

LO STRANO CASO DELLA MATRICE VFZ

Silvia Castellaro
 Dipartimento di Fisica – Università di Bologna
silvia.castellaro@unibo.it

Rovereto (TN), 2 dicembre 2011

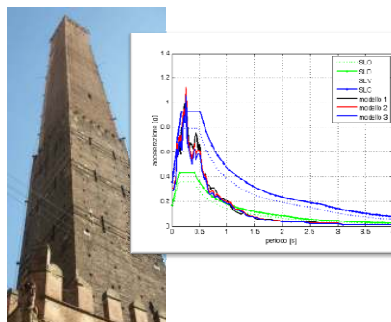
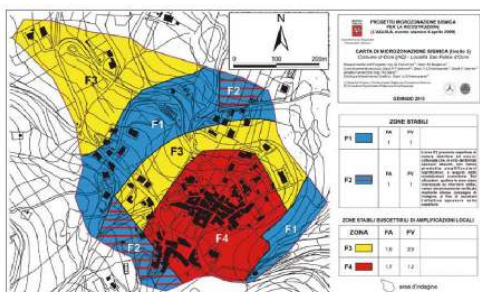
GLI STUDI DI RISPOSTA SISMICA DI SITO POSSONO ESSERE CONDOTTI A 2 LIVELLI

SCALA MEDIO-GRANDE:
 mappe di scuotimento,
 pianificazione urbanistica

SCALA PICCOLA:
 singola costruzione

MICROZONAZIONE SISMICA

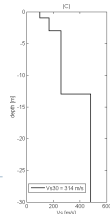
NORME SULLE COSTRUZIONI



GLI STUDI DI RISPOSTA SISMICA DI SITO SI BASANO SU

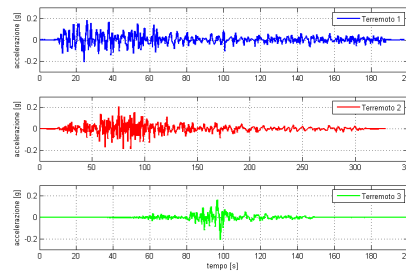
INPUT 1: PROPRIETA' MECCANICHE DEL SOTTOSUOLO

- ▶ profili di V_s, ρ
- ▶ profondità della tavola d'acqua
- ▶ andamento del modulo di taglio con la deformazione
- ▶ ecc.



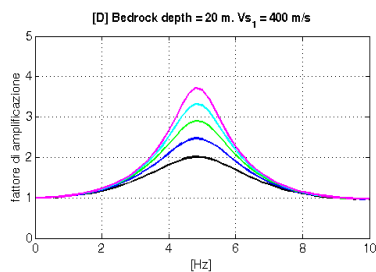
INPUT 2: MOTO DEL TERRENO

- ▶ terremoto "caratteristico" (tipica PGA_0 attesa sul bedrock, durata tipica, tipica forma d'onda ecc.)



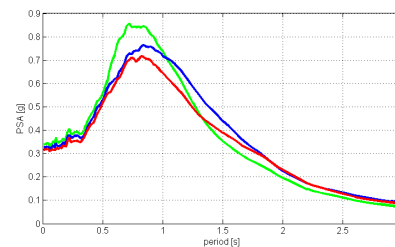
E FORNISCONO

OUTPUT 1: FUNZ. TRASFERIMENTO BEDROCK → SUPERFICIE



DIPENDE DAL TIPO DI SOTTOSUOLO

OUTPUT 2: SPETTRO DI RISPOSTA



Massima accelerazione/velocità/spostamento atteso su un oscillatore a un grado di libertà (edificio) in funzione del periodo proprio e dello smorzamento

E' FORTEMENTE CONDIZIONATA DALLO SPECIFICO INPUT SISMICO

In linea di principio è possibile calcolare la risposta sismica di sito tramite modellazioni dettagliate (1D, 2D, 3D, nD...).

Tuttavia queste si basano su una quantità di assunti e richiedono una conoscenza dei parametri rilevanti che è difficile da ottenere nella pratica quotidiana.

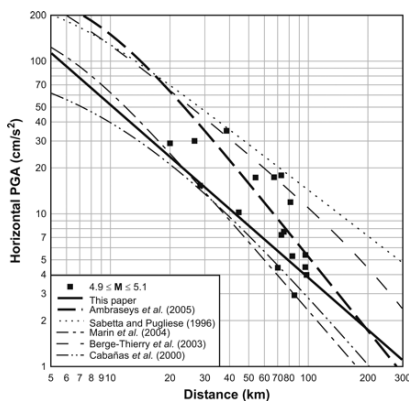
E anche quando sono disponibili, i problemi non mancano.

▶ 5

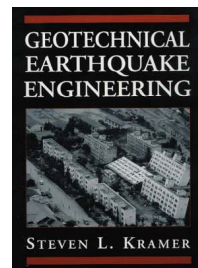
TUTTE LE VARIABILI HANNO UNA INCERTEZZA INTRINSECA.
MA QUESTA E' (RI)CONOSCIUTA A TENUTA IN CONTO? (1)

LEGGI DI ATTENUAZIONE

$$\log(\mathbf{PGA}_0) = a + bM + cR$$



Qual è l'incertezza su \mathbf{PGA}_0 ?



