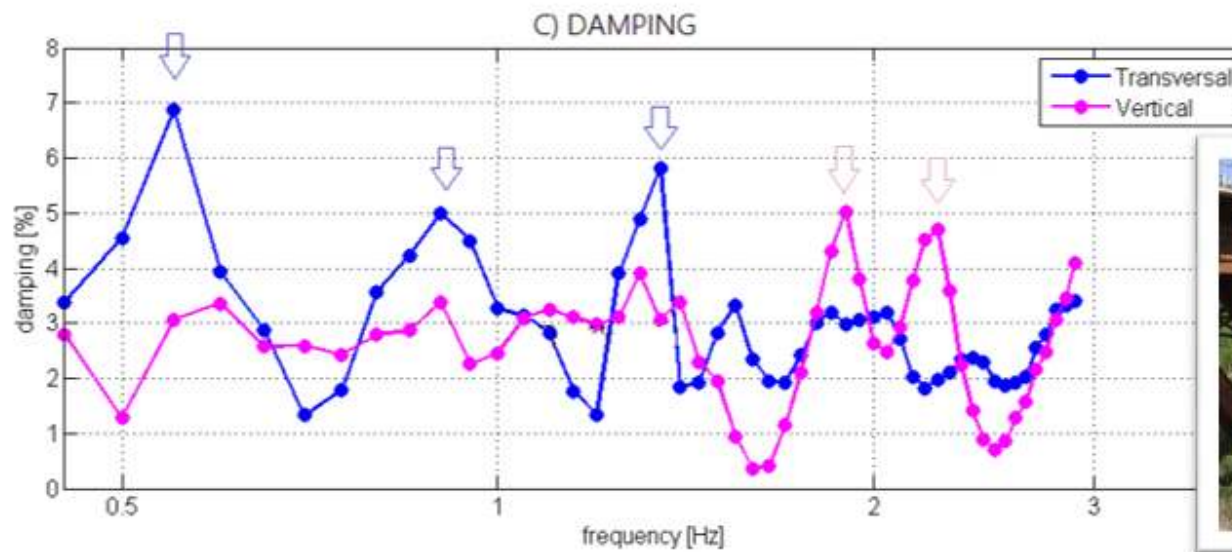
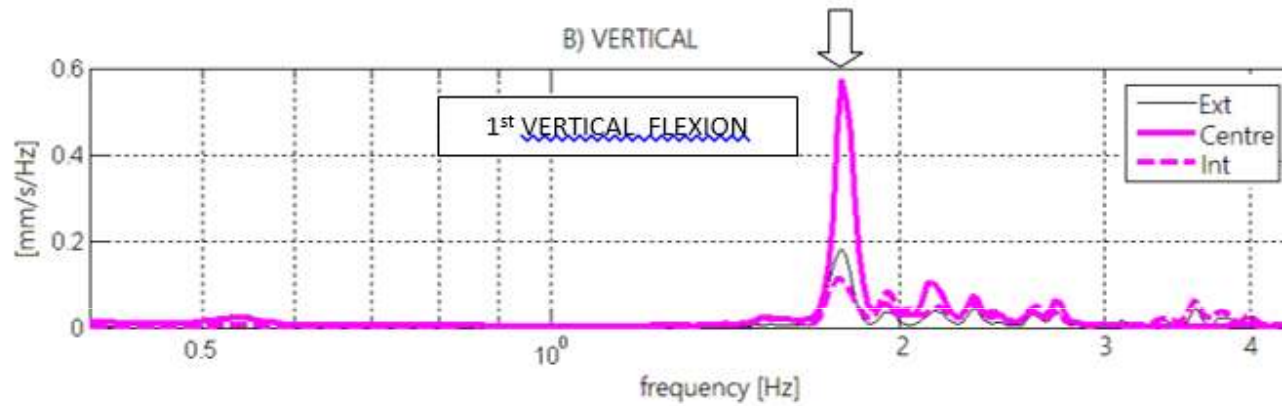
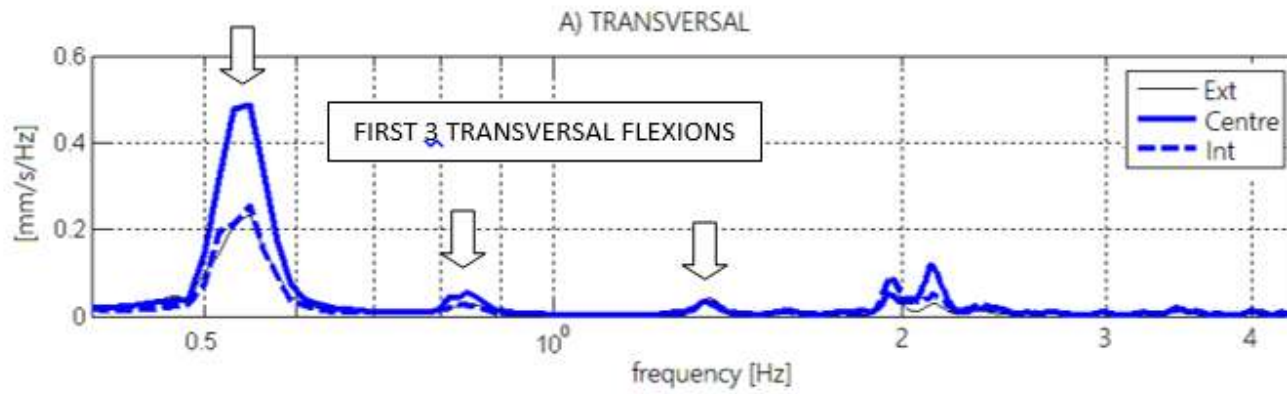


SMORZAMENTO DELLA STRUTTURA



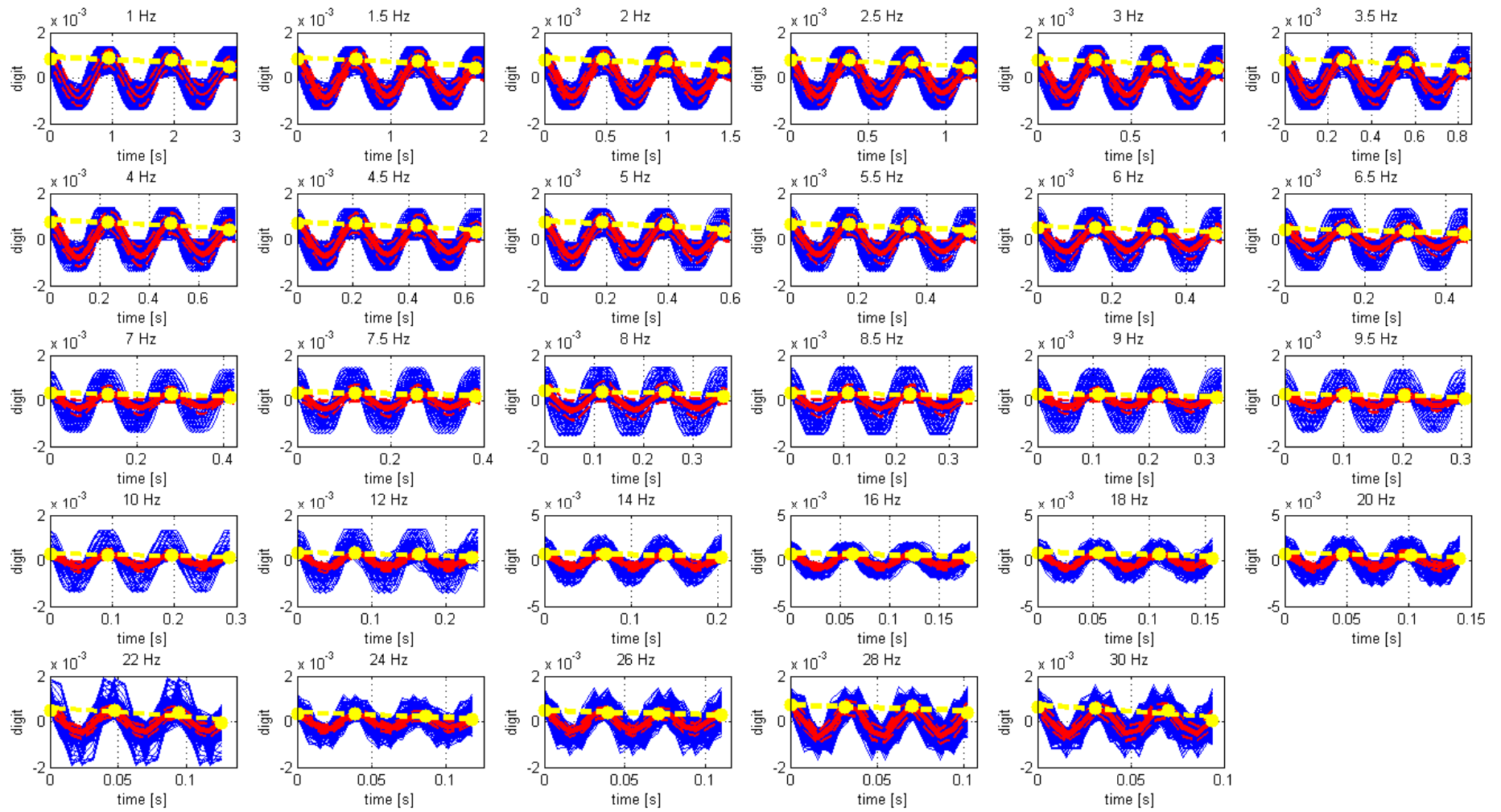
SMORZAMENTO DELLA STRUTTURA





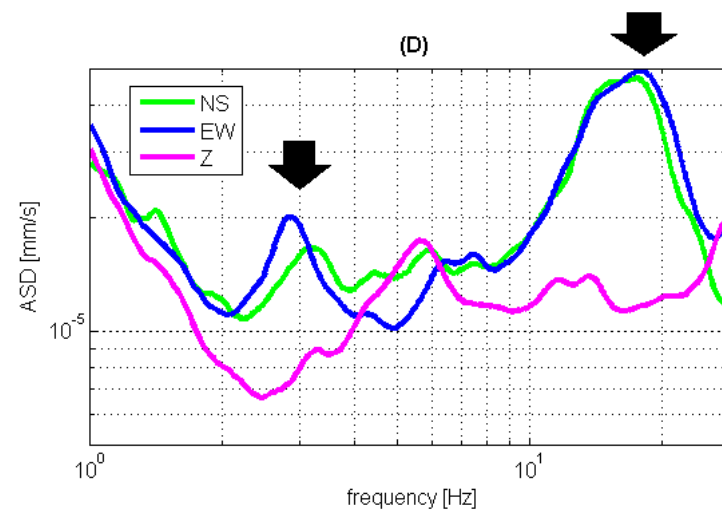
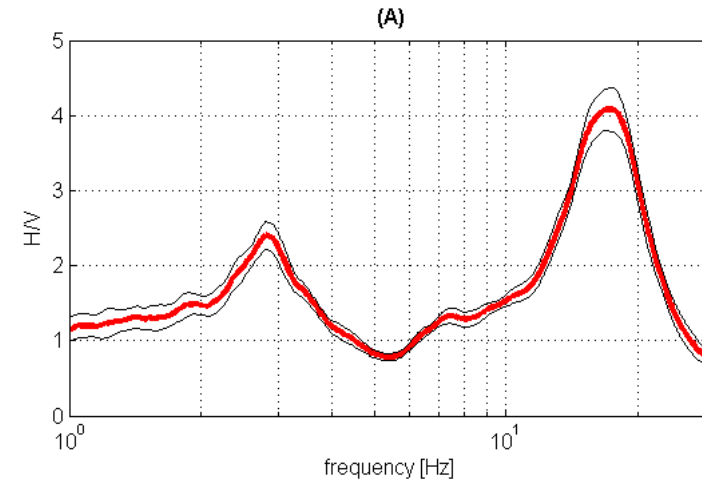


- Si può fare lo stesso per i sottosuoli?



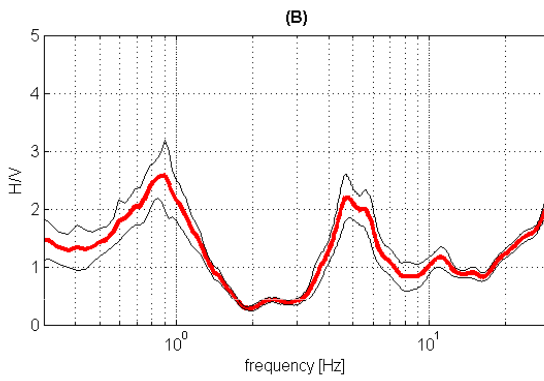
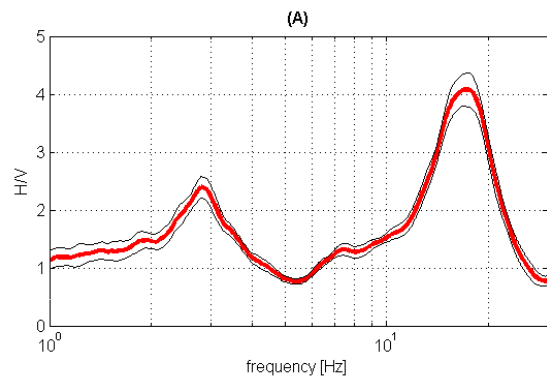
LOVE - SH YES
RAYLEIGH YES

- Per il caso passivo: che onde ci sono nel microtremore?

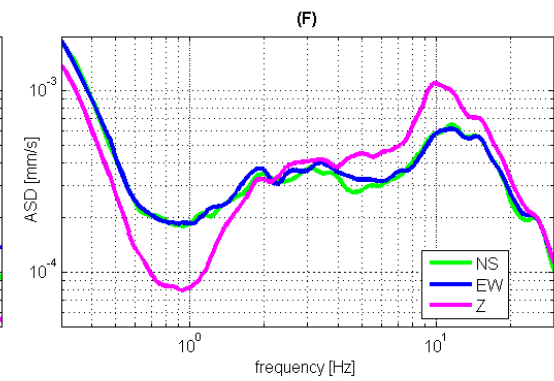
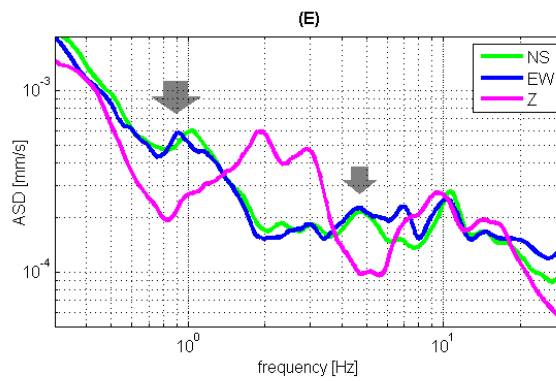
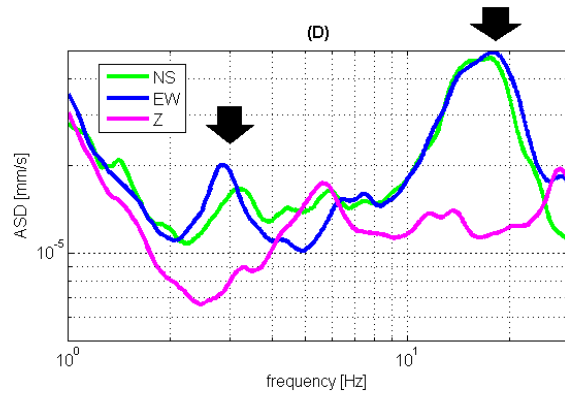
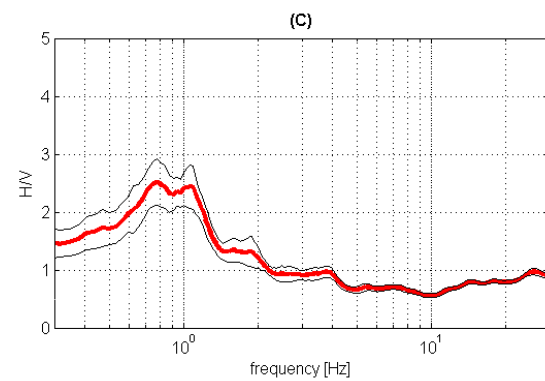


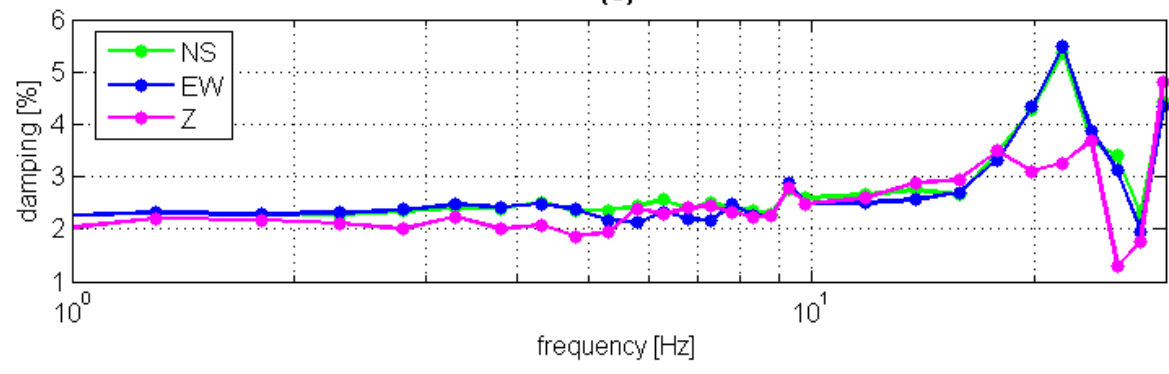
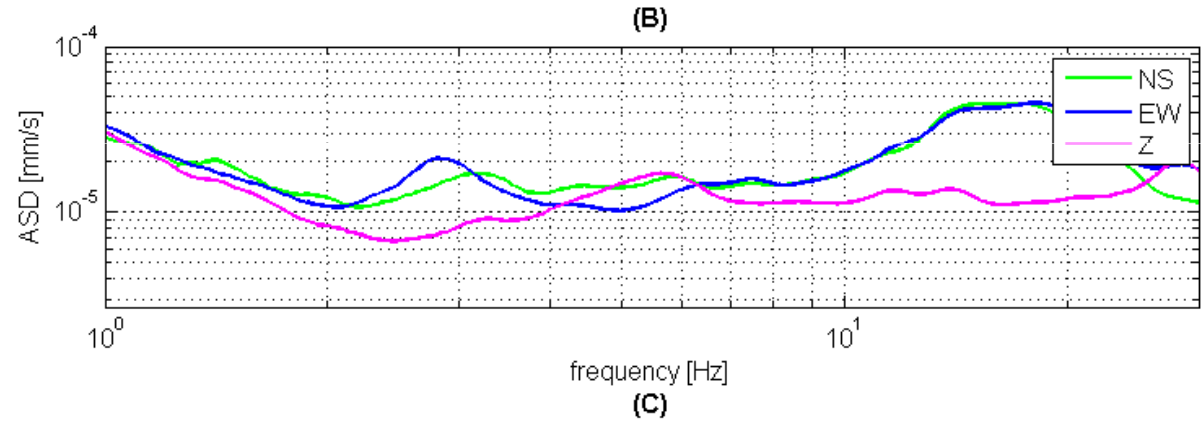
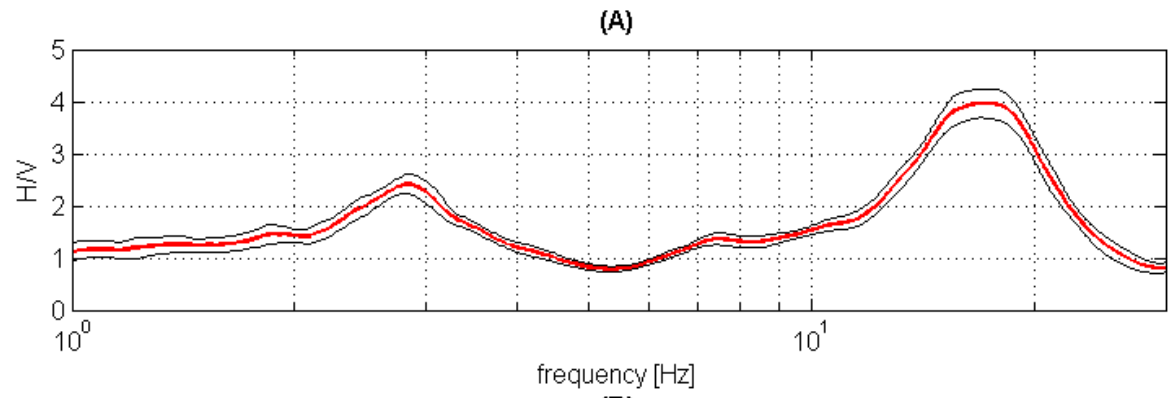