TUTTE LE VARIABILI HANNO UNA INCERTEZZA INTRINSECA. MA QUESTA E' (RI)CONOSCIUTA A TENUTA IN CONTO? (1)

$$\sigma_{\log(\text{PGA}_0)} > 0.2$$

E' l'incertezza tipica del logaritmo di PGA_0 (Campbell, 1981; Boore et al., 1993, ecc.). L'incertezza su PGA_0 è perciò $10^{0.2}$ o $e^{0.2}$, ossia **1.6 or 1.2 g (!!!)**

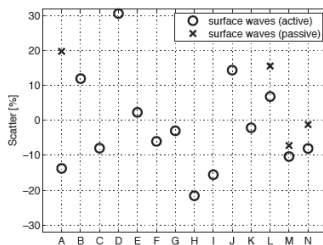
ID	LON	LAT	$T_R=30$			$T_R=50$		
			a_g	F_o	T_C	a_g	F_o	T_C
13111	6.5448	45.134	0.263	2.50	0.18	0.340	2.51	0.21
13333	6.5506	45.085	0.264	2.49	0.18	0.341	2.51	0.21
13555	6.5564	45.035	0.264	2.50	0.18	0.340	2.51	0.20

L'uso di 3 cifre significative per PGA_0 (NTC, 2008) non ha significato scientifico.

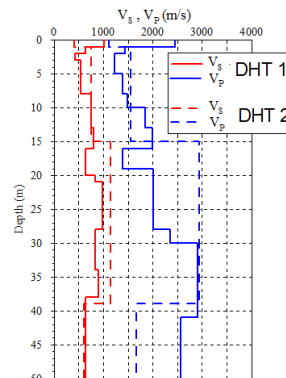
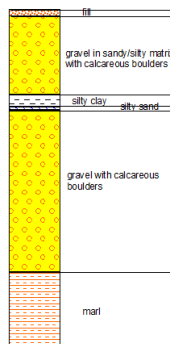


TUTTE LE VARIABILI HANNO UNA INCERTEZZA INTRINSECA. MA QUESTA E' (RI)CONOSCIUTA A TENUTA IN CONTO? (2)-

- ▶ Gli errori associati alla stima del profilo di V_s sono, ad essere ottimisti, dell'ordine del 20% (Asthen and Boore, 2005; Mulargia and Castellaro, 2009)



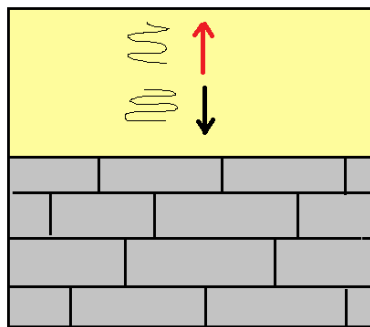
▲ Figure 1. Percentage scatter between V_s30 estimates at different sites. The V_s30 value obtained from direct methods (borehole) is used as a reference to compare V_s30 from surface methods (circles for passive methods, crosses for active methods). A) data presented in Louie (2001), B) data presented in Williams et al. (2003) for site FOS, C) ibid. for site SOW, D) ibid. for site KIN, E) ibid. for site SOP, F) Brown et al. (2002) for site CERRI, TOS, G) ibid. for site GARNER, H) ibid. for site JENSEN, I) ibid. for site OREGON, J) ibid. for site POTRERO, K) ibid. for site RINALDI, L) Stephenson et al. (2005) for site CCOC, M) ibid. for site MGCY, N) ibid. for site STGA.



DH effettuati nello stesso foro da 2 diverse università. Differenze **maggiori del 100%** sono evidenti.

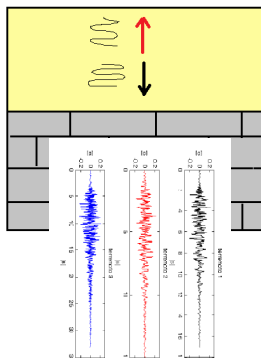
CASO ID

TUTTE LE VARIABILI HANNO UNA INCERTEZZA INTRINSECA.
MA QUESTA E' (RI)CONOSCIUTA A TENUTA IN CONTO? (3)



I codici standard usati per inferire l'amplificazione delle onde SH e lo spettro di risposta si fondano sull'assunto di onde S incidenti verticalmente, polarizzate orizzontalmente e che si muovono in su e giù

TUTTE LE VARIABILI HANNO UNA INCERTEZZA INTRINSECA.
MA QUESTA E' (RI)CONOSCIUTA A TENUTA IN CONTO? (3)



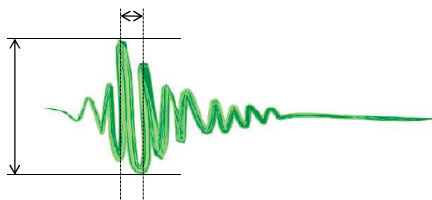
Ma l'Eurocodice chiede all'utente di
inserire almeno 7 accelerogrammi
completi

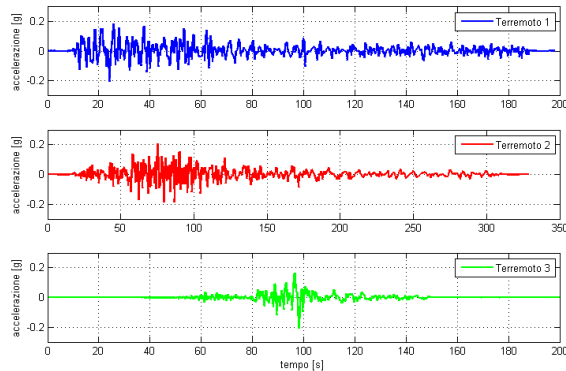


TUTTE LE VARIABILI HANNO UNA INCERTEZZA INTRINSECA.
MA QUESTA E' (RI)CONOSCIUTA A TENUTA IN CONTO? (3)

La sismologia insegna che ad eccezione dei terremoti molto profondi, che generano solo onde di volume, la dominatrice incontrastata **per ampiezza e durata** nel sismogramma fino ad almeno 200 km dalla sorgente è l'onda di Rayleigh, che attenua persino di più dell'onda di Love.