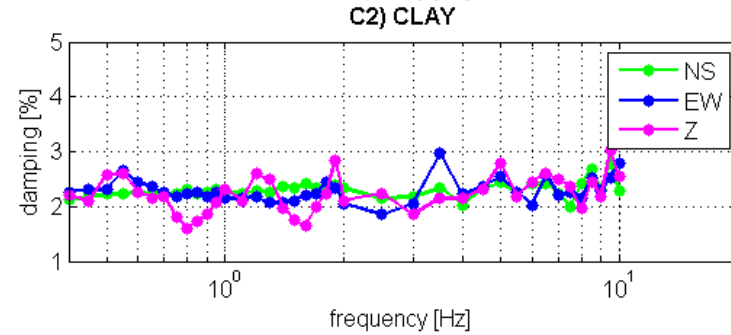
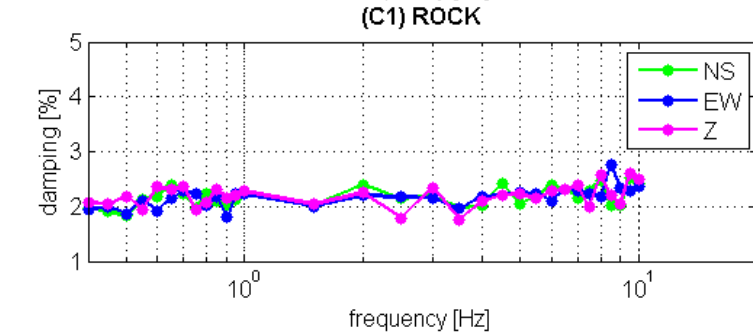
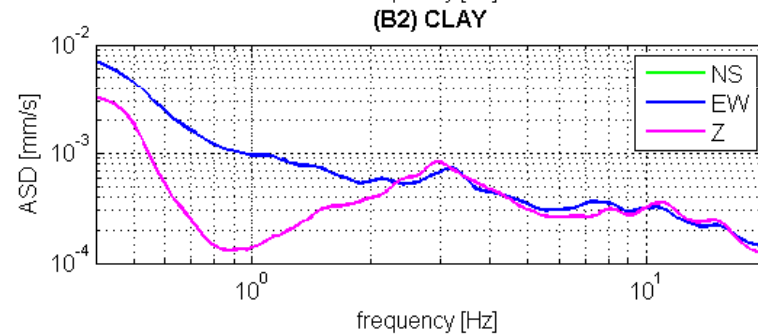
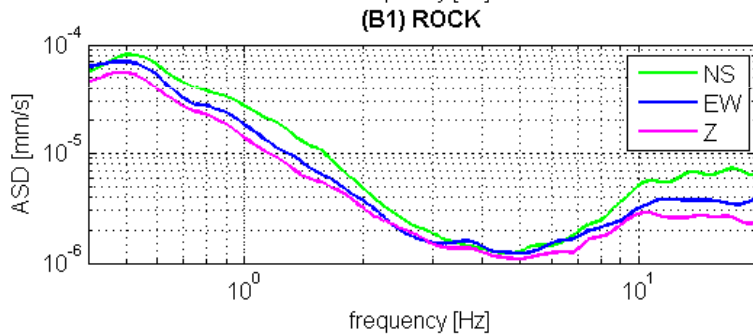
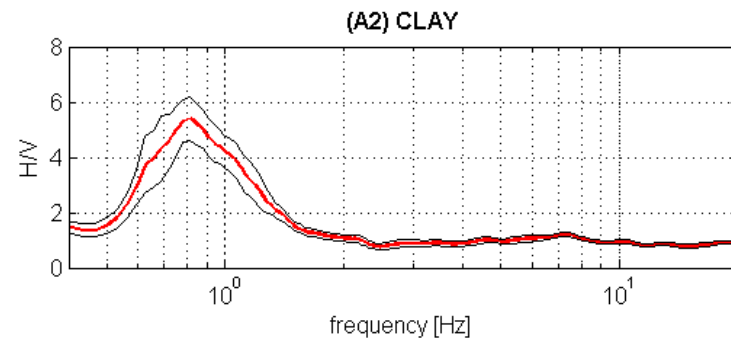
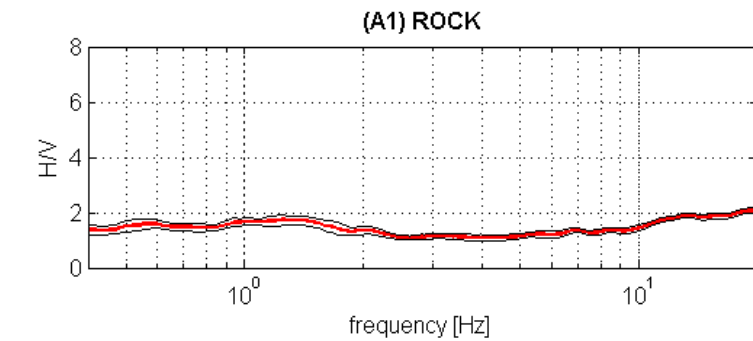
LOVE - SH YES
RAYLEIGH YES



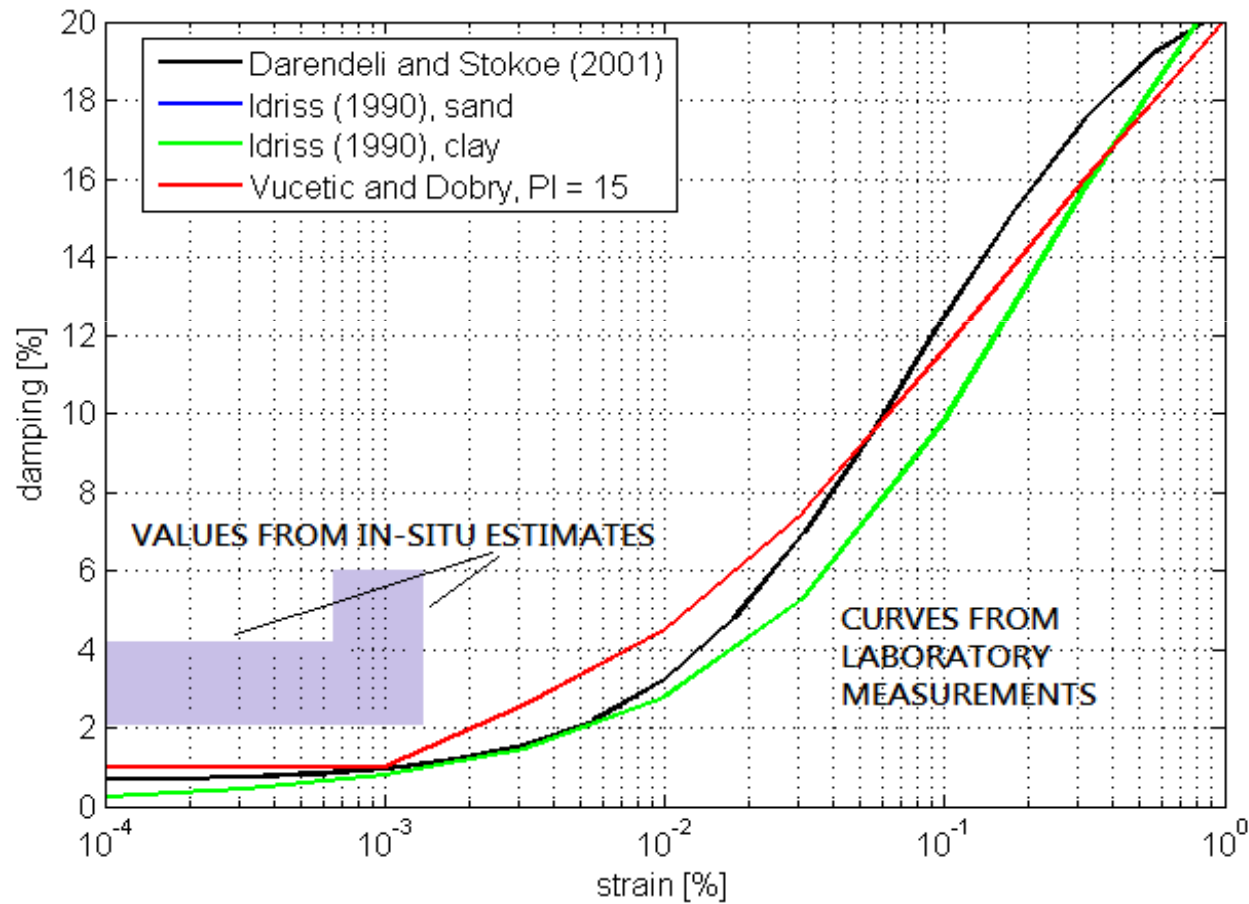
LOVE - SH NO
RAYLEIGH YES





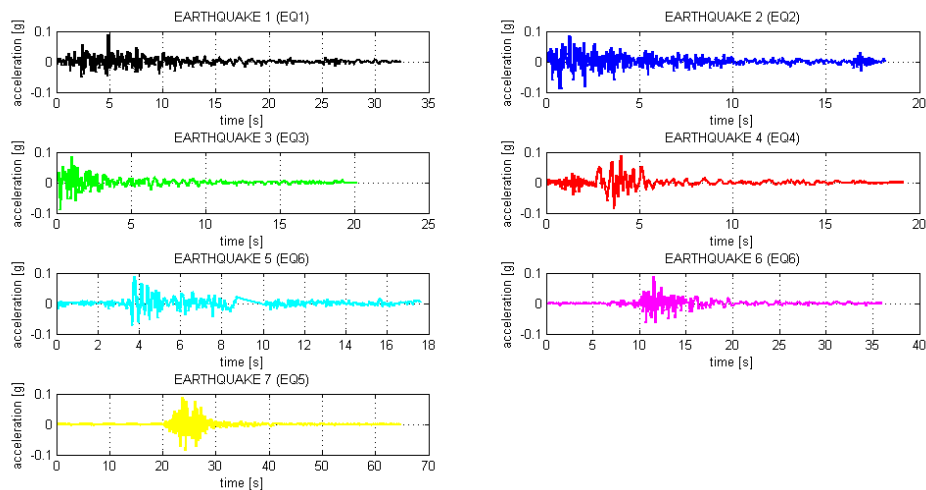


SMORZAMENTO DEL SUOLO

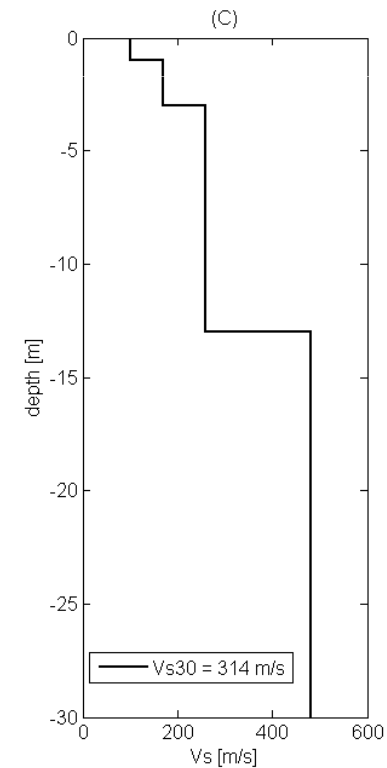


Che effetto ha questa differenza nelle modellazioni numeriche di RSL?

1) MOTO AL BEDROCK

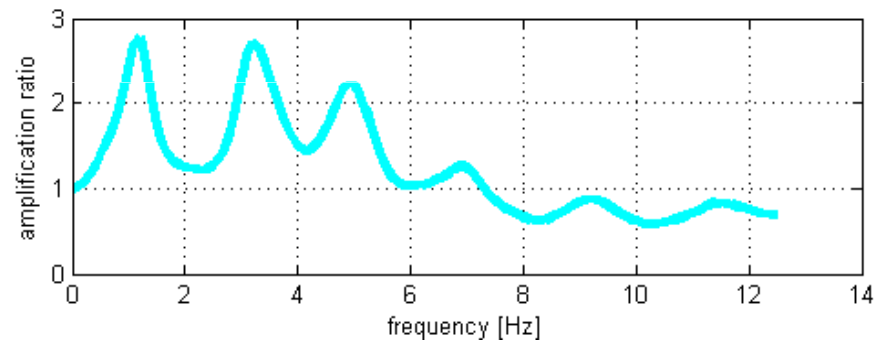


2) MODELLO DEL TERRENO

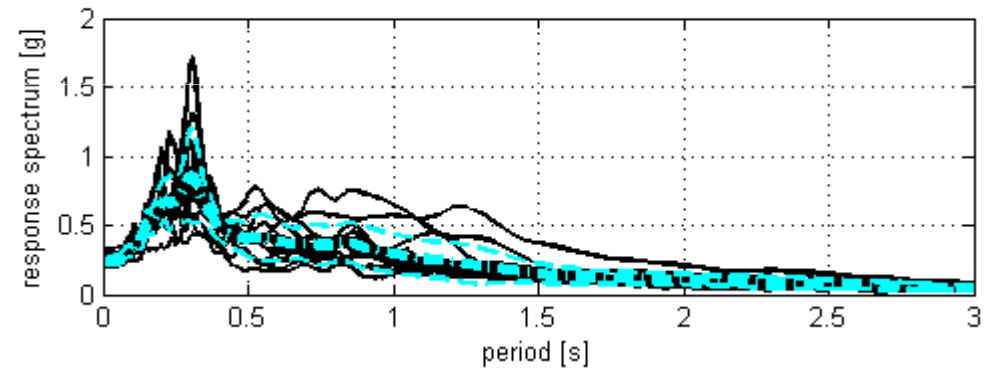


Output di una RSL:

1) FUNZ. TRASFERIMENTO
BEDROCK → SUPERFICIE

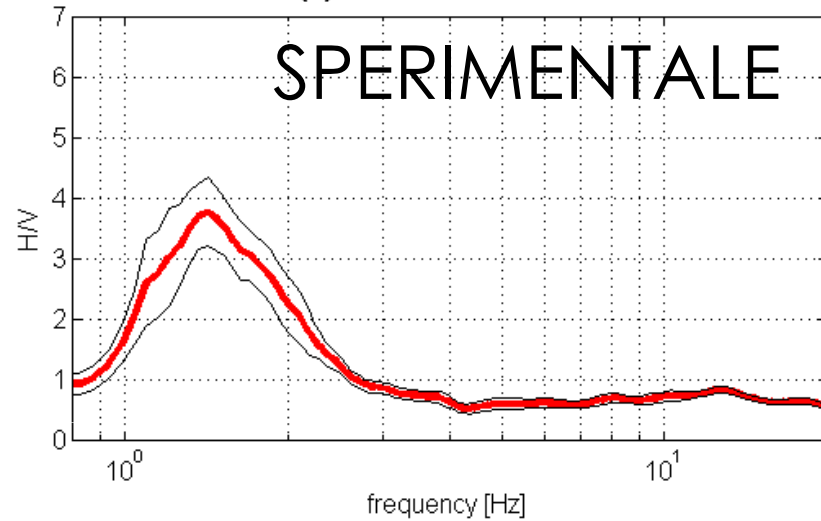


2) SPETTRO DI RISPOSTA

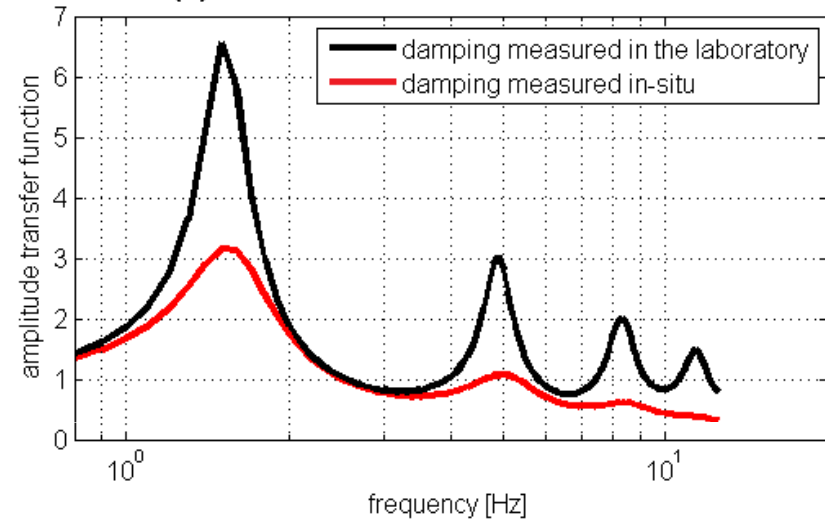


DA MODELLO

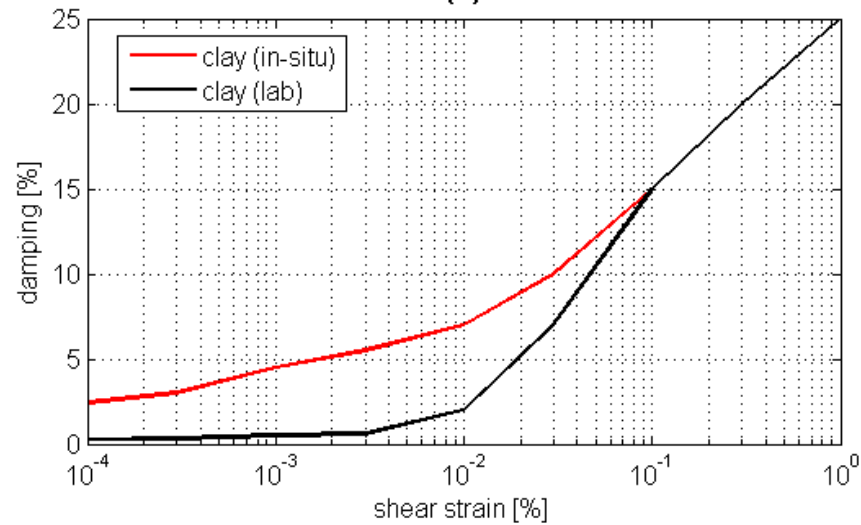
(A) EXPERIMENTAL HV



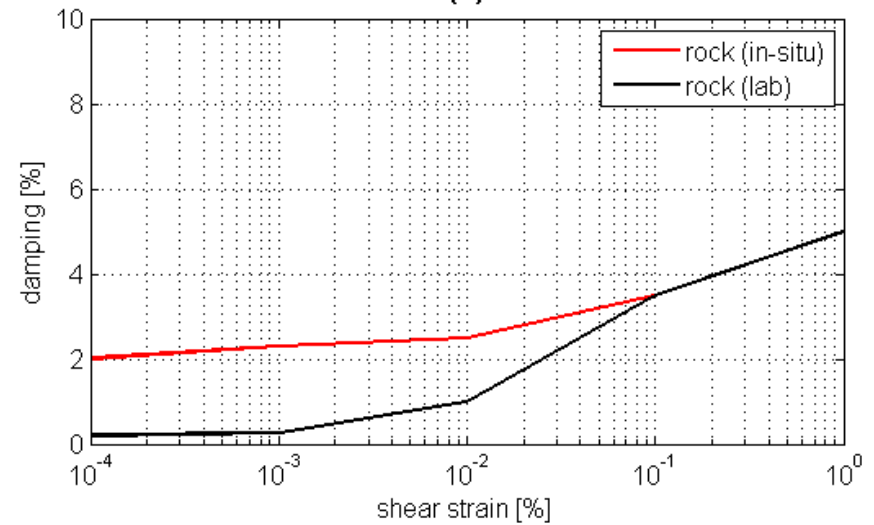
(B) NUMERICAL AMPLIFICATION FUNCTION



(C)



(D)





MESCOLAMENTO DI PARAMETRI
DI LABORATORIO E PARAMETRI
OTTENUTI **IN SITO**

9.3.2 *Determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche della successione stratigrafica rappresentativa del modello sismo-stratigrafico compresa la determinazione delle curve di smorzamento*

Le analisi di risposta sismica locale richiedono anche un'adeguata conoscenza delle proprietà meccaniche dei terreni in condizioni cicliche, da determinare mediante specifiche indagini in sito e prove di laboratorio funzione del tipo di opera e/o intervento e della procedura di analisi adottata. In particolare, è necessaria l'esecuzione di prove in sito per la determinazione dei profili di velocità di propagazione delle onde di taglio (particolarmente prove Downhole o Crosshole), ai fini della valutazione della rigidità a bassi livelli di deformazione, mentre le prove di laboratorio sono raccomandate per la valutazione della dipendenza della rigidità e dello smorzamento dal livello deformativo, e per la determinazione, in dipendenza del legame costitutivo adottato per i terreni, dei parametri di ingresso necessari alle analisi. Un approccio intermedio, utilizzabile per casi semplici, essenzialmente riconducibili alla Classe d'uso II delle NTC, può prevedere l'adozione di parametri di letteratura (Seed & Idriss etc.).

Quanto influisce in un modello il mescolare parametri misurati in sito con parametri misurati in laboratorio, su scale completamente differenti?



QUESTIONI DI RISOLUZIONE



LIQUEFAZIONE

Shear-Wave Velocity–Based Probabilistic and Deterministic Assessment of Seismic Soil Liquefaction Potential

R. Kayen, M.ASCE¹; R. E. S. Moss, M.ASCE²; E. M. Thompson, A.M.ASCE³; R. B. Seed, M.ASCE⁴; K. O. Cetin, M.ASCE⁵; A. Der Kiureghian, M.ASCE⁶; Y. Tanaka⁷; and K. Tokimatsu, M.ASCE⁸

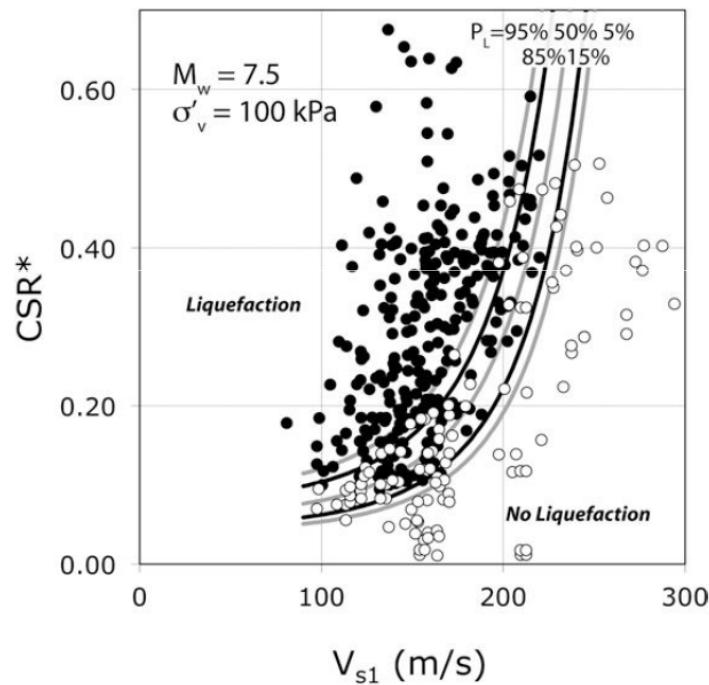


Fig. 4. Plot showing means of field case histories of liquefaction (solid circles) and nonliquefaction (open circles) and new probabilistic correlation curves; the recommended deterministic curve from this study is a factor of safety (FS) = 1.17 and corresponds with a $P_L = 15\%$; the $P_L = 50\%$ corresponds with a FS of = 1.0

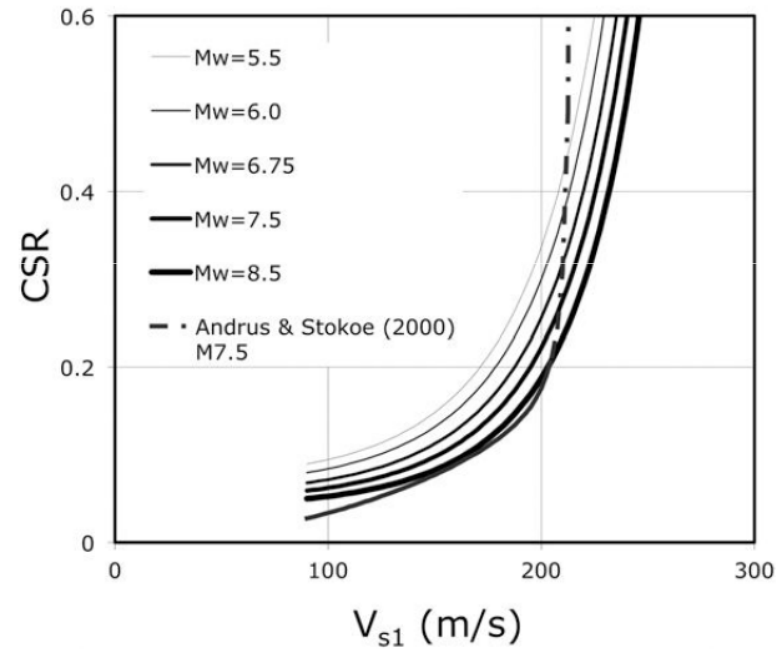
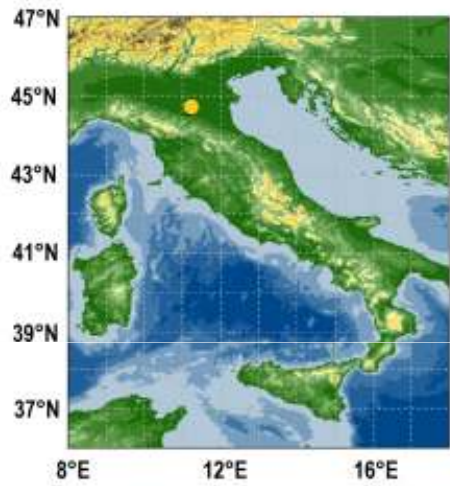
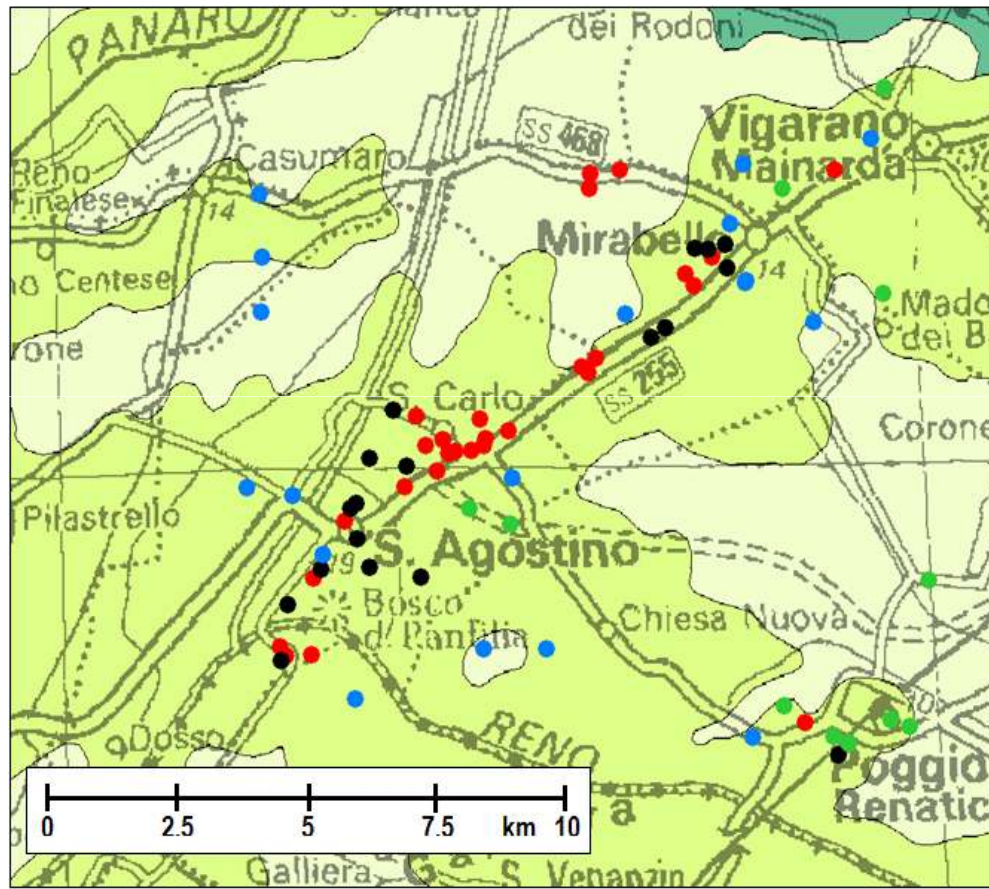
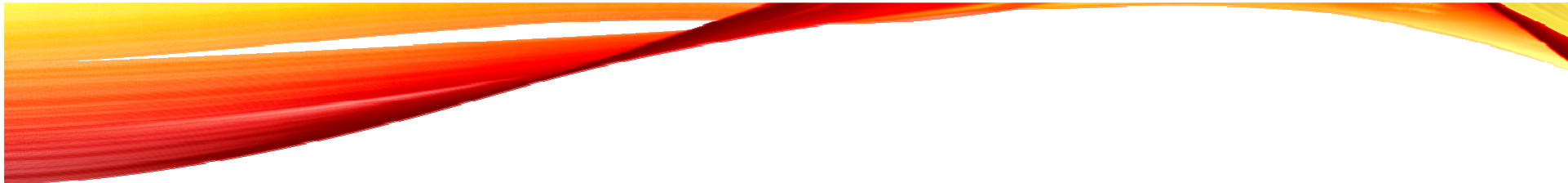


Fig. 6. Correlation curves for magnitudes 5.5–8.5 ($P_L = 15\%$; $\sigma'_{vo} = 100$ kPa)

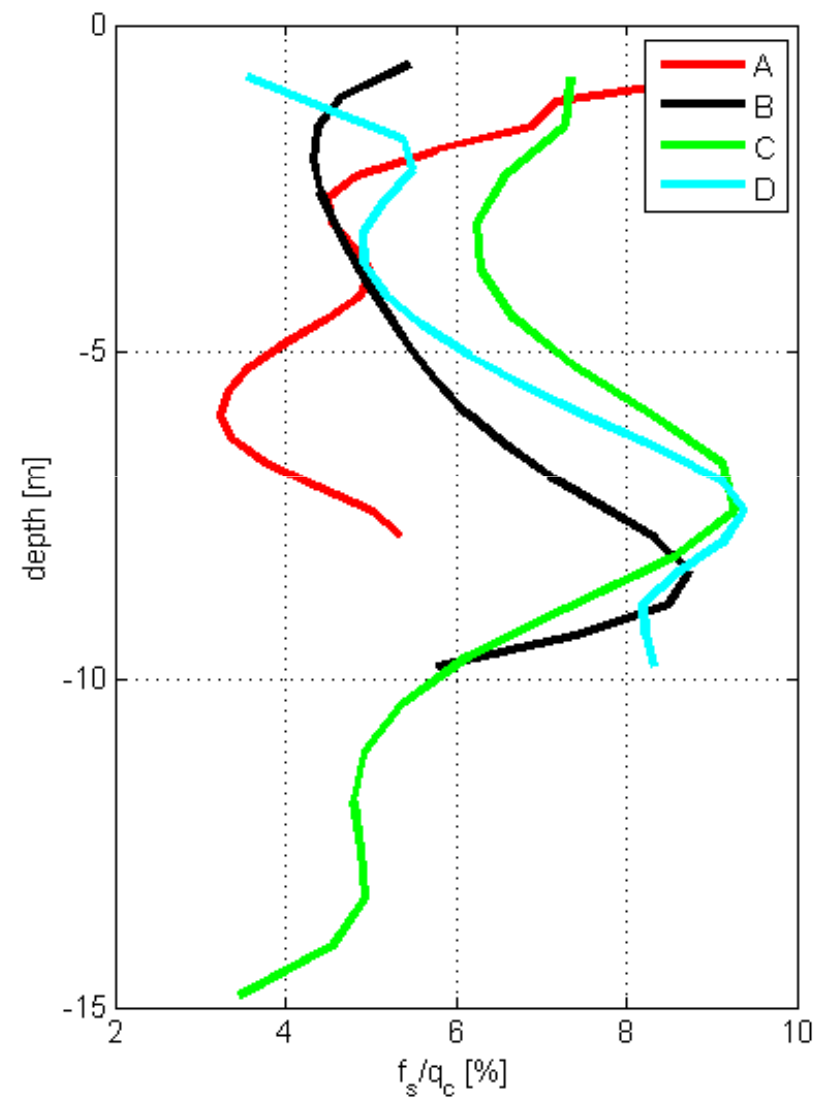


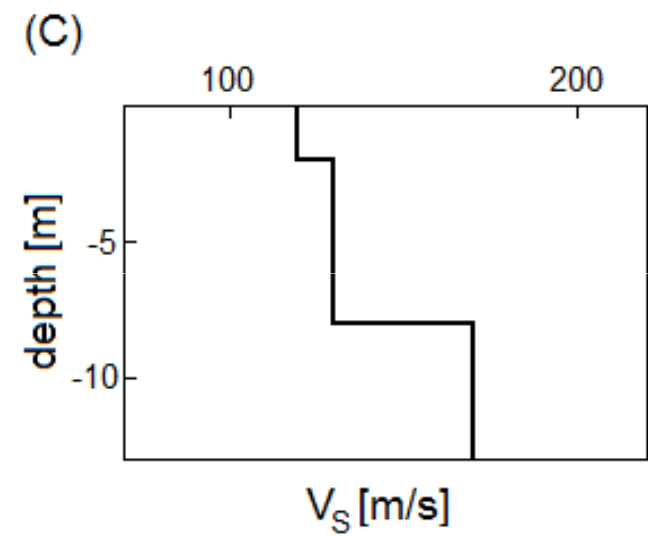
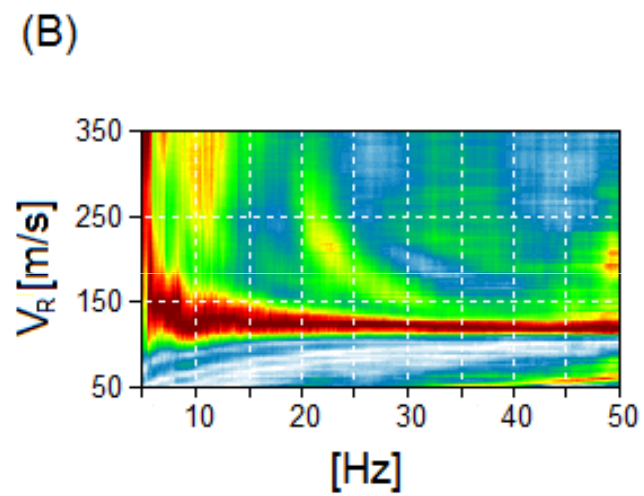
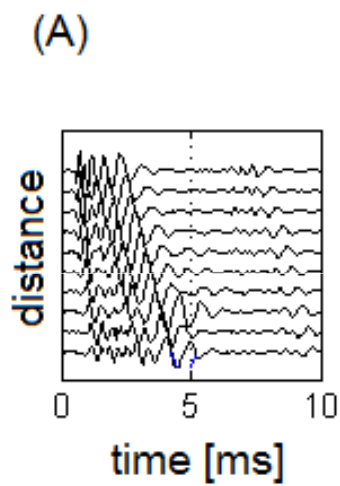


● A	A
● B	B
● C	C
● D	D
■	FLUVIAL CHANNEL, LEVEE, CREVASSE SPLAY
■	FLOOD PLAIN OF APENNINIC RIVERS
■	MEANDER BELT OF RIVER PO

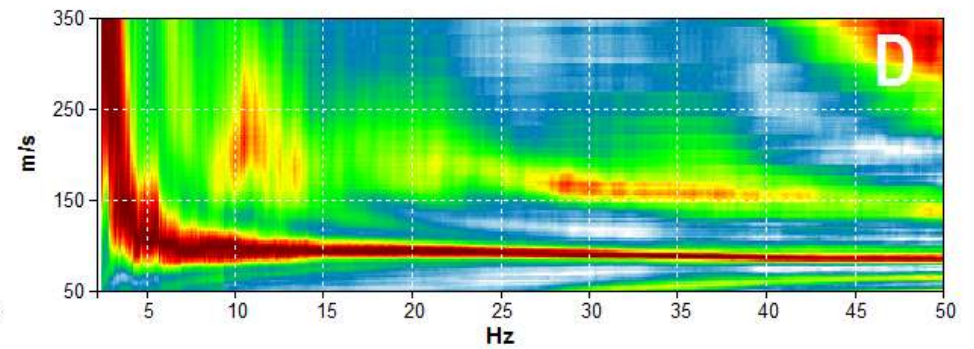
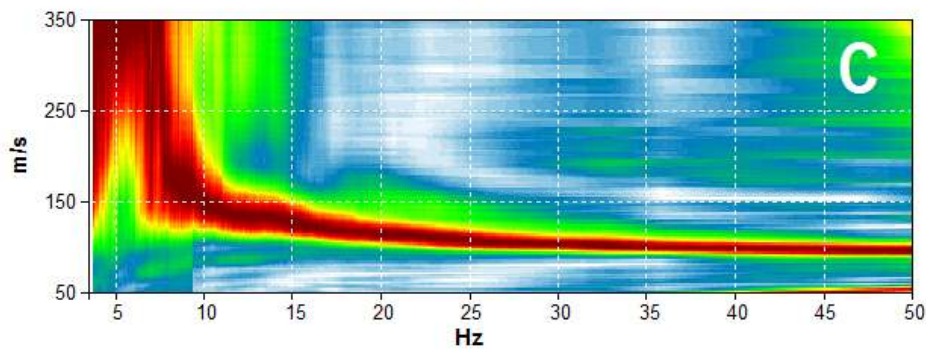
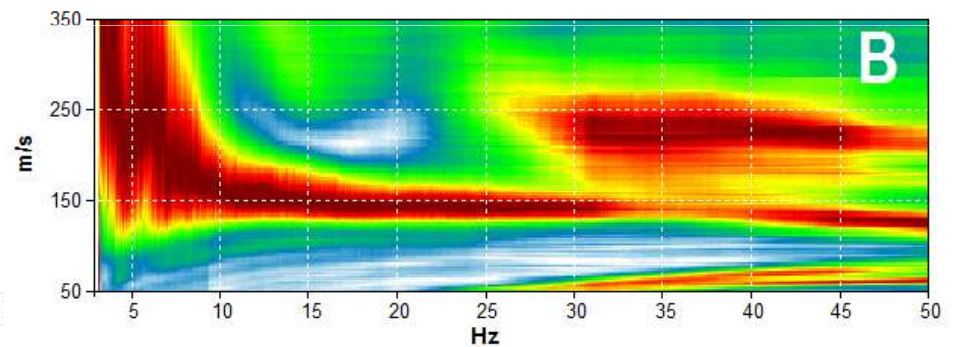
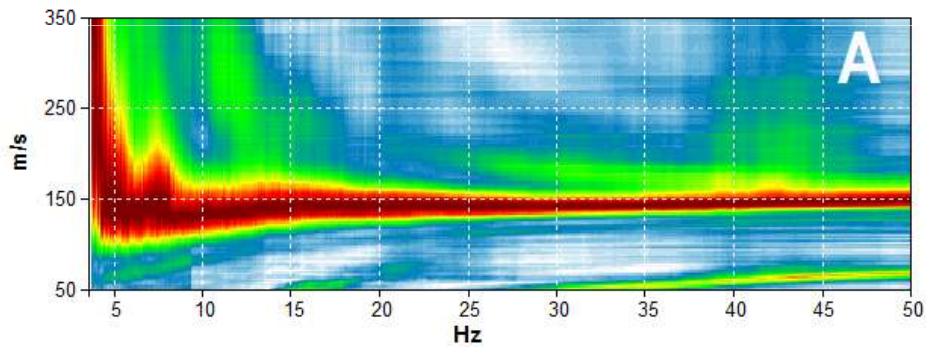


CLASSE	LIQUEFAZIONE OSSERVATA?	DESCRIZIONE [0, 15] m profondità	Numero di siti
A	SÌ	Sabbie (paleoalvei, ventagli di rotta)	28
B	NO	Sabbie (paleoalvei, ventagli di rotta)	25
C	NO	Argille e limi superficiali (< 8 m) Sabbie profonde (> 8 m)	13
D	NO	Argille e limi	18