NMSOP, 2001





Ciò significa che la maggior parte di un accelerogramma *non* è onda SH e quindi non è chiaro perché si debba usare come input di un codice per onde SH un segnale che al 95% non è SH.

EVENTI LOCALI E REGIONALI


1. ampiezze massime → onde **L_g** guidate nella crosta e
2. per sorgenti superficiali → modo fondamentale delle onde di Rayleigh **R_g** di breve periodo

TELESISMI

1. le **onde di superficie** degli eventi superficiali hanno di gran lunga la massima ampiezza

CASO 2-3D












4th IASPEI / IAEE International Symposium:
Effects of Surface Geology on Seismic Motion
August 23–26, 2011 • University of California Santa Barbara

VERIFICATION AND VALIDATION OF NUMERICAL SIMULATION TECHNIQUES: LESSONS FROM THE E2VP PROJECT and ONGOING STUDIES IN EUROPE

(EUROSEISTEST VERIFICATION AND VALIDATION PROJECT)

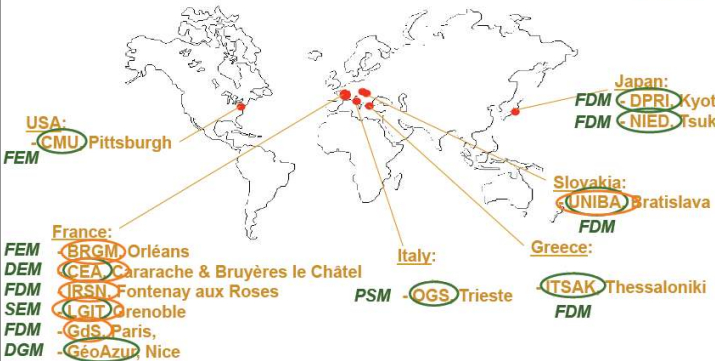
Pierre-Yves BARD, Fabrice HOLLENDER, Emmanuel CHALJUB,
Peter MOCZO, Jozef KRISTEK, Nikolaos THEODOULIDIS and
Kyriazis PITILAKIS

+
many French, European, American and Japanese colleagues

▶ 15

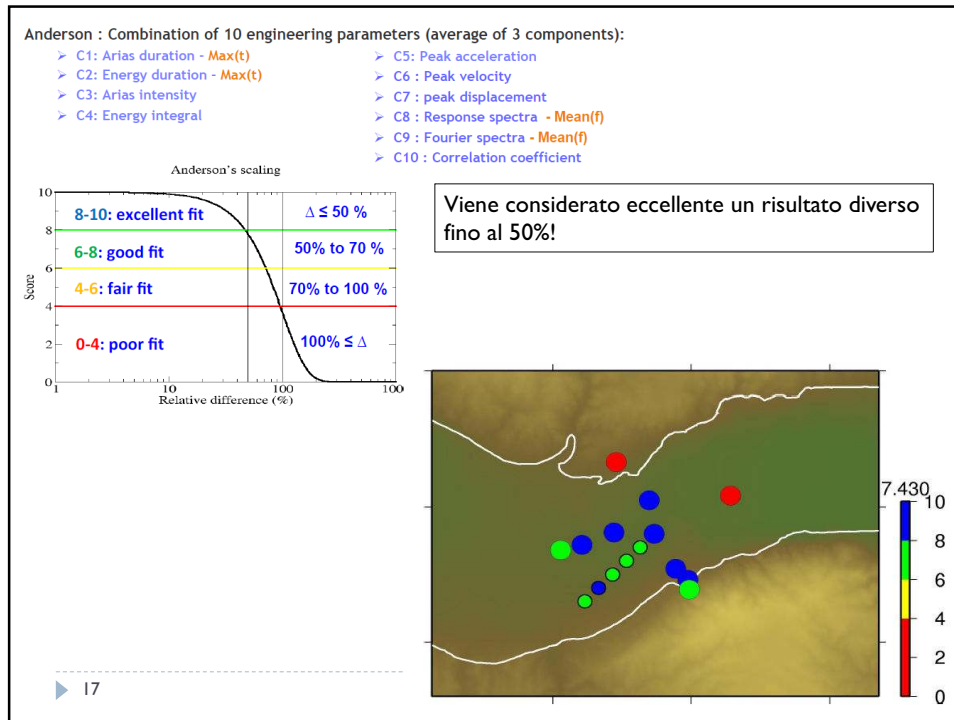
- 17 participating teams (Europe, USA, Japan)
- 12 “modeling” teams with 6 different numerical approaches



3D
2D

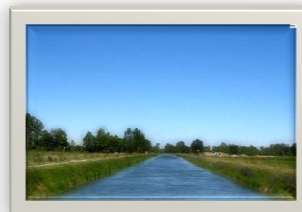
Partner	Numerical method
BRGM	Finite Elements
GdS	
IRSN	Finite Differences
CUB	
AUTH	
ISTerre	Spectral Elements
CEA	Discrete Elements

▶ 16



Questo non significa che non si debbano fare modelli 1D, 2D, 3D, nD. La ricerca deve continuare a lavorare su questi.