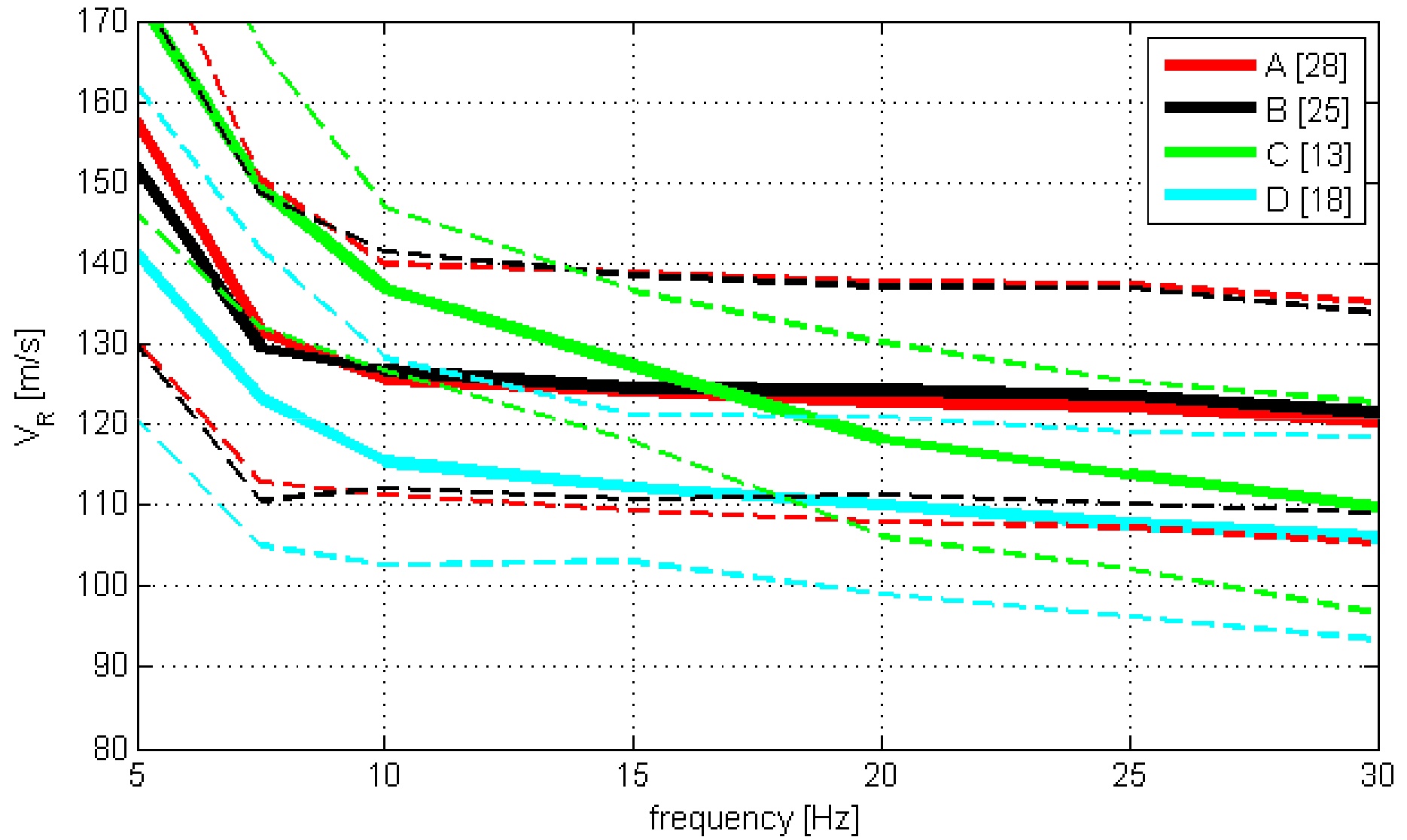




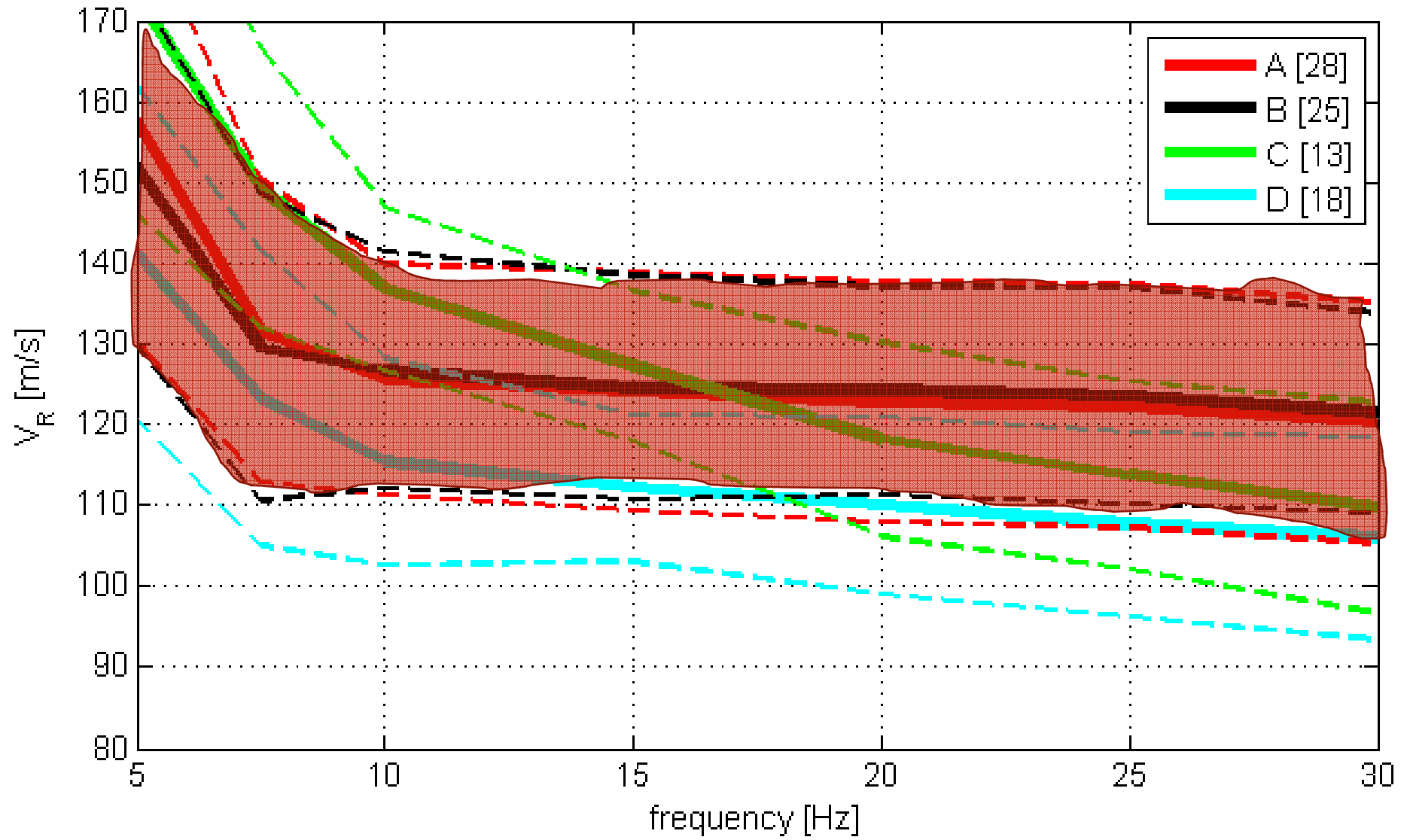
CLASSE	LIQUEFAZIONE OSSERVATA?	DESCRIZIONE [0, 15] m profondità	Numero di siti
A	SÌ	Sabbie (paleoalvei, ventagli di rotta)	28
B	NO	Sabbie (paleoalvei, ventagli di rotta)	25
C	NO	Argille e limi superficiali (< 8 m) Sabbie profonde (> 8 m)	13
D	NO	Argille e limi	18



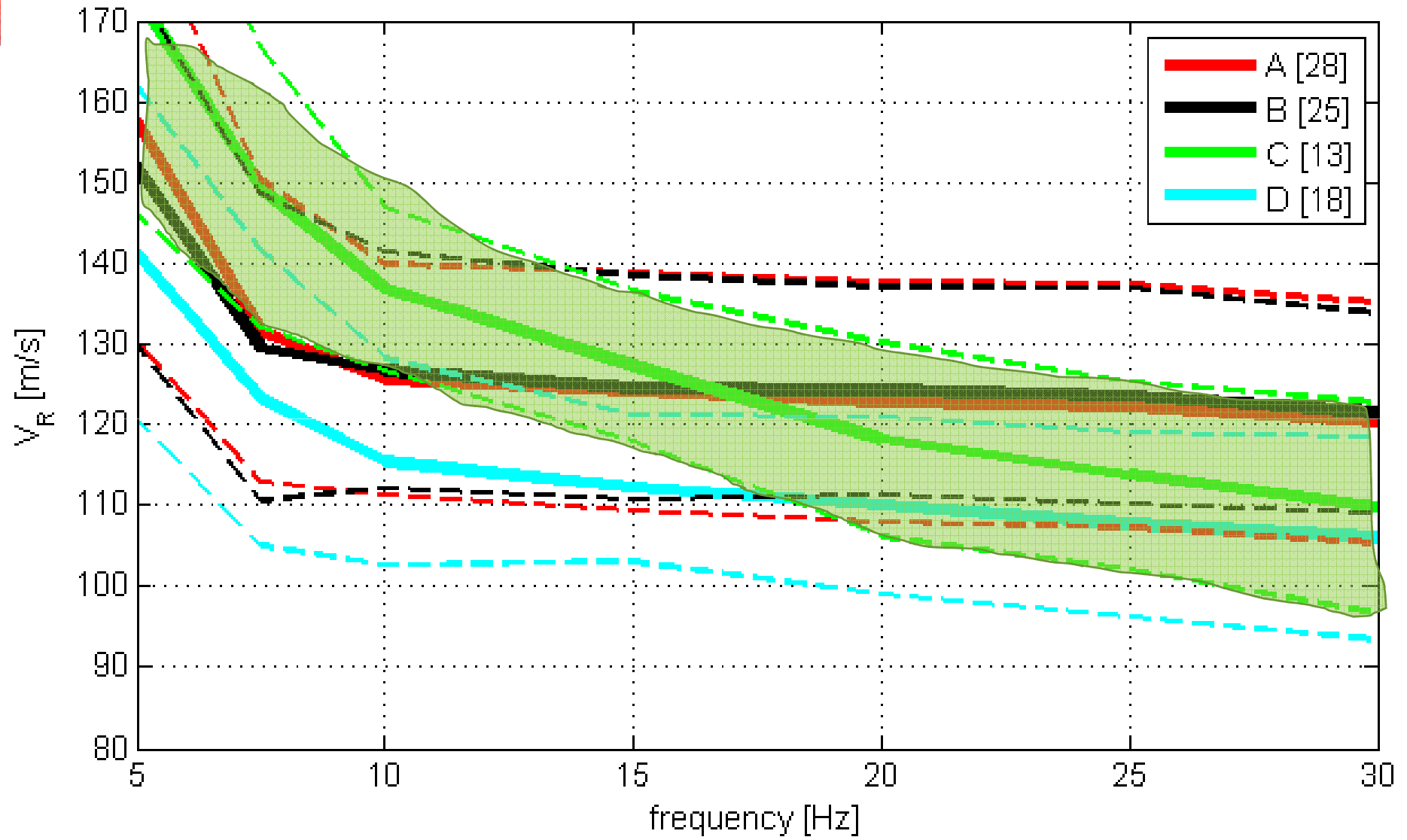
SUMMER-WINTER



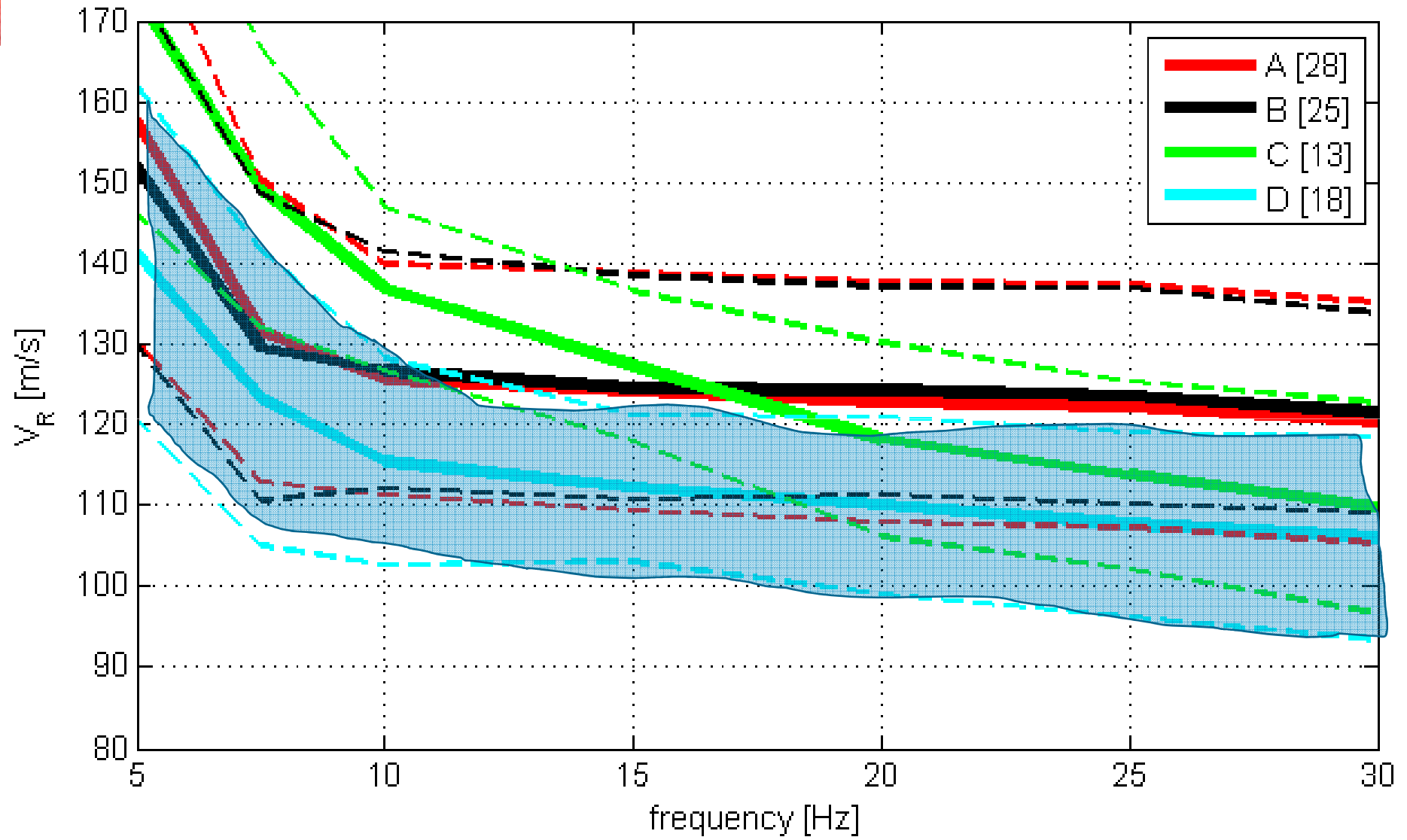
SUMMER-WINTER



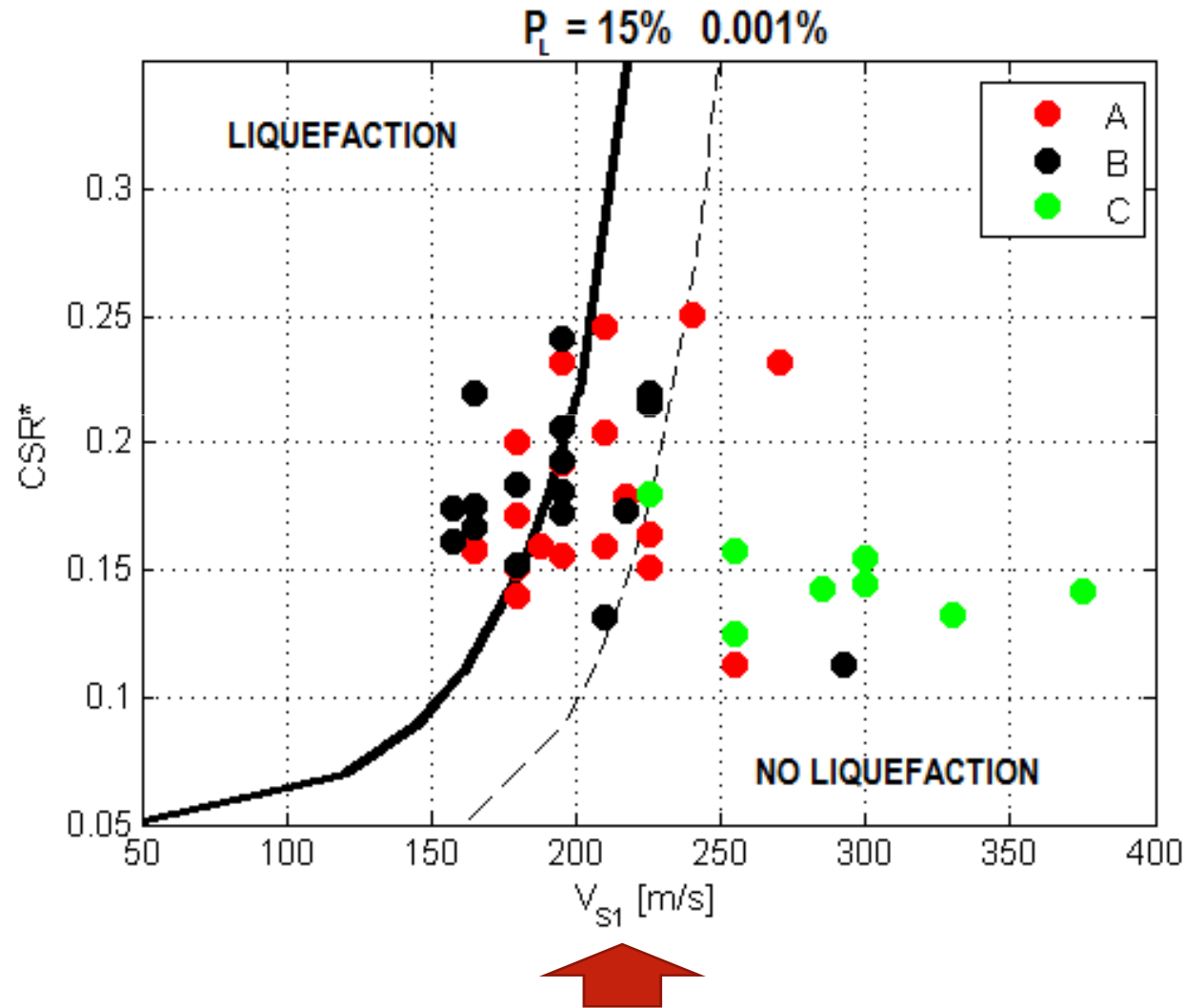
SUMMER-WINTER



SUMMER-WINTER

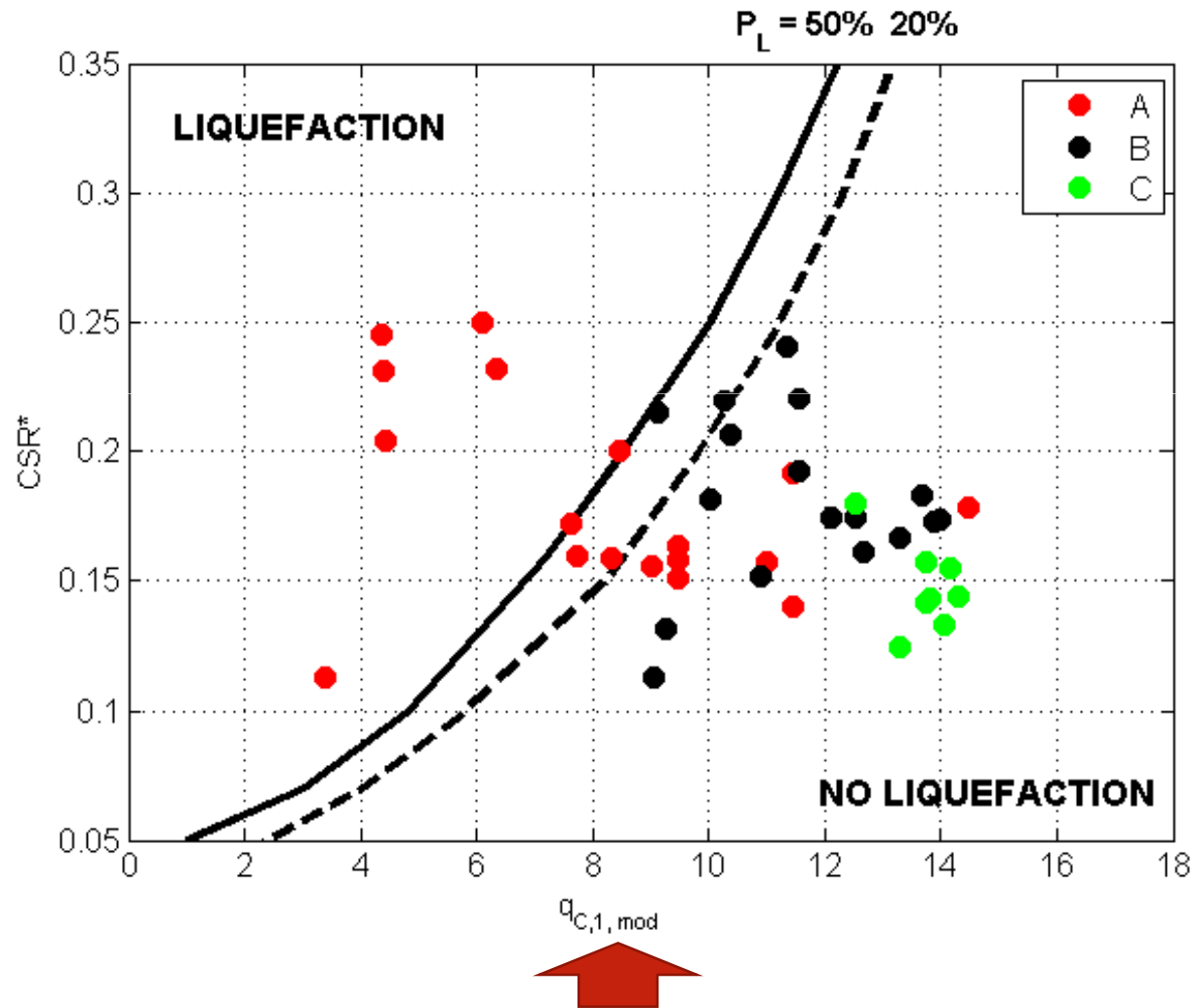


PER VIA GEOFISICA



Metodo Kayen *et al.*, J. Geotech. Geoenviron. Eng., 2013

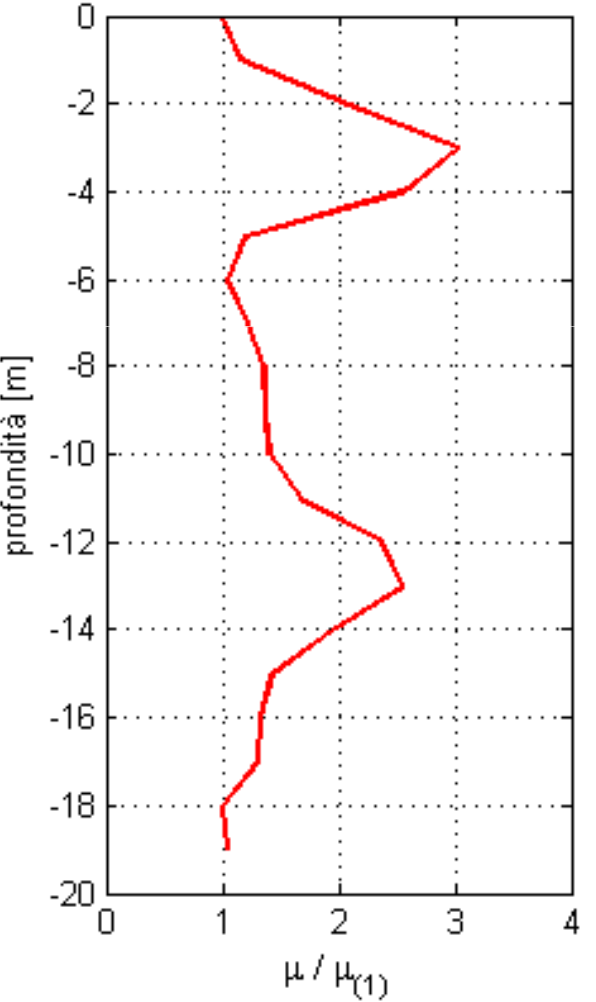
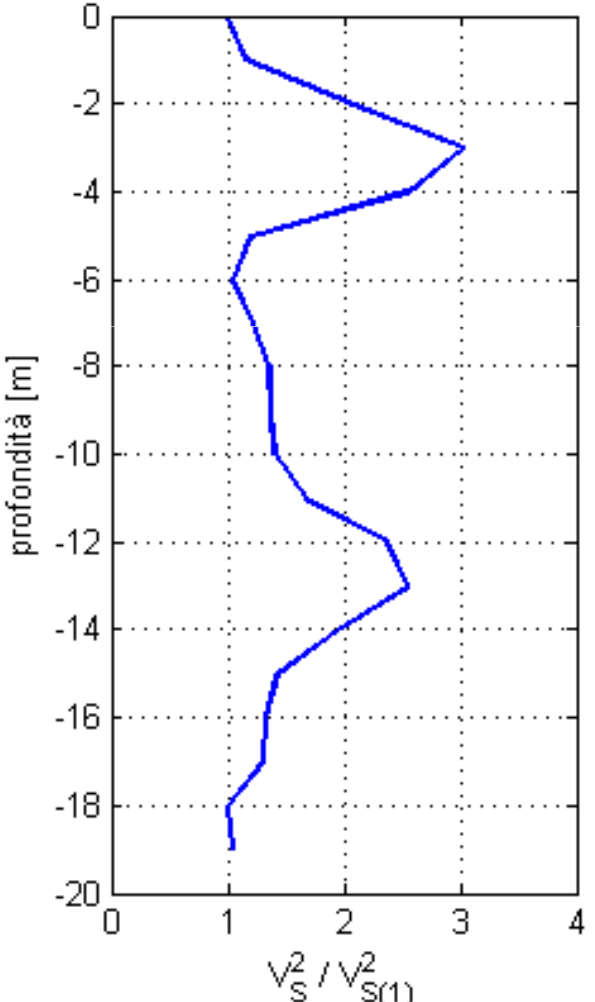
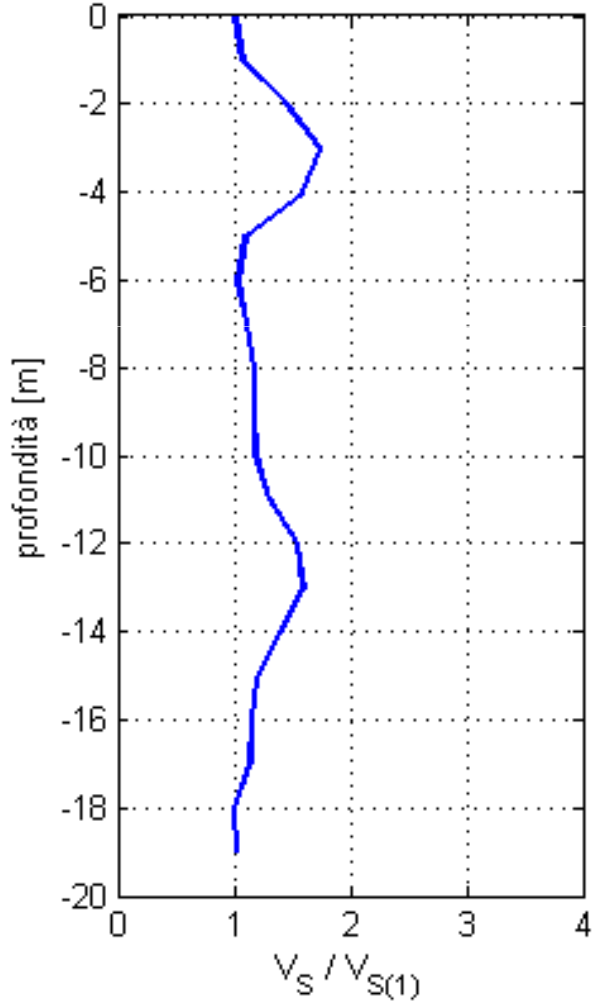
PER VIA GEOTECNICA



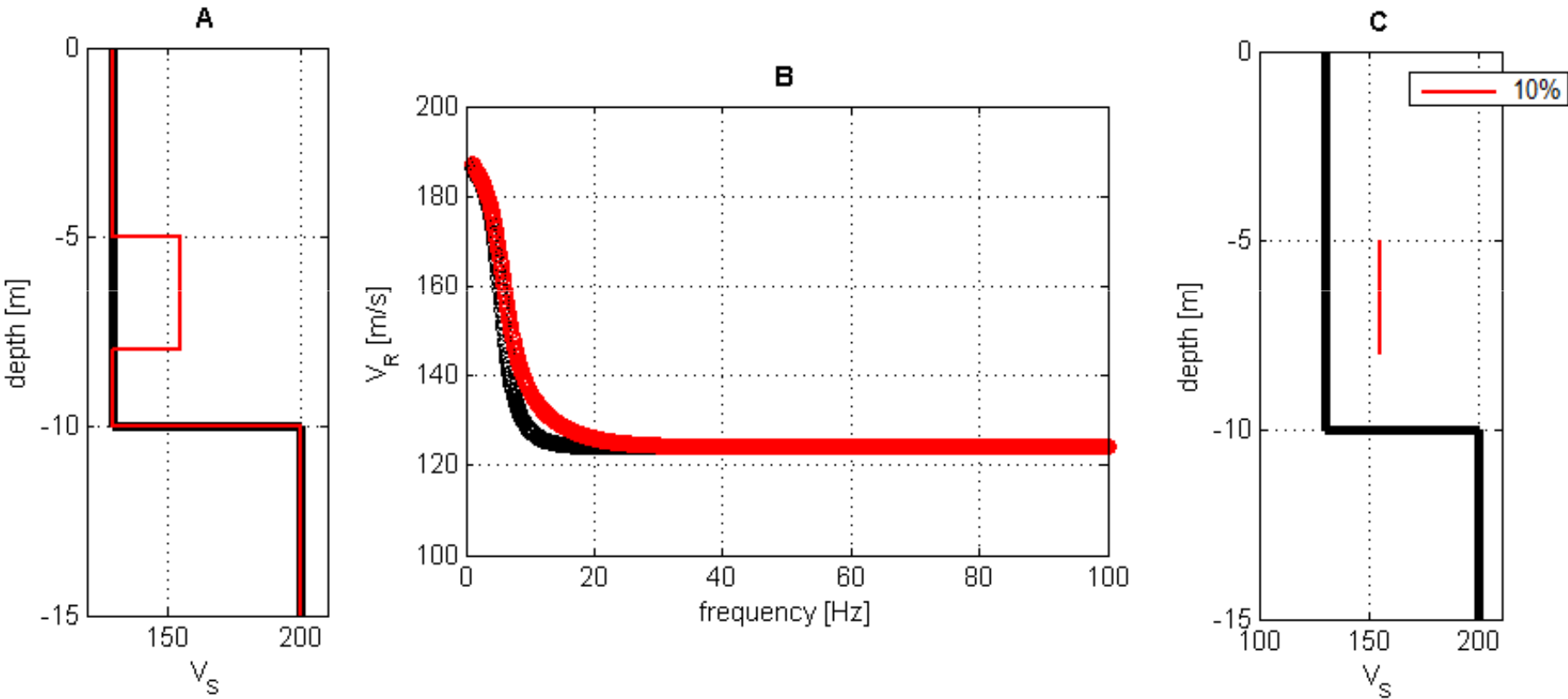
Perché la geotecnica sembra vedere meglio della geofisica?

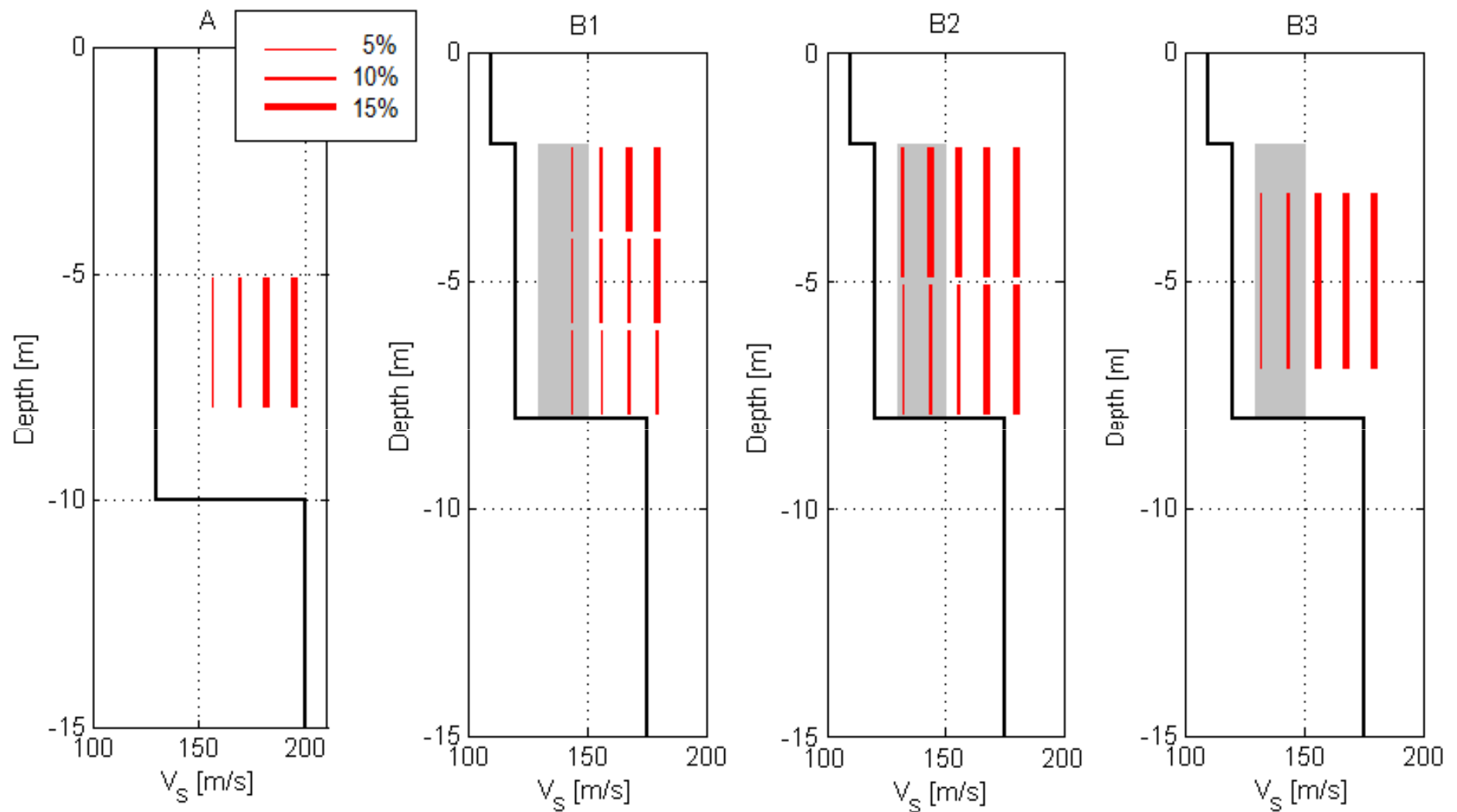
$$E = \rho V_P^2$$

$$\mu = \rho V_S^2$$

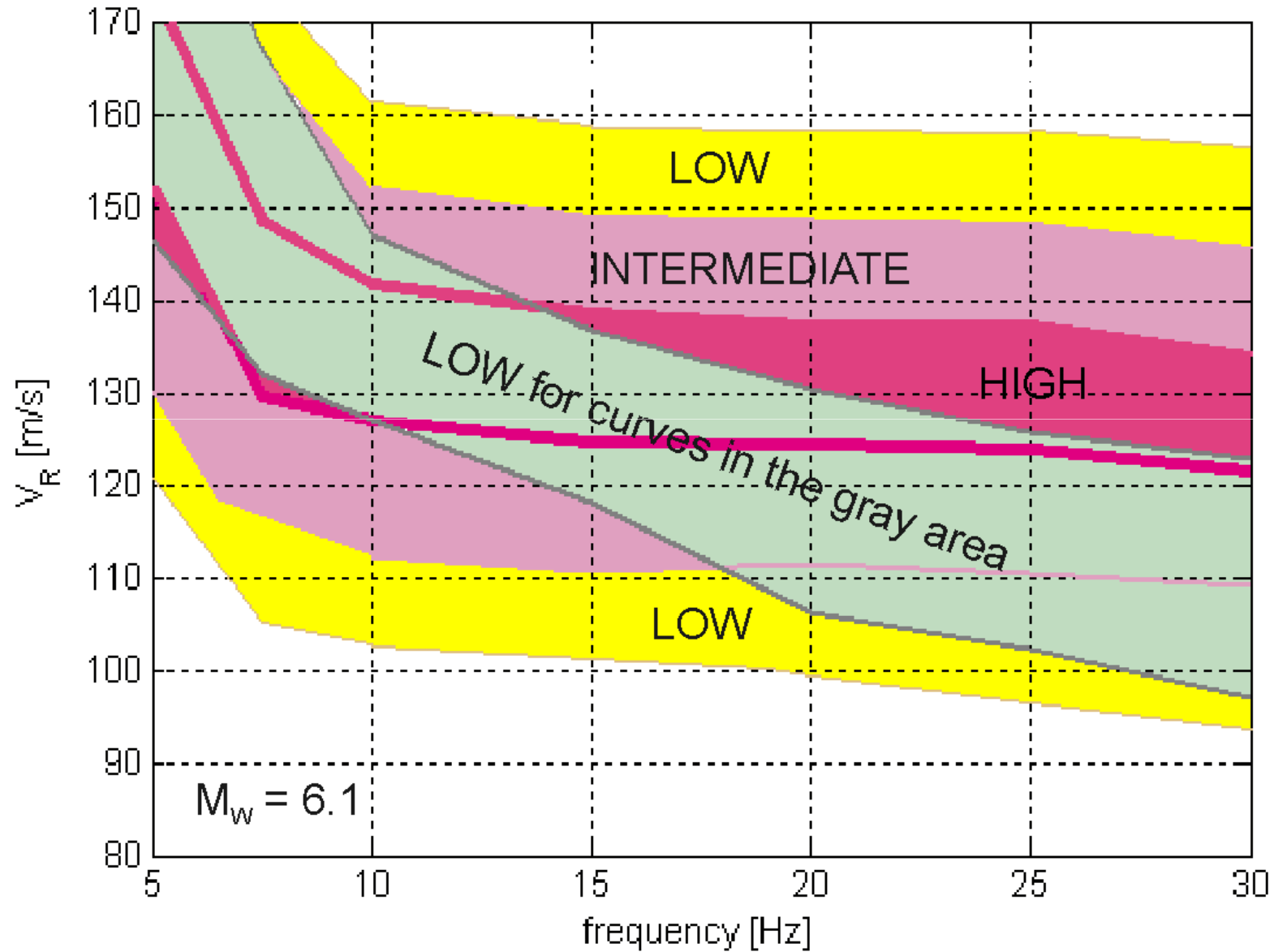


Perché la geotecnica sembra vedere meglio della geofisica?





FASCE DI ATTENZIONE RISPETTO ALLA LIQUEFAZIONE

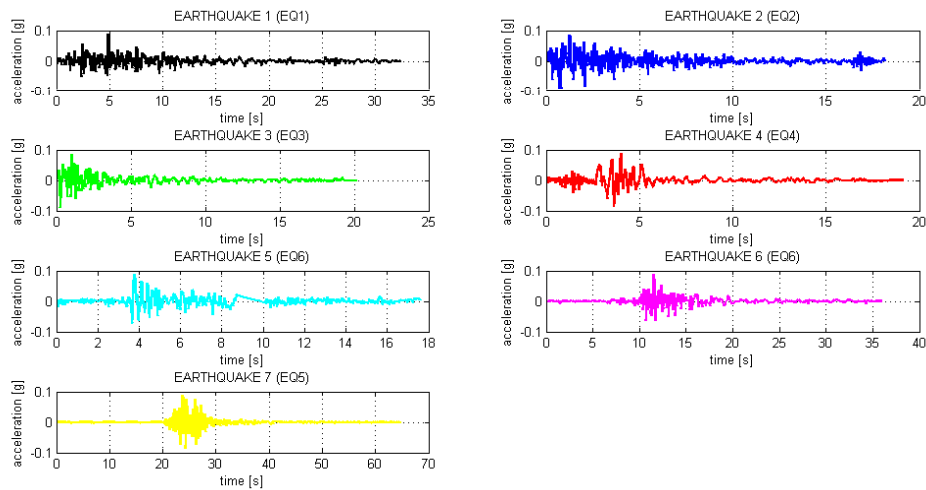


QUESTIONI DI IGNORANZA

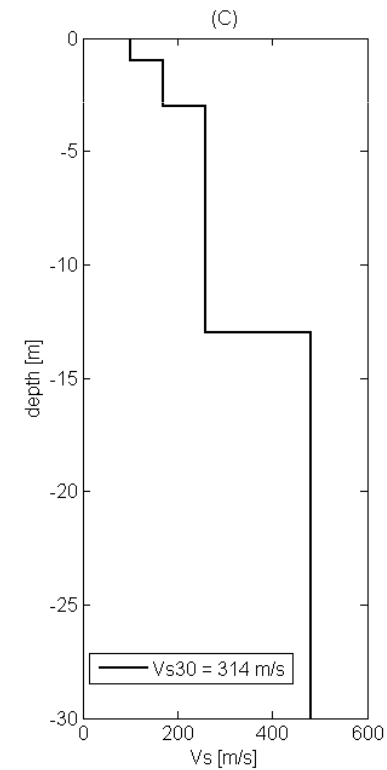
Nel senso di non conoscenza

Torniamo alle analisi di RSL. Input:

1) MOTO AL BEDROCK



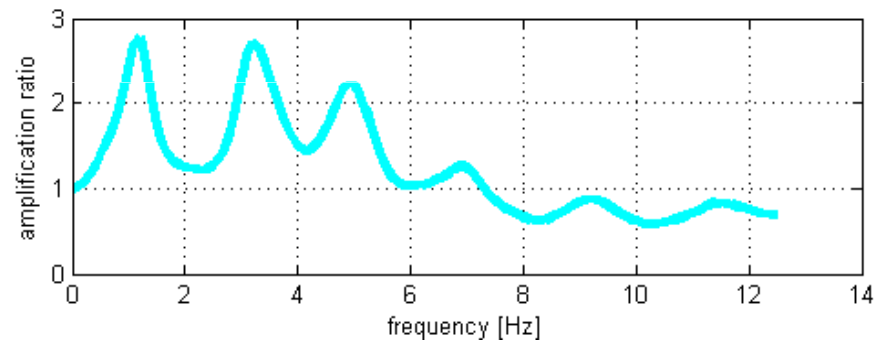
2) MODELLO DEL TERRENO



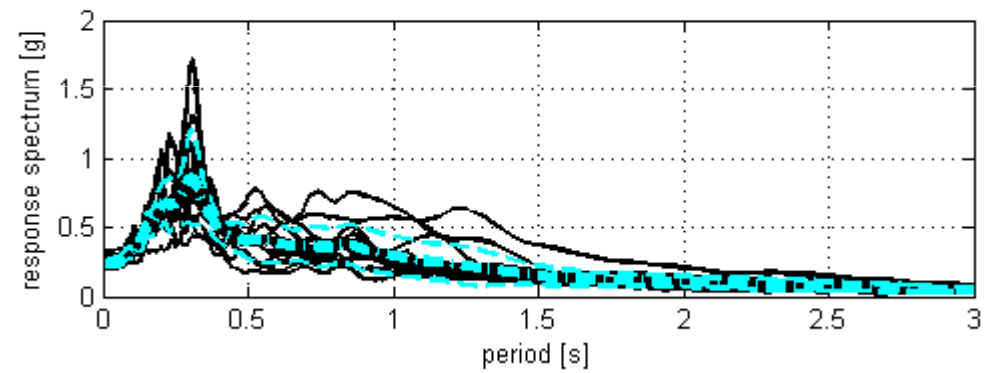


Output:

1) FUNZ. TRASFERIMENTO
BEDROCK → SUPERFICIE



2) SPETTRO DI RISPOSTA



INPUT 1: IL MOTO DEL SUOLO AL BEDROCK ACCELEROGRAMMI NATURALI

63

REXEL v 3.5 (beta)

Computer aided code-based real record selection for seismic analysis of structures
(c) Iunio Iervolino, Carmine Galasso and Eugenio Chioccarelli, 2008-2013
Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italy.

1. Target Spectrum

Italian Building Code 2008

ag [g] 0.17

Longitude [°] 14.191

Latitude [°] 40.829

Map

Site class EC8 A

Topographic category T1

Nominal life 50 yea...