Ma nella pratica quotidiana sono necessari **metodi semplificati**, quanto più possibile significativi dal punto di vista fisico, che diano il senso degli andamenti dei parametri senza la pretesa di cogliere i valori assoluti (cosa che non riesce a fare nemmeno la ricerca).



Come sappiamo tutti in teoria questo metodo dovrebbe già esistere

Symposium Overview | ESG4 Conference @ UCSB - Windows Internet Explorer

http://esg.eri.ucsb.edu/

Google esg4 santa barbara

Symposium Overview | ESG4 Conference @ UCSB

Santa Barbara Semitic Earthquake Distors

ESG4 Conference @ UCSB

4th IASPEI / IAEE International Symposium:
Effects of Surface Geology on Strong Ground Motion

HOME PROGRAM ORGANIZATION TECHNICAL CONTACT

NSF NEES PG&E IASPEI USGS Earthquake Hazards Program SC/EC


Symposium Overview


The 4th International IASPEI/IAEE Symposium on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion (ESG4) was held at the University of California Santa Barbara from August 23 - 26, 2011. The first three Symposia were held in 1992 in Odawara, Japan, in 1998 in Yokohama, Japan, and in 2006 in Grenoble, France. The ESG working group was created jointly by IASPEI (International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior) and IAEE (International Association of Earthquake Engineering) almost thirty years ago to promote a greater understanding and analysis of the effects of surface geology on ground motion.


Internet | Modalità protetta: attivata


The Vs30 Debate: How We Can and Cannot Use Vs30 in Site Response Estimation


Session Chair: Alan Yong
Moderator: Jon Stewart


- 

Eric Thompson: Regional Correlations of Vs30 and Velocities Averaged Over Depths Less Than and Greater Than 30m
- 

Norman Abrahamson: Is Vs30 an Effective Parameter for Site Characterization?
- 

I. M. Idriss: Use of Vs30 to Represent Local Site Conditions
- 

Mihailo Trifunac: The Nature of Site Response During Earthquakes
- 

Silvia Castellaro: The VFZ Matrix: Simplified Soil Classification from a Different Perspective
- 

John Zhao: Comparison Between Vs30 and Site Period Parameters in Ground-motion Prediction Equations for Response Spectra

ALLA RICERCA DI UN METODO SEMPLIFICATO

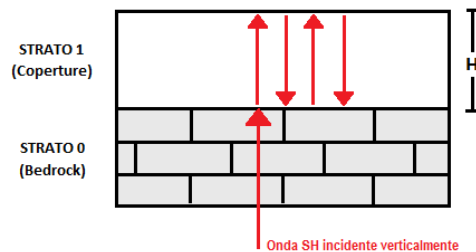
PER LA STIMA DELLA SOLA AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA



CAUSA PRINCIPALE DELL'AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

- ▶ E' l'esistenza di **variazioni di impedenza** (ρV_s) nei sottosuoli

$$F_a = 2 (\rho_0 V_{s_0} / \rho V_s)^{0.5}$$

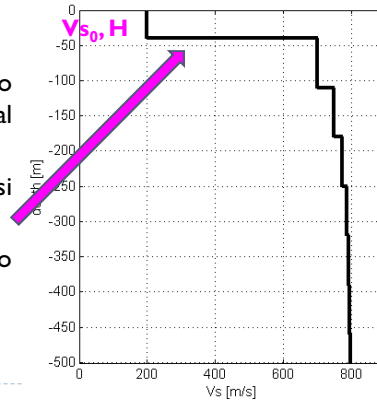


- ▶ **non** è il valore assoluto di rigidità (ρV_s^2) nei sottosuoli



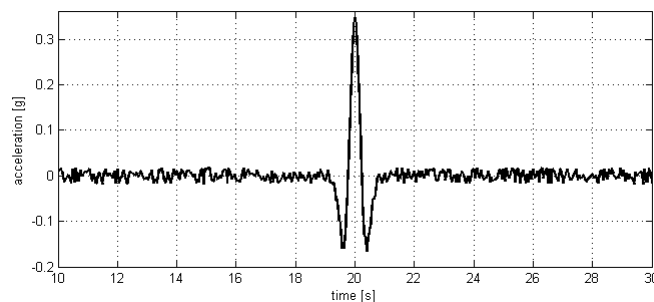
MODELLAZIONE

- ▶ Per indagare l'importanza dei contrasti di impedenza nell'amplificazione sismica, generiamo un insieme di modelli con le seguenti proprietà:
 - ▶ *Strato 1*: $V_{s0} = [100, 600]$ m/s, spessore $H = [3, 300]$ m,
 - ▶ *Strato 2*: $V_s > V_{s0}$, $V_s = [200, 2000]$ m/s,
 - ▶ *Strati 3-30*: V_s aumenta in modo esponenzialmente decrescente fino al bedrock, posto a 2 km di profondità.
 - ▶ Il massimo del contrasto di impedenza Z si colloca tra gli strati 1 e 2.
 - ▶ 45 diversi profili di V_s per ciascuno spessore dello strato 1
 - ▶ 585 modelli di sottosuolo investigati