Functional type II

Limit state SLV (...)

Horizontal Vertical

Disaggregation for (Italian sites) Sa(0s)...

Conditional hazard for (Italian sites) PGV[S]...

Build code spectrum User-defined spectrum

Look at disaggregation Look at conditional hazard

2. Preliminary database search

Based on M, R

M minimum 6 M maximum 7

R minimum [km] 0 R maximum [km] 30

T [s] 1

Epsilon minimum -3 Epsilon maximum 3

Database European Strong-motion Data...

Site class Same as target spectrum

Check database Preliminary plot

3. Spectrum matching

Lower tolerance [%] 10

Upper tolerance [%] 30

T1 [s] 0.15

T2 [s] 2

Plot spectral bounds

4. Analysis options

Scaled records
(PGA-normalized records' search)

I'm feeling lucky
(Returns only the first combination found)

Set size

Individual record

7 records

30 records

1 component

2 components

3 components

NEW SEARCH EXIT



Istituto Nazionale
di Geofisica
e Vulcanologia



version 2.0

ITACA (ITalian ACcelerometric Archive) |

ITACA 2.0 contains about 7500 processed three-component waveforms generated by about 1200 earthquakes with magnitude greater than 3. Most of the data have been recorded by the Italian Strong-motion Network ([RAN](#)), operated by the Italian Civil Protection Department - Presidency of the Council of Ministers ([DPC](#)) and by the National Seismic Network, operated by Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ([INGV](#)).

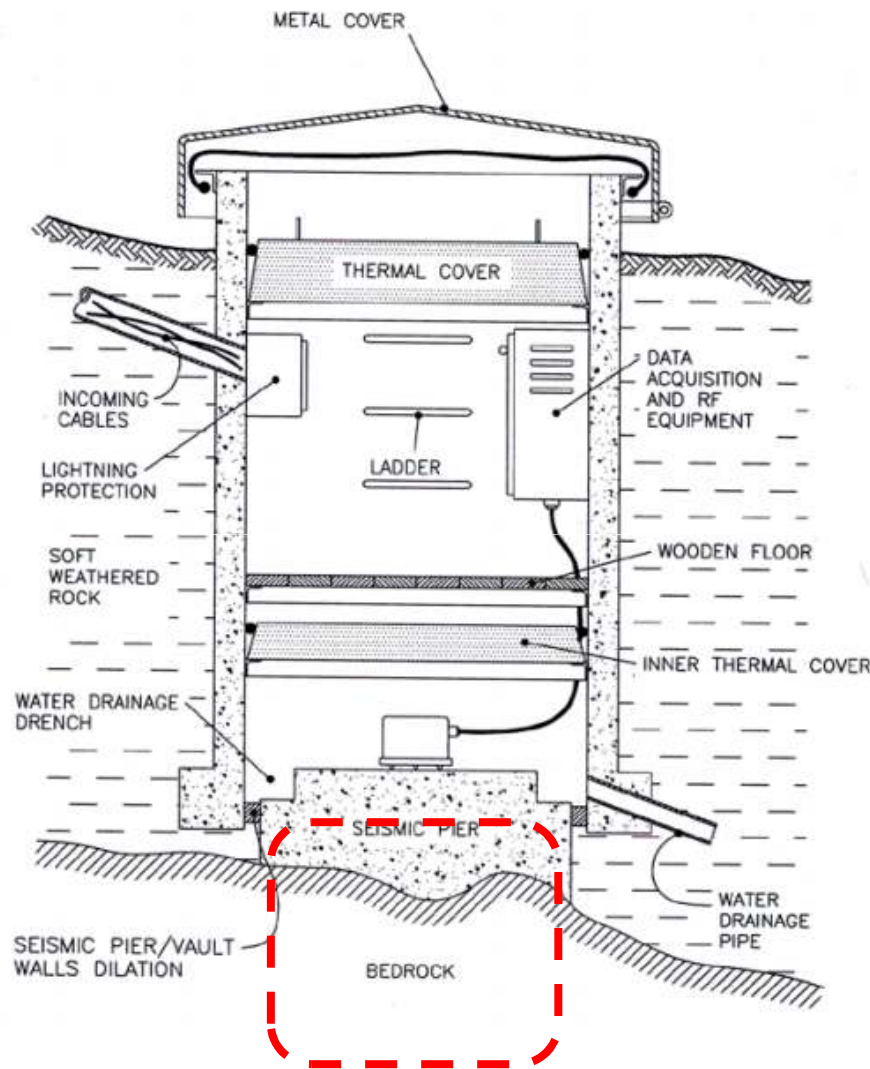
- In Italia operano 855 stazioni (RAN, Prot. Civ., reti locali, RSN ecc.),
- di queste, solo per 131 esiste una caratterizzazione geofisica (profili Vs, Vp) di qualità non sempre provata,
- si stima che il 15% siano in cat. A, 50% in B, 23% in C, 7% in D, 5% altro (su base di carta geologica).

ACCELEROGRAMMI NATURALI

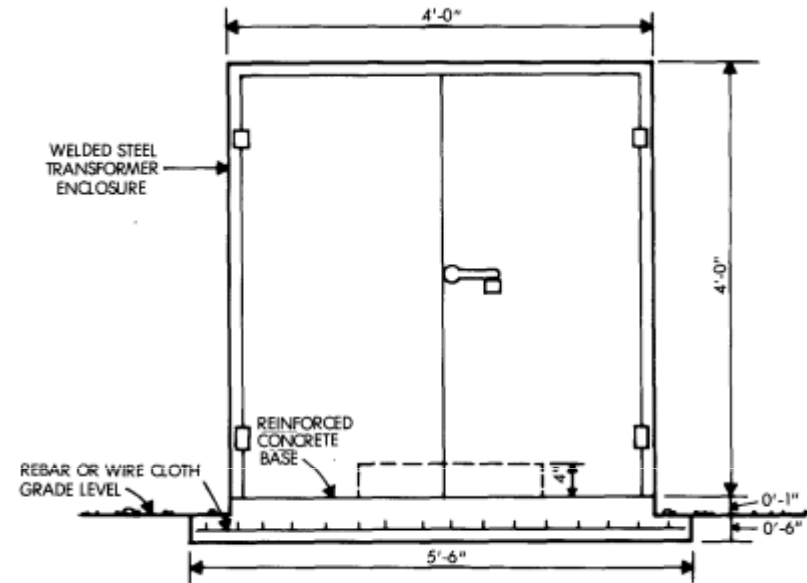
- Mentre le stazioni RAN sono quasi tutte poste entro cabine ENEL (sebbene alcune poste su dighe o altre strutture non rappresentative del free-field)
- Molte stazioni RSN sono collocate dentro strutture anche di grandi dimensioni



Tra teoria ...



USGS typical free field site



Trnkoczy, A. et al. (in Bormann, P., **NMSOP-2**, 2012)

DOI: http://doi.org/10.2312/GFZ.NMSOP-2_ch7

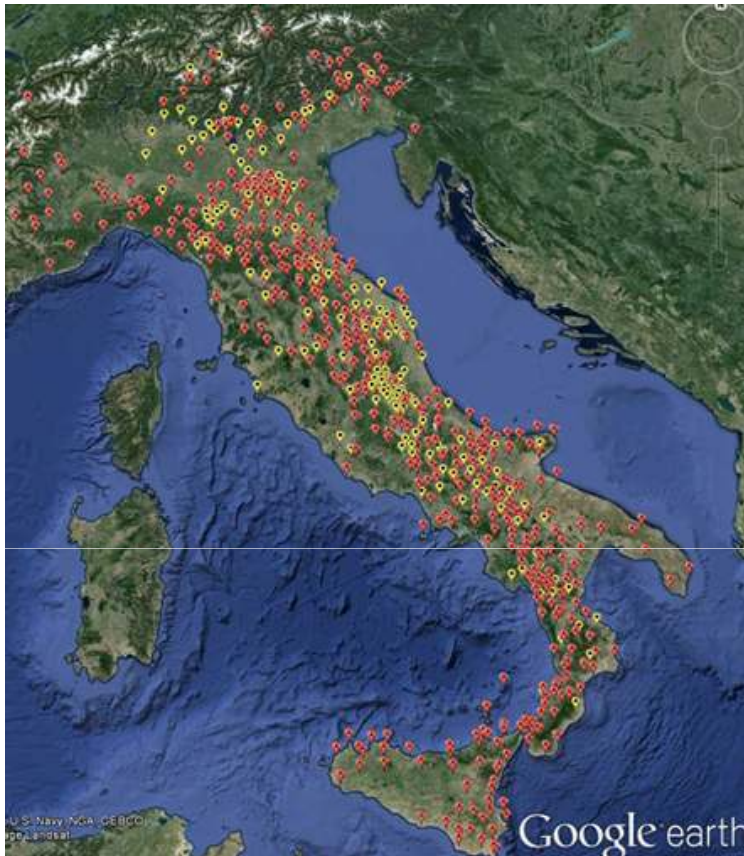
Bycroft G.N. (BSSA, 1978)

Crouse C.B. et al. (BSSA, 1984)

Crouse C.B., Hushmand B. (BSSA, 1989)

Steidl J.H. et al. (BSSA, 1996)

...e pratica



 Stazioni della Rete
Accelerometrica Nazionale - 608
(DPC)

 Stazioni della Rete Sismometrica
Nazionale – 204 (INGV)
Fonte: ItacaNet

EC8 class	N° of stations – IT (RAN)	
A	16	121
A*	105	
B	30	307
B*	277	
C	20	161
C*	141	
D	6	8
D*	2	
E	5	6
E*	1	
	No information	5
	Total	608

A,B,C,D,E = classi verificate con misure in situ
A*, B*, C*, D*, E* = classificazione presunta su base
geologica

... e pratica



Site type	N° of stations - IT (RAN)
Close to structure	16
Inside building	35
Free field	529
No information	28
Total	608

... e pratica



FREE FIELD???



Il caso di studio

Nell'ambito del progetto INGV-DPC S2-2014 abbiamo avuto il compito di caratterizzare alcune stazioni accelerometriche:

Emilia Romagna	
BRM	Brasimone (BO)
FRN	Fornovo (PR)
MLD	Meldola (FC)
PNN	Pennabilli (RN)
STS	Santa Sofia (FC)

Sicilia	
CFL	Cefalù (PA)
CRL	Corleone (PA)
MZR	Mazara del Vallo (TP)
NAS	Naso (ME)
NCS	Nicosia (EN)
NSA	Nicosia 2 (EN)



Metodo di lavoro



Acquisizione dati esistenti

Osservazioni e rilievo geologico-geomorfologico

89 acquisizioni di microtremore a stazione singola

22 acquisizioni in array attivo/passivo

Classificazioni presunte vs. osservate



Stazione	Classe EC8 presunta	Classe EC8 osservata
BRM	B*	B
CFL	?	A
CRL	?	B
FRN	B*	C
MLD	A*	C
MZR	C*	B
NAS	B*	C
NCS	A*	B
NSA	A*	B
PNN	B*	C-B
STS	B*	B

Problemi

A) Interazione struttura-strumento

Risentimento del moto proprio della struttura ospitante la stazione (tipicamente cabina ENEL) nei sismogrammi registrati dalla stazione stessa

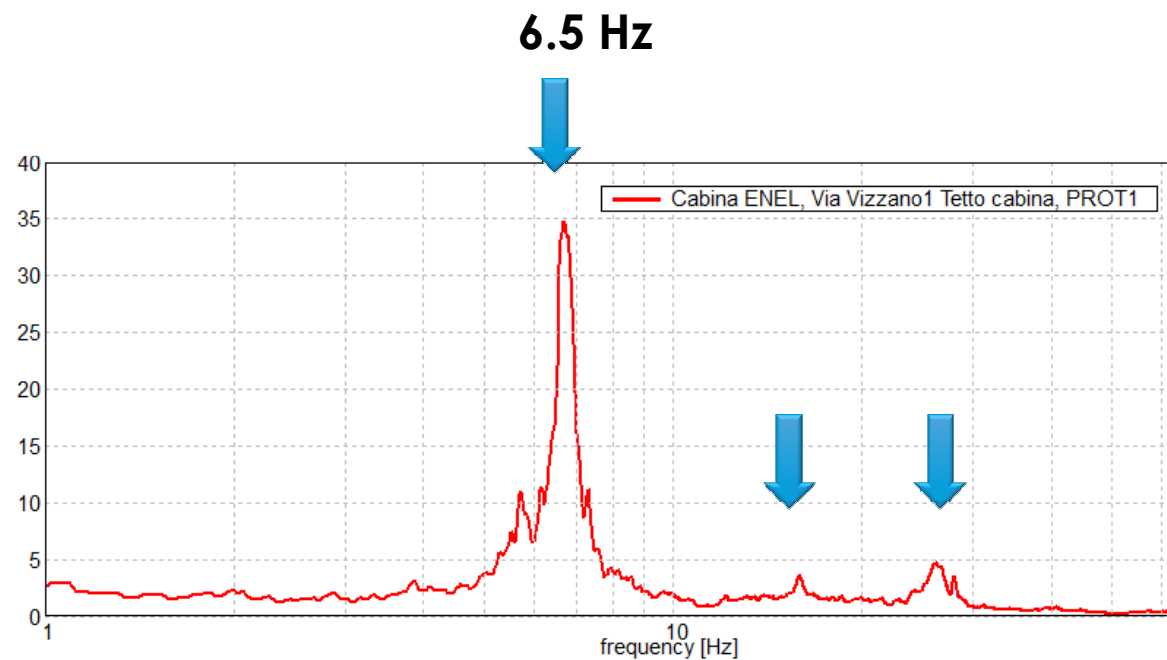
B) Interazione suolo-struttura

Riduzione dell'ampiezza spettrale delle componenti orizzontali del moto a causa della fondazione più rigida rispetto al sottosuolo

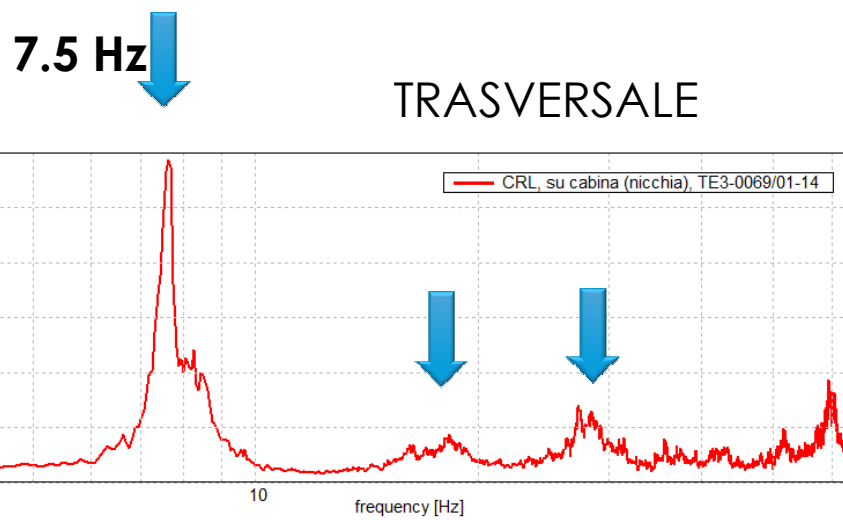
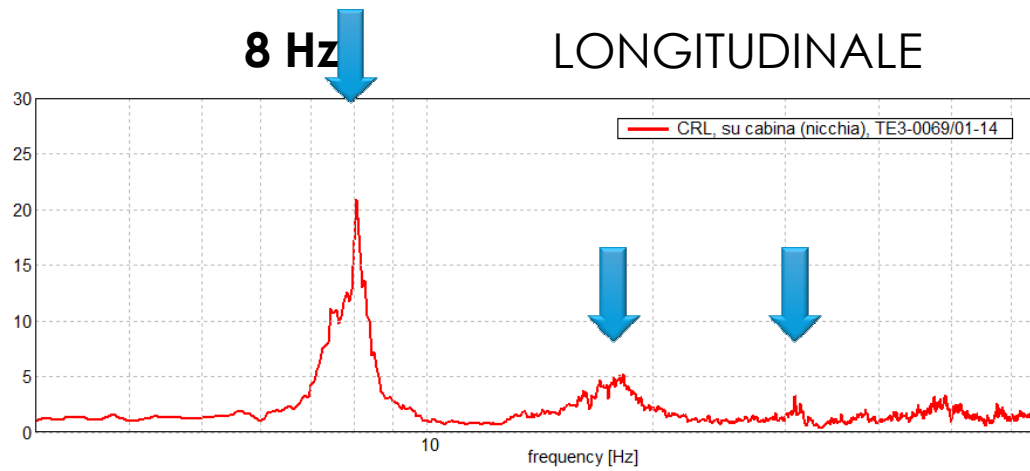
A) Interazione struttura-strumento

Cabina ENEL

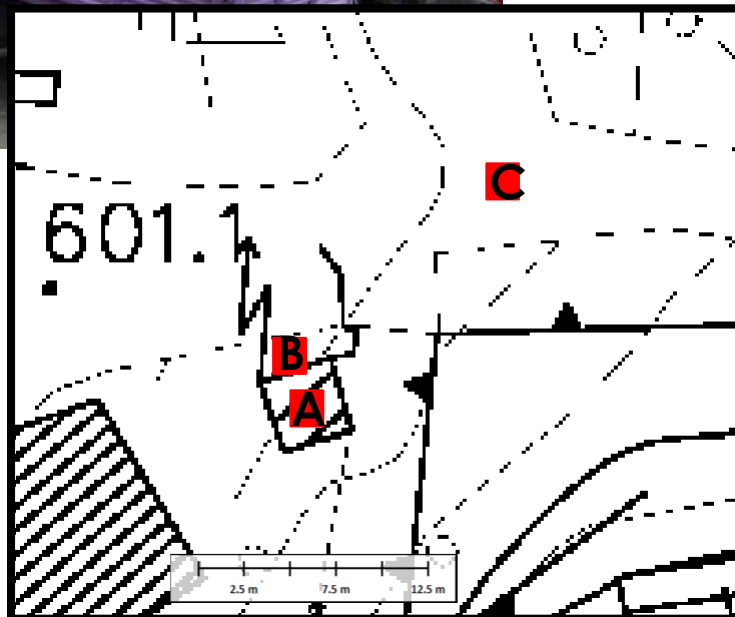
- Base 2,70 x 3,20 m
- Altezza 7 m
- Mattone pieno intonacato



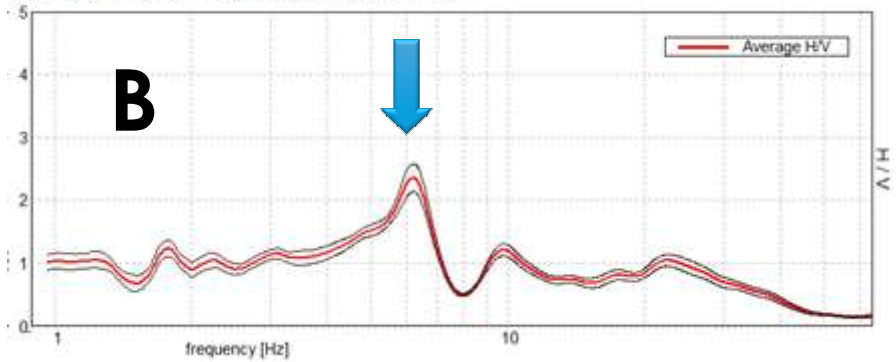
CRL



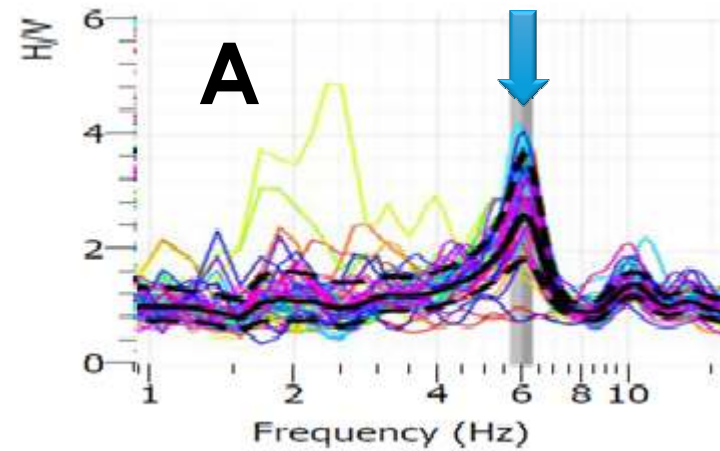
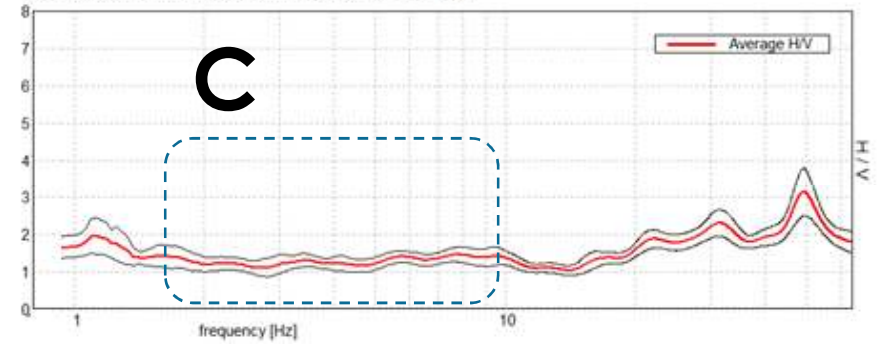
CRL