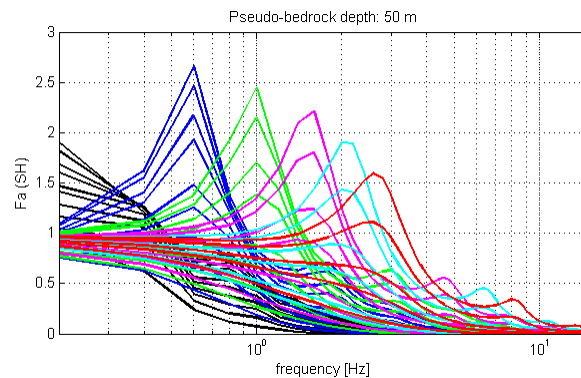
MODELLAZIONE

- ▶ Al fine di ridurre al minimo il numero di variabili e per analizzarne meglio l'influenza, usiamo la funzione più semplice possibile per descrivere il moto del terreno (il terremoto): una Ricker wavelet con frequenza 1 o 0.5 Hz per simulare terremoti medio-piccoli e medio-grandi, rispettivamente



MODELLAZIONE

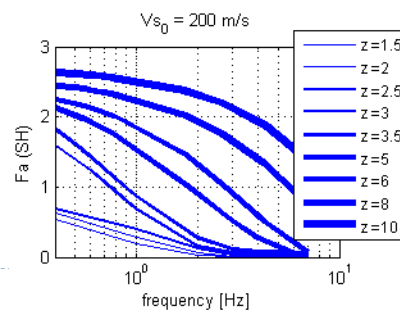
- ▶ Studiamo la risposta lineare-equivalente ID dei 585 modelli generati



Funzioni di trasferimento ottenute dai 45 modelli con spessore dello strato 1 = 50 m

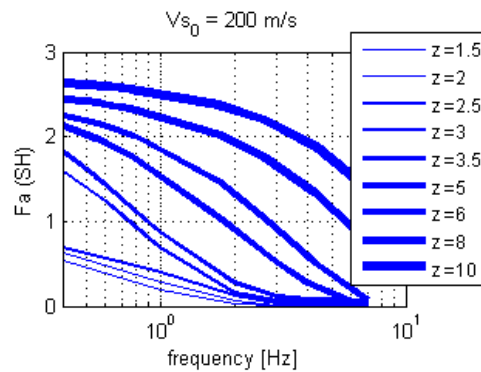
LA MATRICE VFZ

- ▶ Per ciascuna V_{s0} simulata rappresentiamo il massimo dell'amplificazione in funzione della sua frequenza (che dipende dalla profondità del bedrock) e otteniamo dei grafici come quello in figura.
- ▶ **Ciascuna curva connette i punti caratterizzati dagli stessi contrasti di impedenza tra strato 1 e strato 2.**



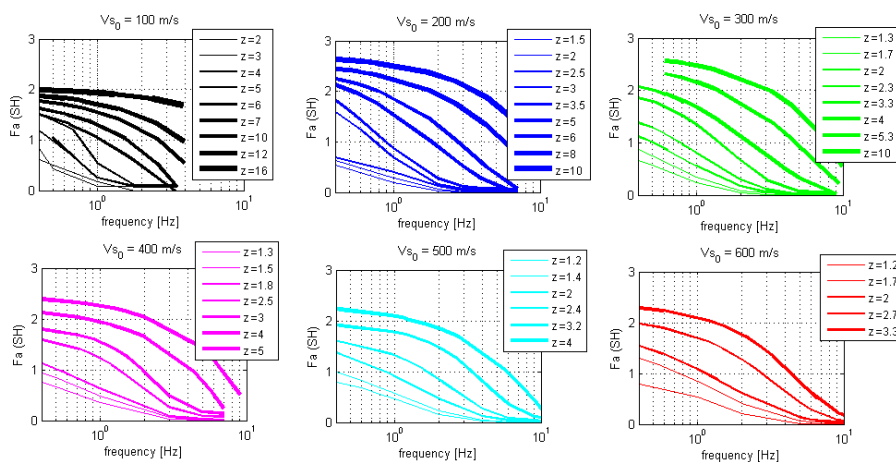
LA MATRICE VFZ

- ▶ Questi grafici rappresentano quindi un metodo veloce per ottenere una stima del fattore di amplificazione SH a partire da (V_{s_0}, f_0, Z) .

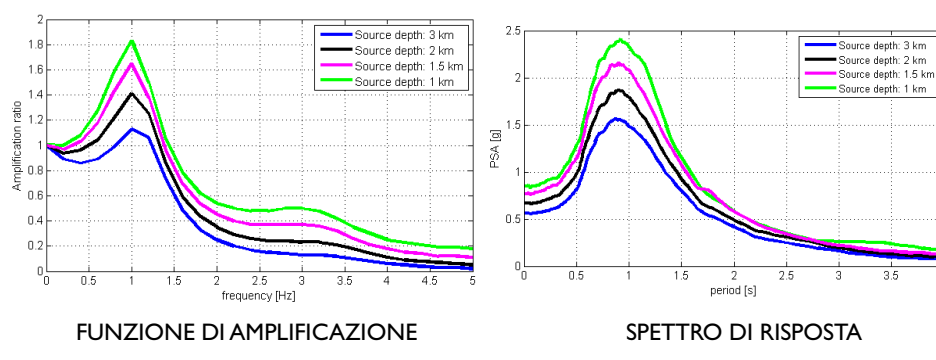


LA MATRICE VFZ

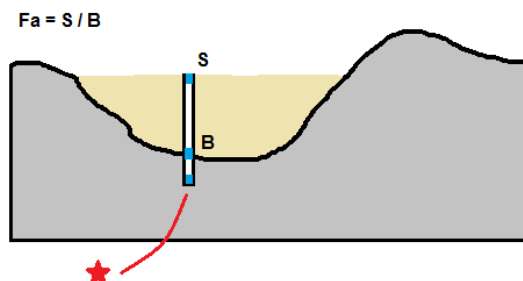
- ▶ V_{s_0} , f_0 e Z sono dunque i parametri base di una diversa proposta di classificazione (stimatori di F_{aSH})



Attenzione che però, nuovamente, non si tratta di numeri da prendere alla cieca in valore assoluto.
Le ampiezze assolute infatti variano molto con la **profondità della sorgente** assunta nei modelli.

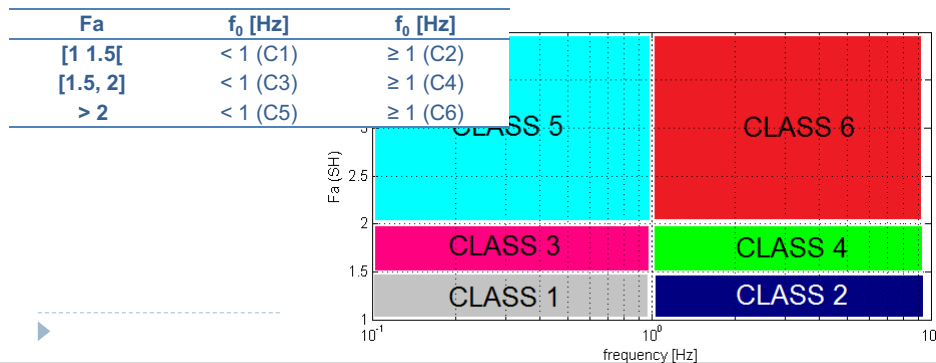


Questo deve far riflettere anche sul significato dei F_a misurati sperimentalmente tra bedrock e superficie, visto che bedrock non vuol dire “alla sorgente”.



LA MATRICE VFZ

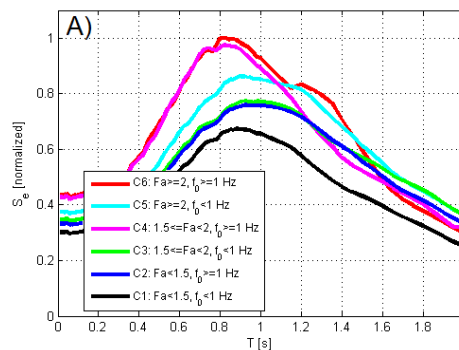
- ▶ Non sentiamo alcun bisogno di fissare limiti tra nuove classi di terreno perché questa procedura – se interpretata in modo rigido anziché statistico – aggiunge solo problemi ai margini tra le classi (Mulgargia and Castellaro, SRL, 2009).
- ▶ Comunque, solo per discutere i benefici di una classificazione basata su V_{s0} , f_0 e Z , raggruppiamo i nostri 585 modelli di terreno come mostrato sotto.



LA MATRICE VFZ

Spettri di risposta medi derivati dai nostri modelli per ciascuna categoria VFZ.

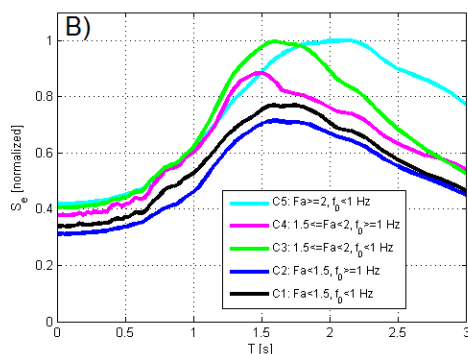
- ▶ Input: 1 Hz Ricker wavelet
 - ▶ Il massimo dell'accelerazione nello spettro di risposta è atteso su suoli con $F_a \geq 1.5$ e $f_0 \geq 1$ Hz, che è intuitivo.
 - ▶ Il minimo dell'accelerazione è atteso su suolo con $F_a < 1.5$ e $f_0 < 1$ Hz.



LAMATRICE VFZ

Spettri di risposta medi derivati dai nostri modelli per ciascuna categoria VFZ.

- ▶ Input: 0.5 Hz Ricker wavelet
 - ▶ Il massimo dell'accelerazione è atteso su suoli con $F_a \geq 1.5$ e $f_0 < 1$ Hz, che è di nuovo intuitivo.
 - ▶ Il minimo dell'accelerazione è atteso su suoli con $F_a < 1.5$ e $f_0 \geq 1$ Hz.