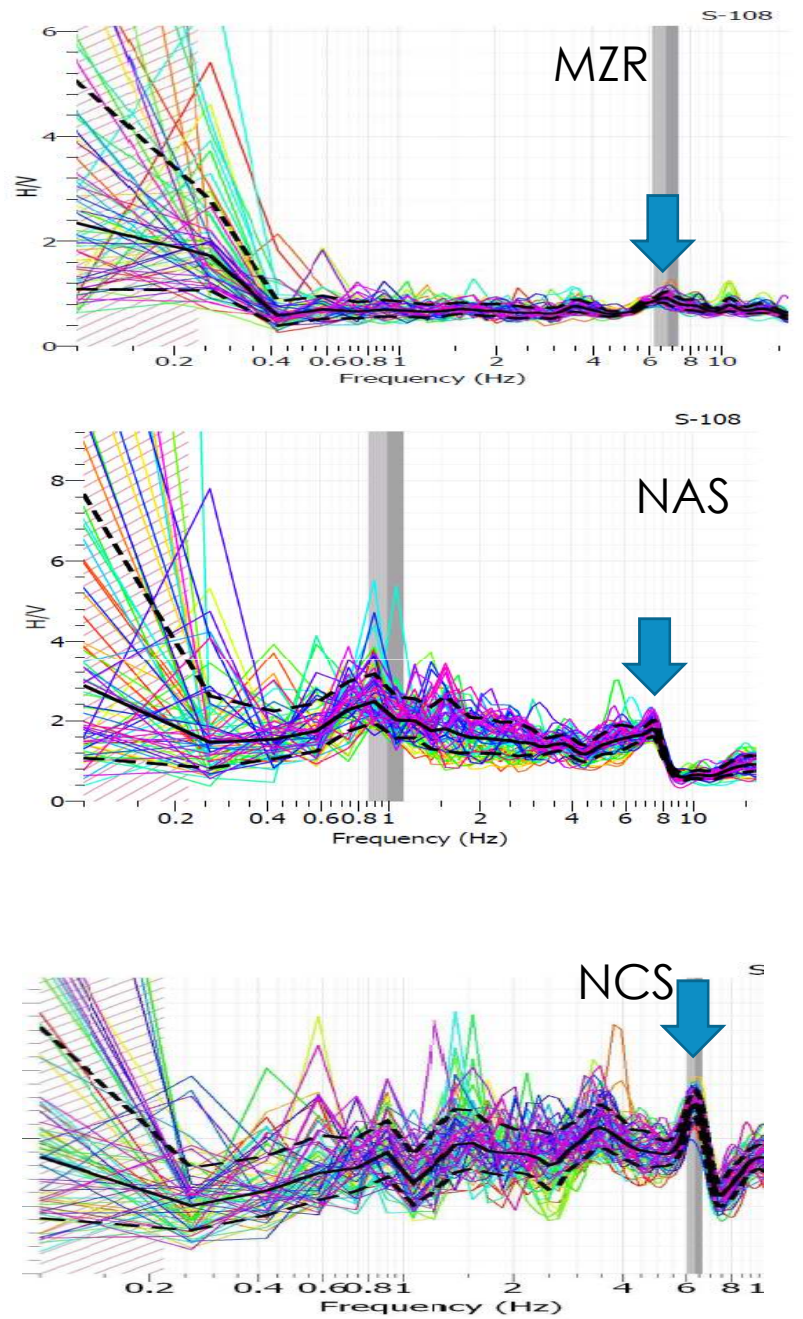
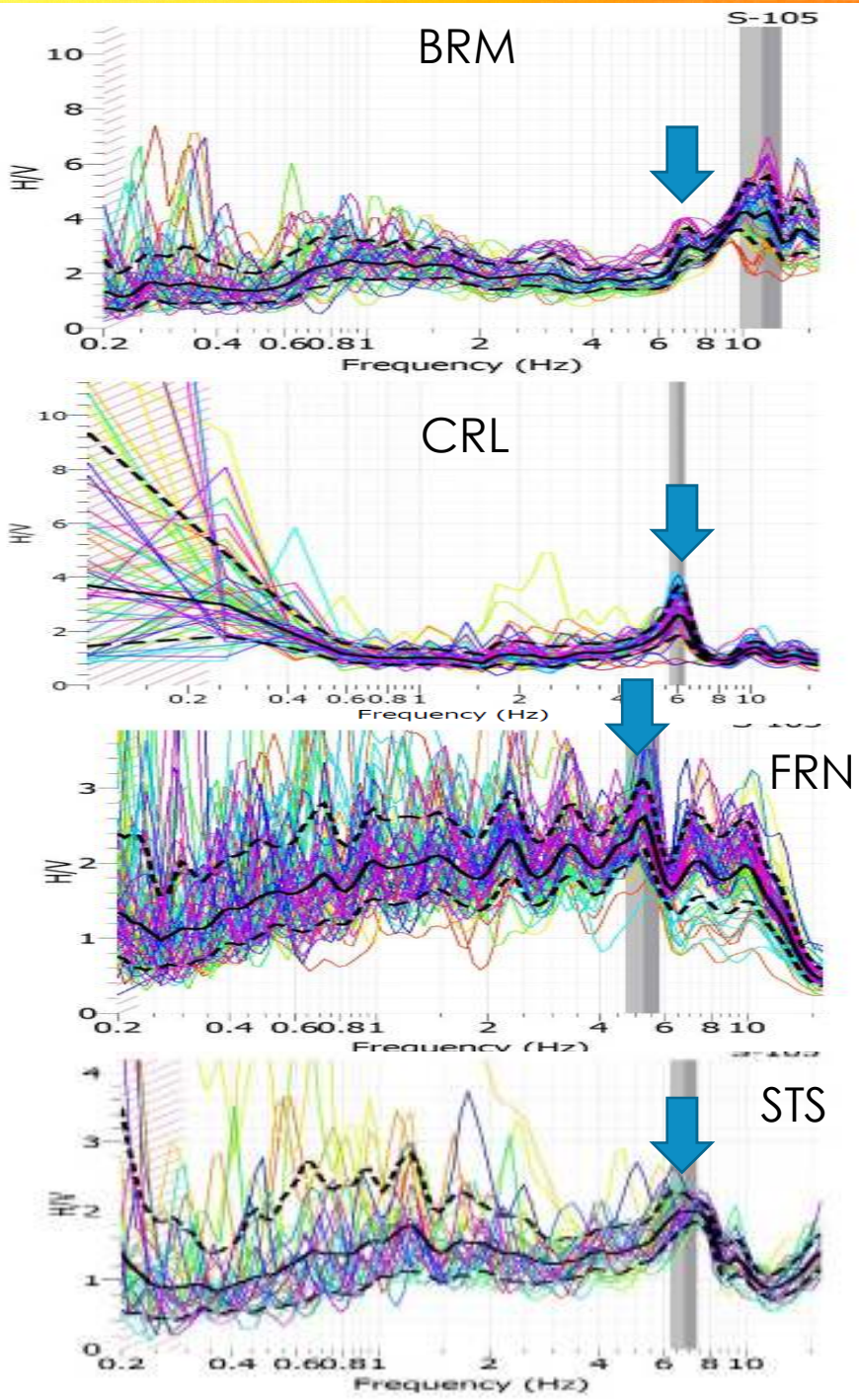


Max. H/V at 6.22 ± 5.1 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



MAX. H/V at 49.38 ± 37.65 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).





B) Interazione suolo-struttura

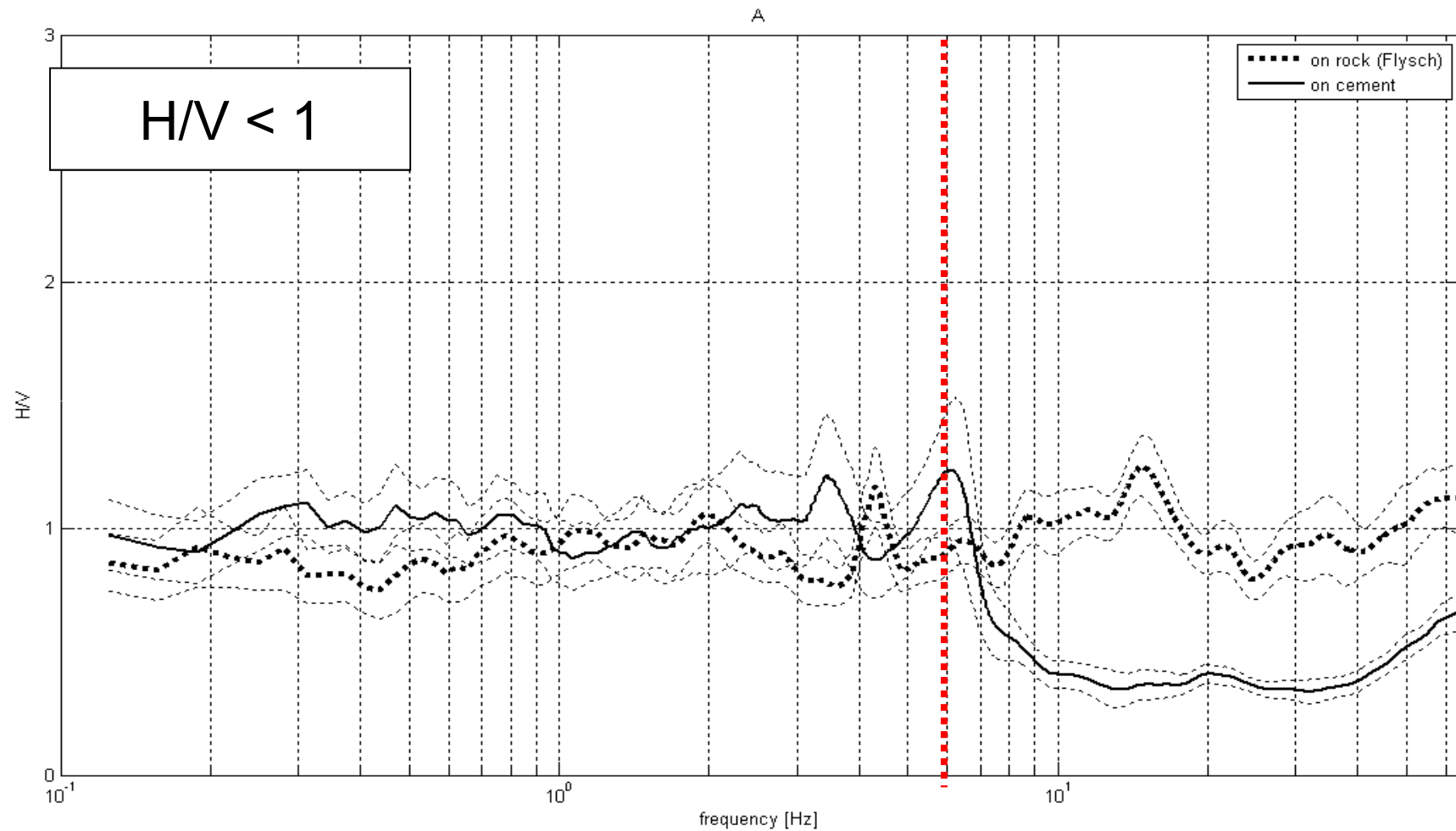


Fenomeni di inversione di velocità

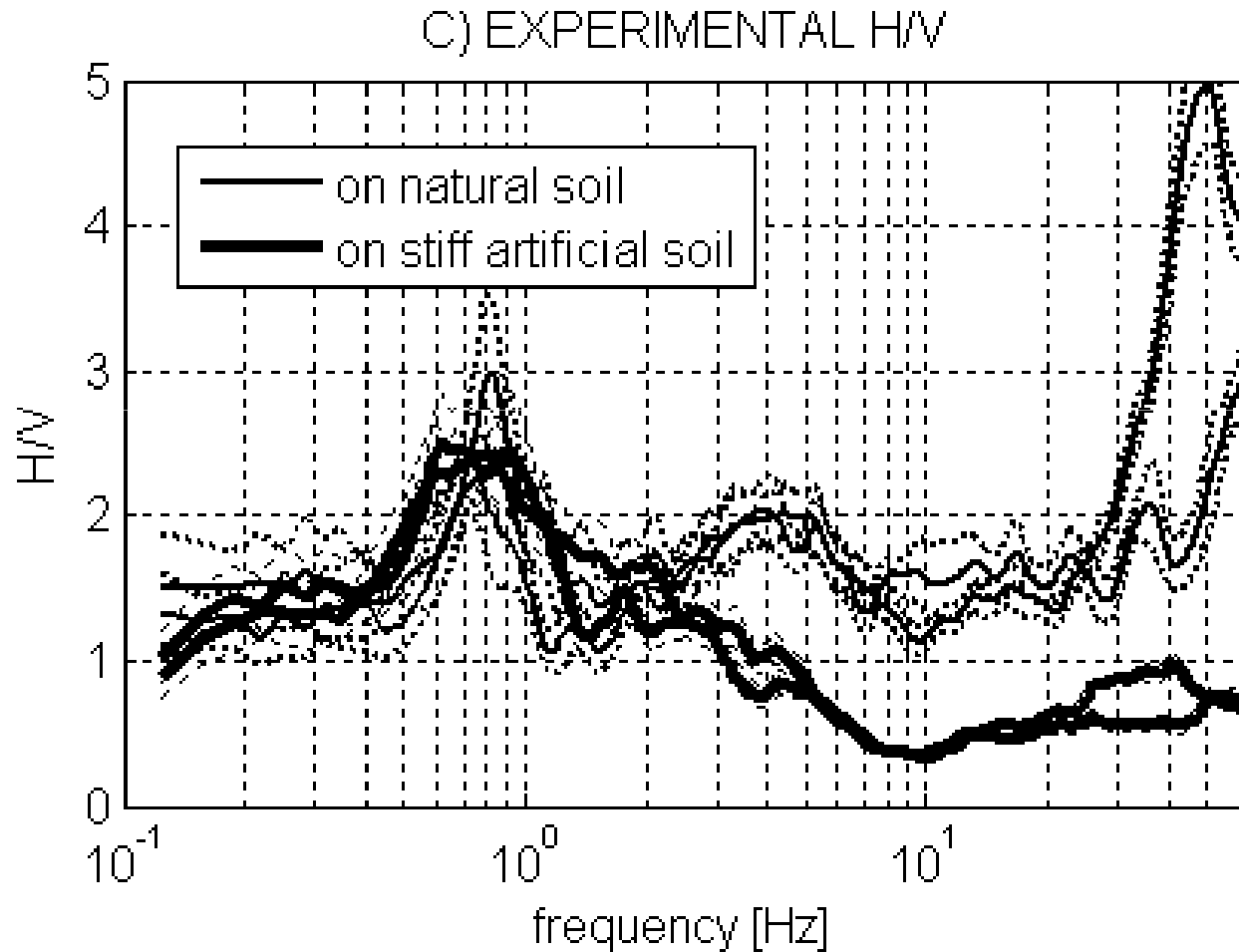
Sono stati osservati da 2 Hz in su e riguardano prevalentemente, ma non solo, i siti con categorie più basse.

Stazione	Categoria osservata
FRN	C
MLD	C
MZR	B
NAS	C
NSA	B
PNN	C-B

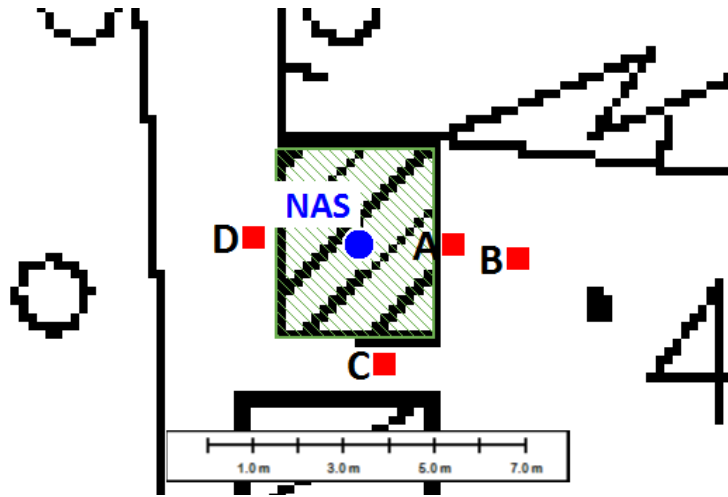
Effetti delle inversioni di velocità



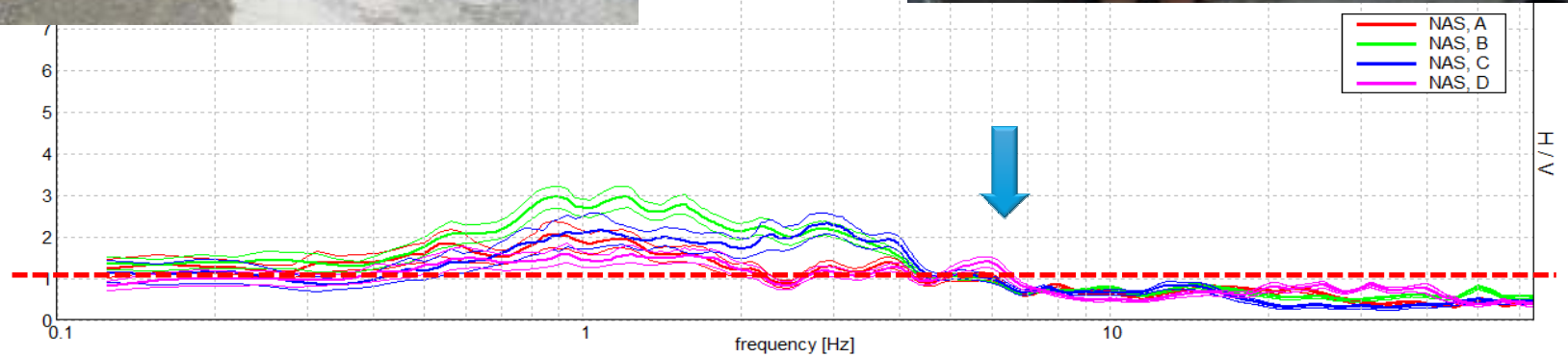
Effetti delle inversioni di velocità



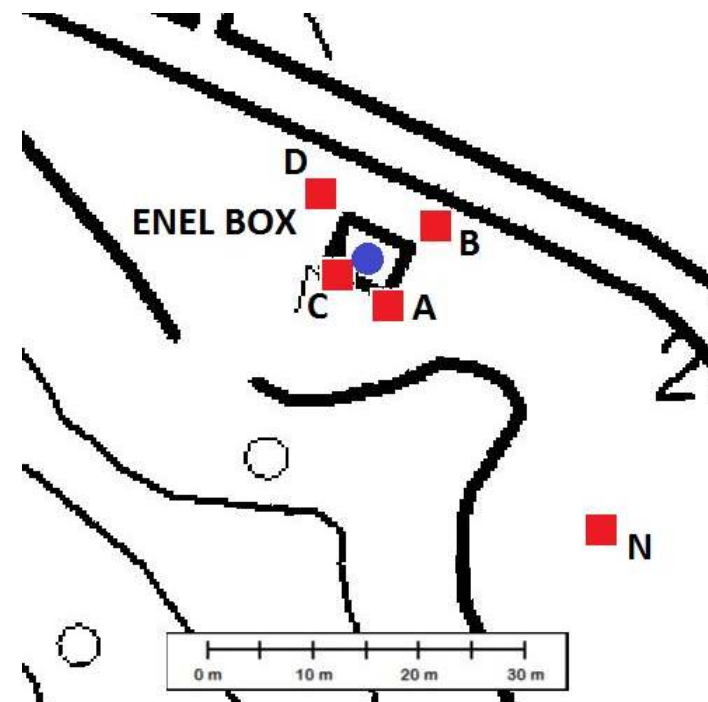
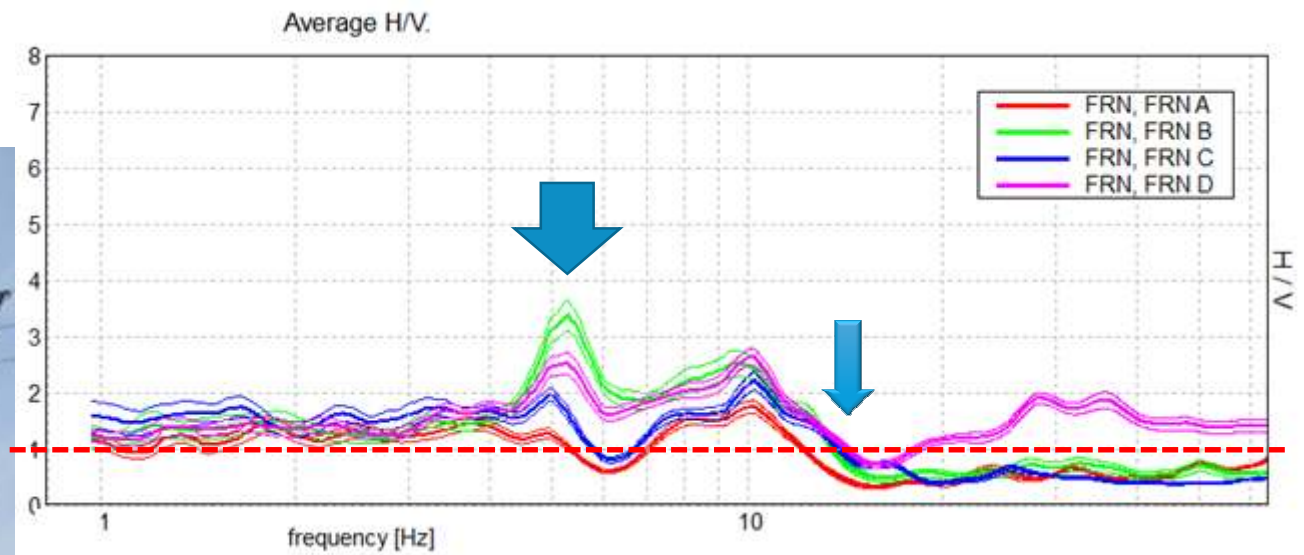
NAS



Average H/V.



FRN

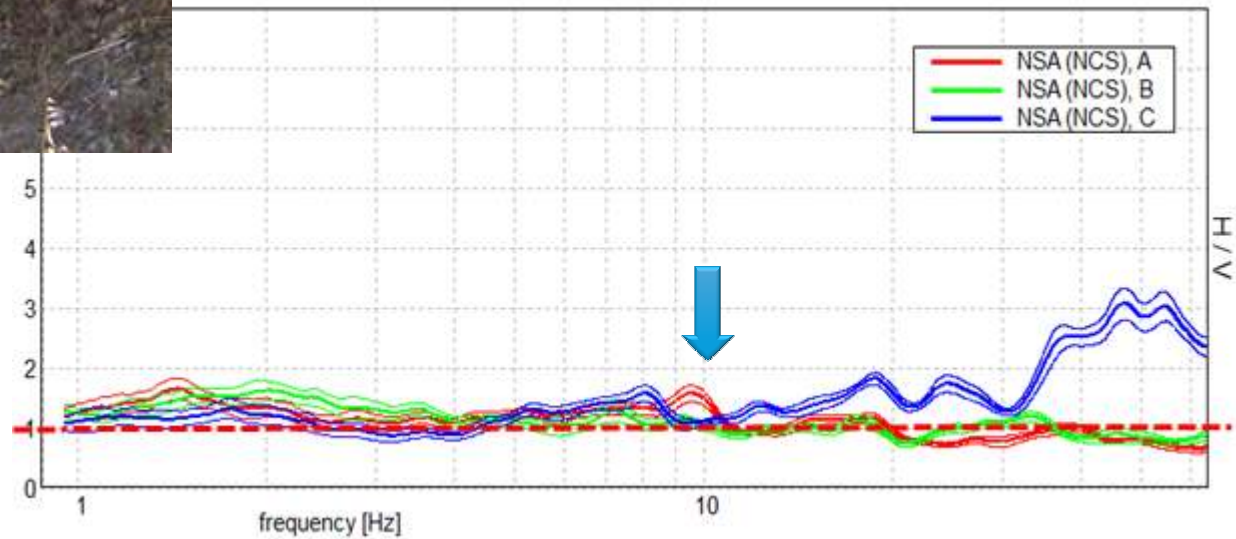


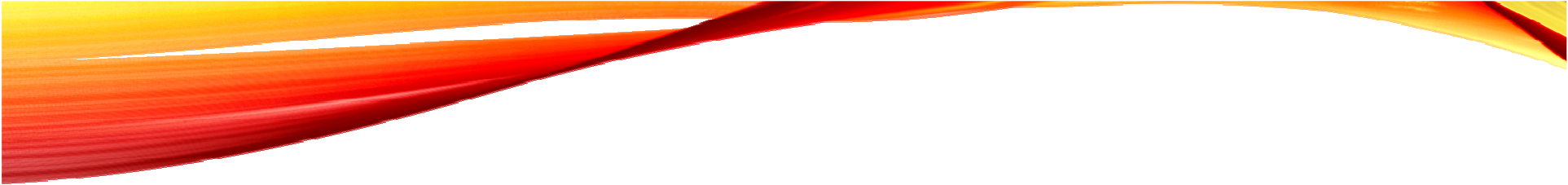
NSA



Stazione di moderna concezione

- sul basamento in calcestruzzo
- sul basamento in calcestruzzo su superficie libera



- 
- Molti fattori ignoti contaminano gli accelerogrammi naturali che si estraggono dalle banche date:
 - Nella maggior parte dei casi le stazioni si trovano su siti la cui risposta sismica è ignota
 - In alcuni casi le stazioni non sono nemmeno dove è dichiarato
 - Spesso le stazioni mantengono la stessa sigla ma vengono fisicamente spostate
 - Chissà perché secondo le NTC 2008 non si possano usare sismogrammi artificiali...



- I modelli non sono necessariamente migliori/più precisi degli approcci semplificati basati su presupposti fisici ragionati

- 
- La realtà è che da un modello – se solo ne capiamo il giusto - facciamo uscire quello che ci pare.

9. MODELLAZIONE SISMO-STRATIGRAFICA E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO

Dopo aver definito il “*modello geologico di riferimento*”, in modo chiaro ed esaustivo, soltanto il geologo potrà decidere, in relazione sia alle condizioni geologico-stratigrafiche e strutturali, sia in funzione dell’importanza del progetto, se è correttamente percorribile ed utilizzabile l’approccio semplificato (basato sull’individuazione della categorie di sottosuolo) o, viceversa, se è più opportuna o, addirittura, necessaria l’analisi di risposta sismica locale (definizione degli specifici spettri di risposta di sito e di progetto).

Che sottintende che un modello sia per sua natura migliore di un approccio semplificato

TIPI DI SUOLI

87

General Settings | **Soil Types** | Soil Profile | Motion(s) | Output Specification | Compute | Results

Soil Types

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes	Varied
1	Sand and gravel (1)	18.00	Seed & Idriss, Sand Mean	Vucetic & Dobry, PI = 0		<input checked="" type="checkbox"/>
2	Sand and gravel (2)	19.00	Seed & Idriss, Sand Upper	Seed & Idriss, Sand Mean		<input checked="" type="checkbox"/>
3	Soft clayey rock	20.00	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay		<input checked="" type="checkbox"/>
4	Bedrock	-1.00	Curve for rock	Vucetic & Dobry, PI = 0		<input type="checkbox"/>

Bedrock Layer
Unit weight: 21.00 kN/m³ Damping: 1.00 % Vary the damping of the bedrock

Water Table Depth
Depth: 0.00 m

Nonlinear Curve Variation Parameters

Standard deviation model ([more information](#)): Darendeli

Normalized shear modulus (G/G_max):
Function: $25 / \text{Math.exp}(3.62) - \text{Math.pow}(\text{modulus} - 0.5, 2) / \text{Math.exp}(3.62)$ Min: 0.050 Max: 1.000

Damping:
Function: $\text{Math.exp}(-5) + \text{Math.exp}(-0.25) * \text{Math.sqrt}(\text{damping})$ Min: 0.20 % Max: 15.00 %

G/G_max, Damping Correlation Coefficient (ρ): -1.00

Darendeli and Stokoe Model Parameters

Mean effective stress: 0.10 atm
Plasticity Index: 0
Over-consolidation ratio: 1.00
Excitation frequency: 0.1 Hz
Number of cycles: 1

Nonlinear Property

	Strain (%)	Damping (%)
1	1.00e-04	1.000
2	3.16e-04	1.000
3	1.00e-03	1.000
4	3.16e-03	3.000
5	1.00e-02	5.400
6	3.16e-02	9.800
7	1.00e-01	15.000
8	3.16e-01	20.300
9	1.00e+00	24.000

PROFILO DEL SOTTOSUOLO E RELATIVE INCERTEZZE

88

General Settings | Soil Types | **Soil Profile** | Motion(s) | Output Specification | Compute | Results

Site Profile

+ Add Insert - Remove

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)	Minimum (m/s)	Maximum (m/s)
1	0.00	4.00	Sand and gravel (1)	150.00	<input checked="" type="checkbox"/> 135.00	<input checked="" type="checkbox"/> 170.00
2	4.00	10.00	Sand and gravel (2)	330.00	<input checked="" type="checkbox"/> 300.00	<input checked="" type="checkbox"/> 360.00
3	14.00	50.00	Soft clayey rock	400.00	<input checked="" type="checkbox"/> 360.00	<input checked="" type="checkbox"/> 450.00
4	64.00	Half-Space	Bedrock	700.00	<input checked="" type="checkbox"/> 650.00	<input checked="" type="checkbox"/> 760.00

Variation of the Site Profile

Toro (1992) Site Variation Model

- Vary the shear-wave velocity of the layers
- Vary the layer thickness
- Vary the depth to bedrock

Velocity Variation Parameters

- Layer specific standard deviation

Distribution: **Log Normal**

Standard deviation: **Custom**
0.07

Correlation model: **Custom**

Correlation Parameters

Correl. coeff. at surface (ρ_0): 0.97

Correl. coeff. at 200 m (ρ_{200}): 1.00

Change in correl. with depth (Δ): 3.80

Depth intercept (d_0): 0.0 m

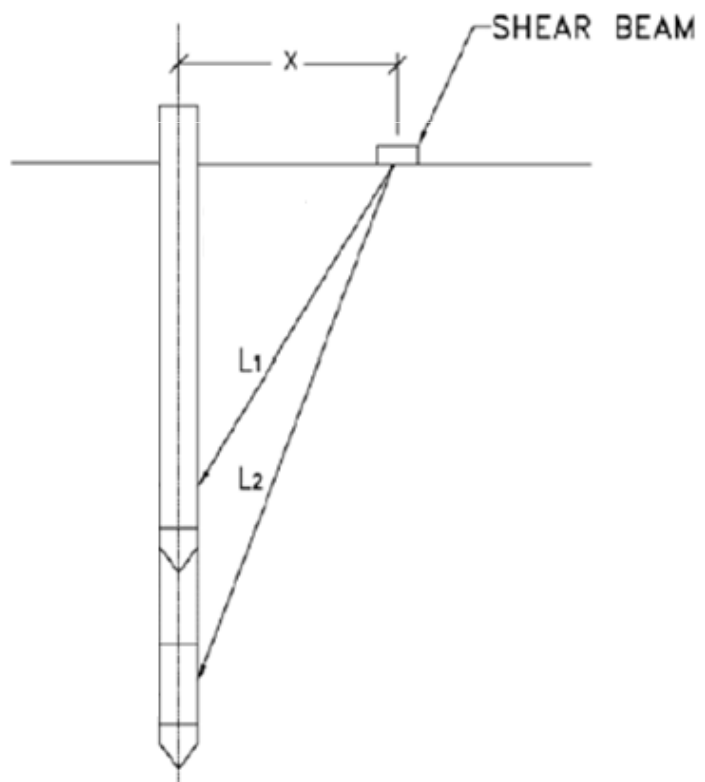
Exponent (b): 0.293

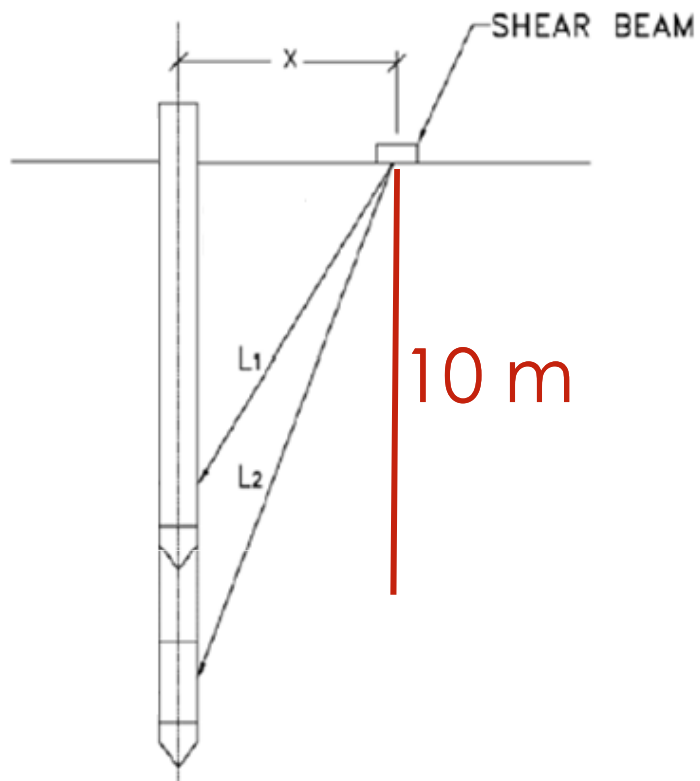
Layer Thickness Variation Parameters

Bedrock Depth Variation Parameters



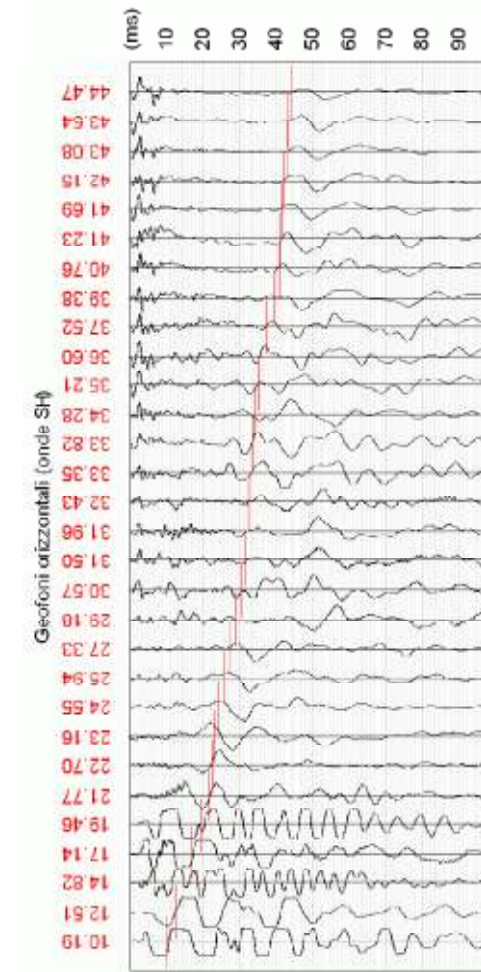
INCERTEZZA SPERIMENTALE



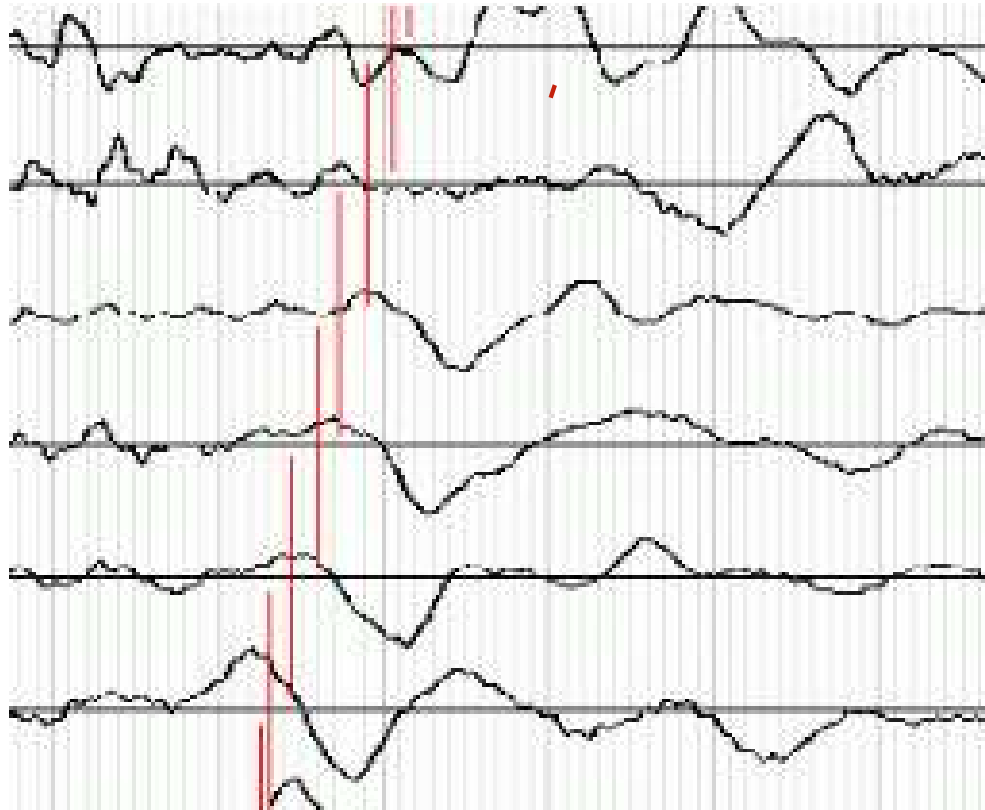


Immaginiamo di compiere una incertezza di 10 cm sulle stima delle distanze.

E di 1 ms sulla stima dei tempi.



1 ms è l'ampiezza tra le righe verticali sottili



$$V = \frac{L_2 - L_1}{\Delta t_{2-1}}$$

Assumiamo che la precisione nella misura delle distanze di una prova in foro sia dell'ordine dei 10 cm e la precisione sul tempo di arrivo dell'onda in esame sia pari a 1 campione a 1 kHz di campionamento, ossia di 1 ms.

$$V = \frac{L}{t} = \frac{10 \text{ m}}{0.025 \text{ s}} = 400 \text{ m/s}$$

$$\Delta V = \left| \frac{1}{t} \right| \Delta L + \left| -\frac{L}{t^2} \right| \Delta t$$

$$\mathbf{V + \Delta V = 400 \pm 20 \text{ m/s}}$$

Uncertainty relative del 5%

$$\Delta V = 4 \text{ m/s} + 16 \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$$

95

Si questi 20 m/s, solo 4 sono legati all'incertezza (10 cm) sulla stima delle distanze.

Gli altri 16 m/s vengono dall'incertezza sul tempo di 1 solo campione.

Con 2 campioni di incertezza sul tempo arriviamo ad una incertezza sulla velocità del 9%.


$$V + \Delta V = 400 \pm 20 \text{ m/s}$$

Profondità (mdalp.c)	velocità Intervallo Vp (m/s)	velocità Intervallo Vs (m/s)
1	361	risultati
2	1340	721
3	1819	1238
4	1929	1227

E' lo standard ASTM stesso ad imporre l'uso di un numero di cifre significative scientificamente definito



Designation: D 7400 – 08

Standard Test Methods for Downhole Seismic Testing¹

This standard is issued under the fixed designation D 7400; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

I. Scope*

1.1 These test methods are limited to the determination of the interval velocities from arrival times and relative arrival

1.4 All recorded and calculated values shall conform to the guide for significant digits and rounding established in Practice D 6026.

Perché non lo fa quasi nessuno?

- Comunque questa «fiducia cieca nei modelli» imposta dalla normativa non è colpa dei geologi, perché non sono sicuramente i geologi ad aver scritto quel pezzo di legge (nemmeno i geofisici...).
- Non si può applicare la Matematica (il modello) senza comprendere la Fisica (incertezze, significato e peso dei parametri in gioco).
- I modelli sono Matematica. La Fisica ce la deve mettere il geologo.

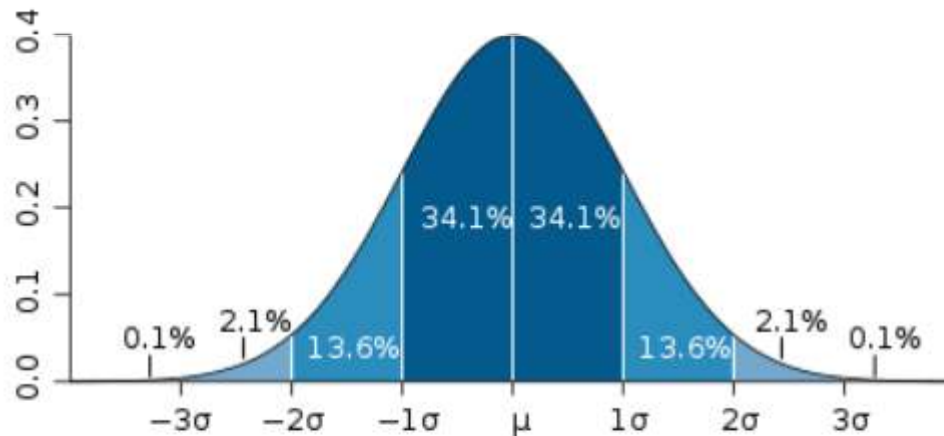
CONCLUSIONI

La Fisica sperimentale misura VALORI **E** RELATIVE INCERTEZZE.

I bravi Fisici lo sanno.

5 Sigma What's That?

By Evelyn Lamb | July 17, 2012 |



A graph of the normal distribution, showing 3 standard deviations on either side of the mean μ . A five-sigma observation corresponds to data even further from the mean. Source: Wikimedia Commons/Mwtoews

Chances are, you heard this month about the discovery of a tiny fundamental physics particle that may be the long-sought Higgs boson. The phrase five-sigma was tossed about by scientists to describe the strength of the discovery. So, what does five-sigma mean?

CONCLUSIONI

Ma anche i GeoFisici e i Geologi.

Dirò all'ingegnere che ha scritto: «Per favore evidenzia l'importanza della definizione della precisione delle misure perché poi l'ingegnere crede ai colori e sbaglia i pali.» che ha sbagliato anche lui a credere che potessero uscire, da indagini sperimentali e modelli, dati privi di incertezza.