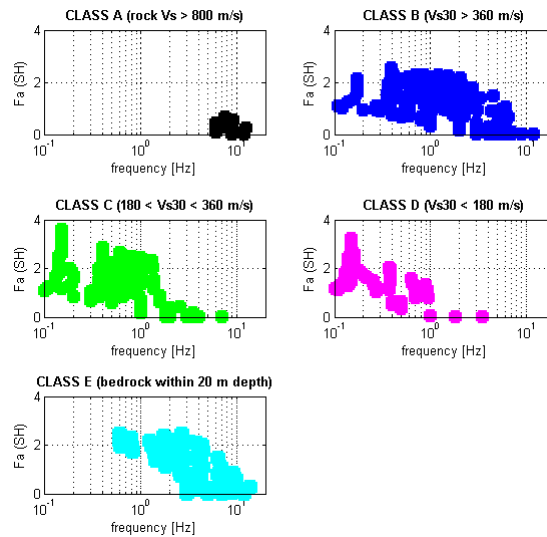


MENTRE NEL DOMINIO **VFZ**
I RISULTATI OTTENUTI
HANNO SPIEGAZIONI
INTUITIVE,

NEL DOMINIO **Vs30**
QUESTE SPIEGAZIONI
MANCANO

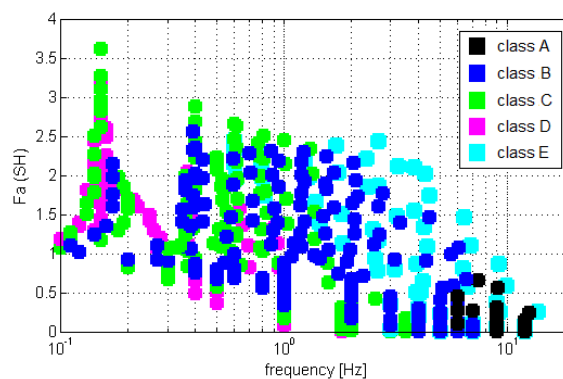
LIMITI DEL METODO SEMPLIFICATO ATTUALE (1)

- ▶ Raggruppiamo i massimi di amplificazione e le relative frequenze dei nostri modelli secondo la loro categoria Vs30.
- ▶ Vs30 non è in grado di discriminare né le diverse amplificazioni né le diverse frequenze di amplificazione.



LIMITI DEL METODO SEMPLIFICATO ATTUALE (1)

Vs30 non è in grado di discriminare in modo efficace né le diverse amplificazioni né le diverse frequenze di amplificazione.

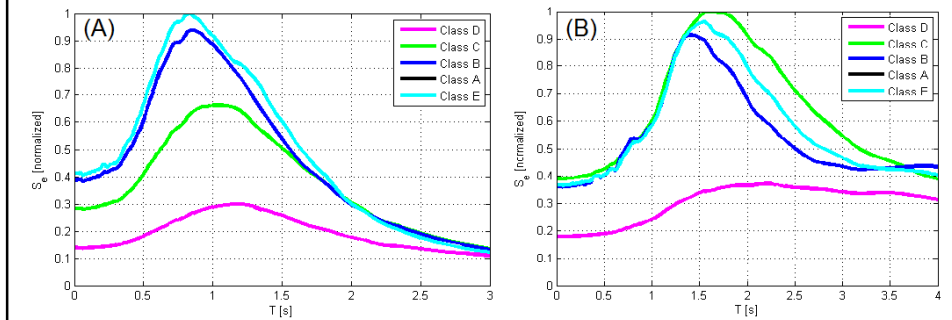


LIMITI DEL METODO SEMPLIFICATO ATTUALE (2)

Spettri di risposta medio derivato dai nostri modelli per ciascuna categoria definita sulla base di Vs30.

Input: 1 Hz Ricker wavelet (sx). Le massime accelerazioni sono attese su edifici posti su suoli di categoria E e B e si osserva uno spostamento della frequenza di picco, che decresce dalla classe E alla B alla C e alla D.

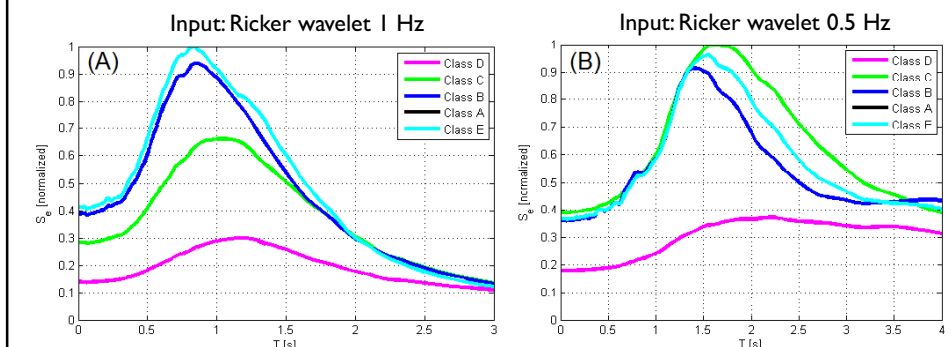
Input: 0.5 Hz Ricker wavelet (dx). Il massimo si trova nella classe C e la sua frequenza aumenta dalla classe C alla E alla B.



LIMITI DEL METODO SEMPLIFICATO ATTUALE (2)

Spettro di risposta medio derivato dai nostri modelli per ciascuna categoria definita sulla base di Vs30.

Il parametro Vs30 non è un classificatore adatto nemmeno quando si considerano gli spettri risposta, poiché questi ultimi dipendono molto dal contenuto specifico in frequenza del moto di input rispetto alle autofrequenze del sottosuolo, cosa che non è tenuta in alcun conto nel metodo basato su Vs30.



L'APPROCCIO VFZ

Questa non è Fisica raffinata
ma perlomeno è un approccio fisico al
problema della stima di $F_{a_{SH}}$.



Approcci che cercano di tenere in conto il
contrasto di impedenza sono già in uso.



**INDIRIZZI E
CRITERI
NAZIONALI PER
LA
MICROZONAZIONE
SISMICA**



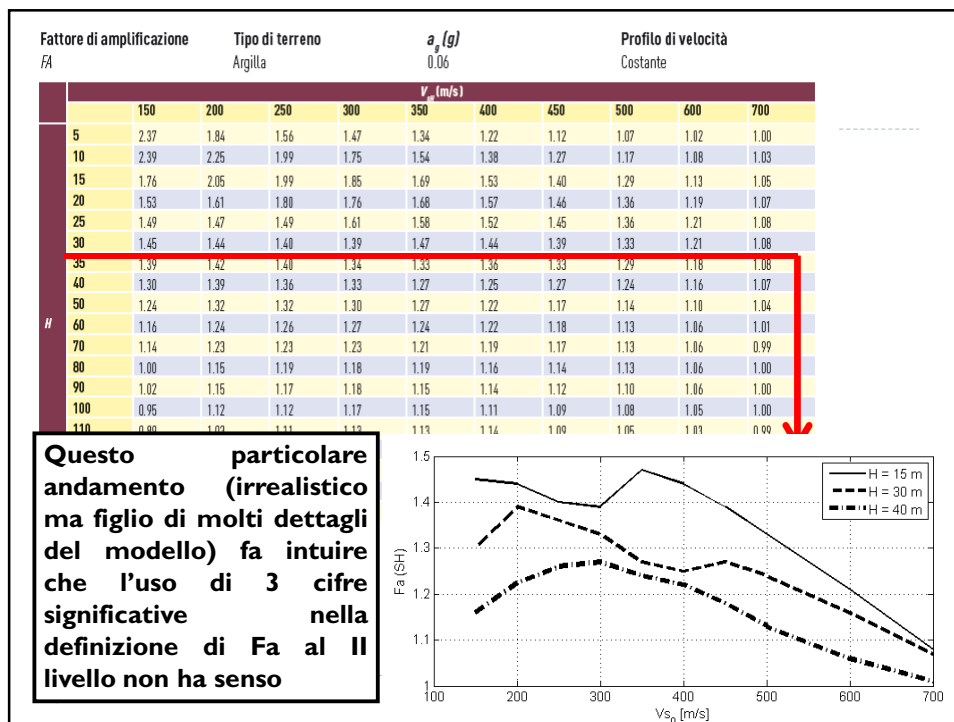
40

Tuttavia essi rimangono vincolati:

- ▶ alla definizione del bedrock come strato con $V_s > 800$ m/s
- ▶ alla definizione del profilo di V_s fino alla profondità H , difficilmente raggiungibile quando supera qualche decina di metri

E mostrano andamenti con qualche problema.

▶ 41



F.A. P.G.A.

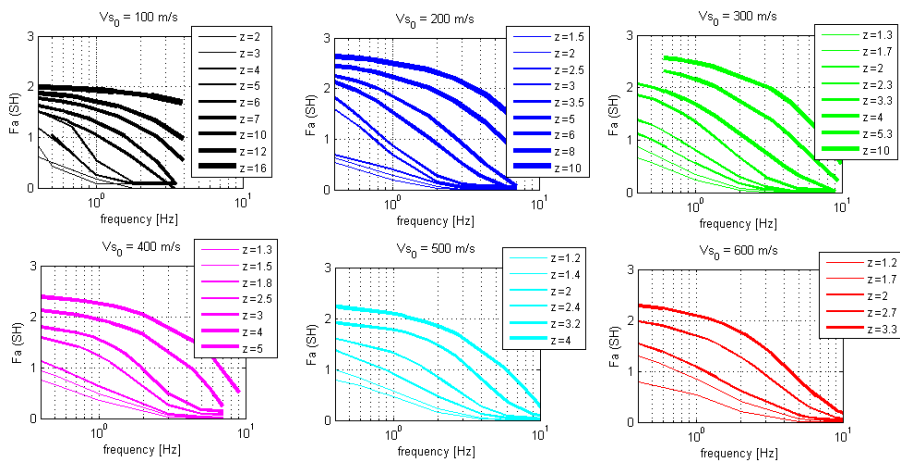
V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.6	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0
20	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	1.9	2.0	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.0
30	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.5	1.5	1.4	1.2	1.0
35	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0
40	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.1	2.0	1.7	1.5	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.3	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
25	2.2	2.4	2.2	2.0	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
30	2.1	2.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
35	1.9	2.1	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.0

Gli abachi della regione Emilia R. sono già più 'onesti' (2 cifre significative) sebbene anche questi figli di alcuni dettagli del modello usato per ottenerli (basta osservare l'andamento all'aumentare di V_{s0})

▶ 43



▶ 44



ESG4 Conference @ UCSB

4th IASPEI / IAEE International Symposium:
Effects of Surface Geology on Strong Ground Motion

Un approccio simile al VFZ è stato invece presentato da Cadet et al. (2011). Come stimatori di F_{aSH} essi propongono:

→ f_0

→ la curva di dispersione dell'onda di Rayleigh (V_{s0} fino ad almeno $3.3 f_0$)

E derivano il loro approccio da osservazioni sperimentali sui dati del terremoto di Tohoku (2011).

L'approccio VFZ invece è derivato su base numerica e **si aggiunge Z per rilasciare la necessità di definire cosa è un bedrock** (problema annoso).



LA MATRICE VFZ IN PRATICA

V_{s0}, f_0, Z

- ▶ Esistono molti modi per misurare o derivare questi parametri da indagini di campagna e non saranno discussi ora.
- ▶ Comunque, va notato che V_{s0} , f_0 e Z devono essere determinati nell'intero dominio di interesse ingegneristico $\sim [0.1-20]$ Hz, che corrisponde a circa 1 km – 2 m di profondità.

