



ORDINE **DEI** GEOLOGI **DELLA** LAZIO

MODELLAZIONE CONCETTUALE E NUMERICA DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE IN CONTESTI GEOLOGICI BIDIMENSIONALI



01 Febbraio 2022

Prof. Salvatore Martino
salvatore.martino@uniroma1.it



Indice

1. Schemi di risposta sismica 2D
2. Evidenze strumentali di risposta sismica 2D
3. Principi e strumenti di modellazione numerica 2D
4. Linee guida dai protocolli tecnici derivanti da OPCM 24-2017
5. Caso di studio





ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

1

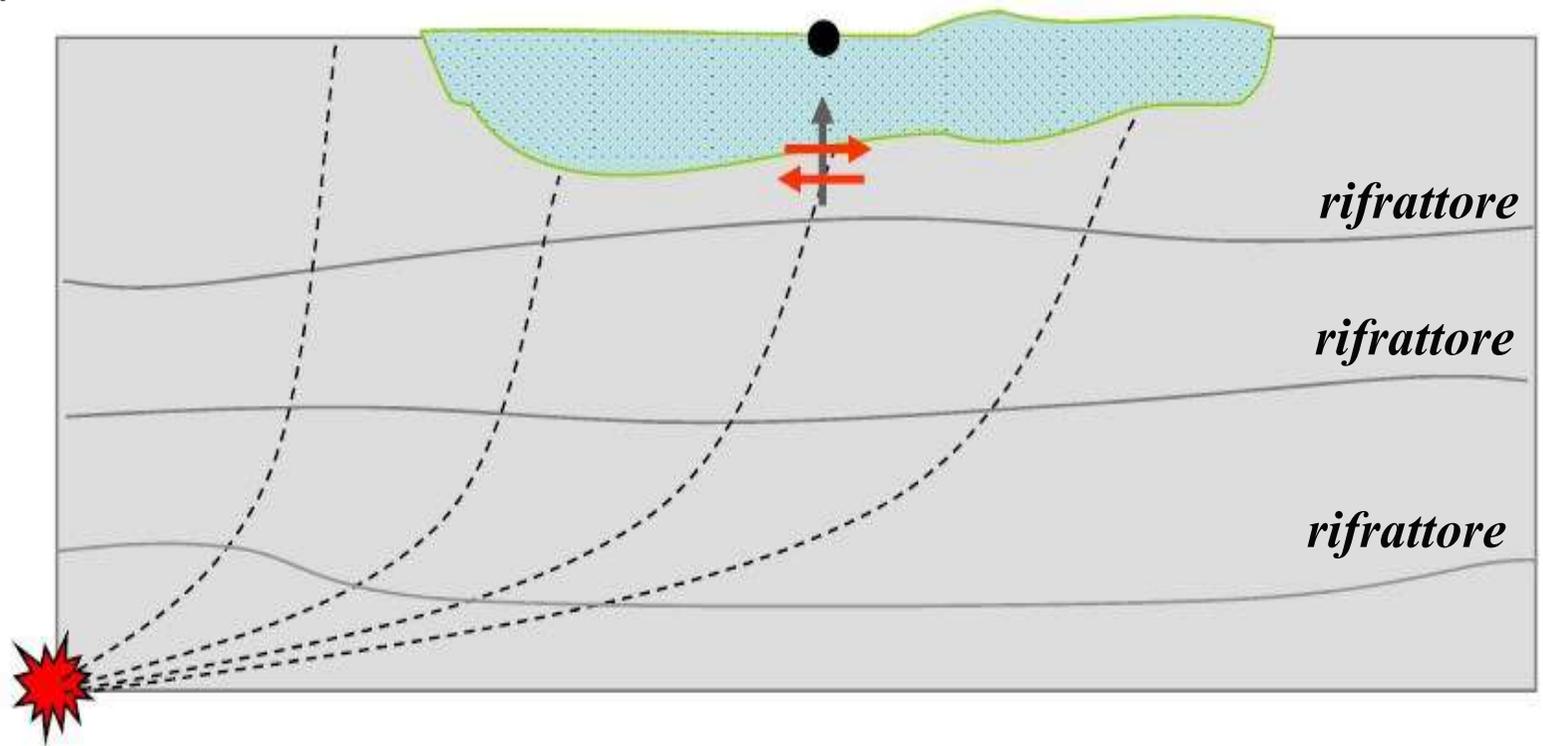
Schemi di risposta sismica 2D





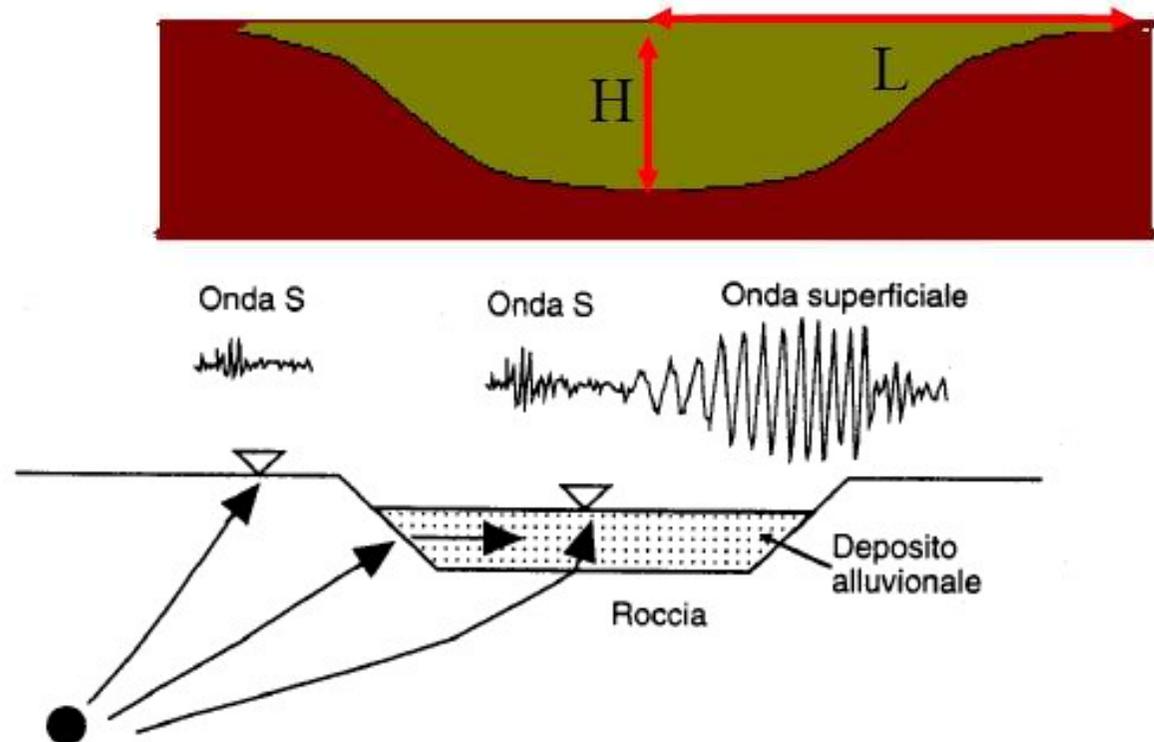
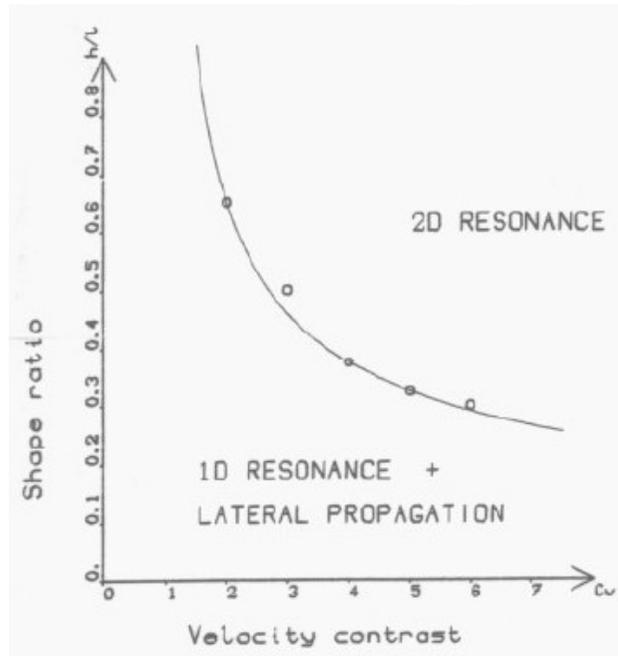
Schemi di risposta sismica 2D

Il fronte d'onda alla base di un bacino può assumersi piano in condizioni di *far field* tanto più la sorgente sismogenica è profonda e tanto più è complesso lo schema di rifrazione degli strati crostali superficiali (in tal caso l'ipotesi di incidenza non ortogonale resta limitata alle sole distanze comprese tra il *near fault* ed il *far field*)



Schemi di risposta sismica 2D

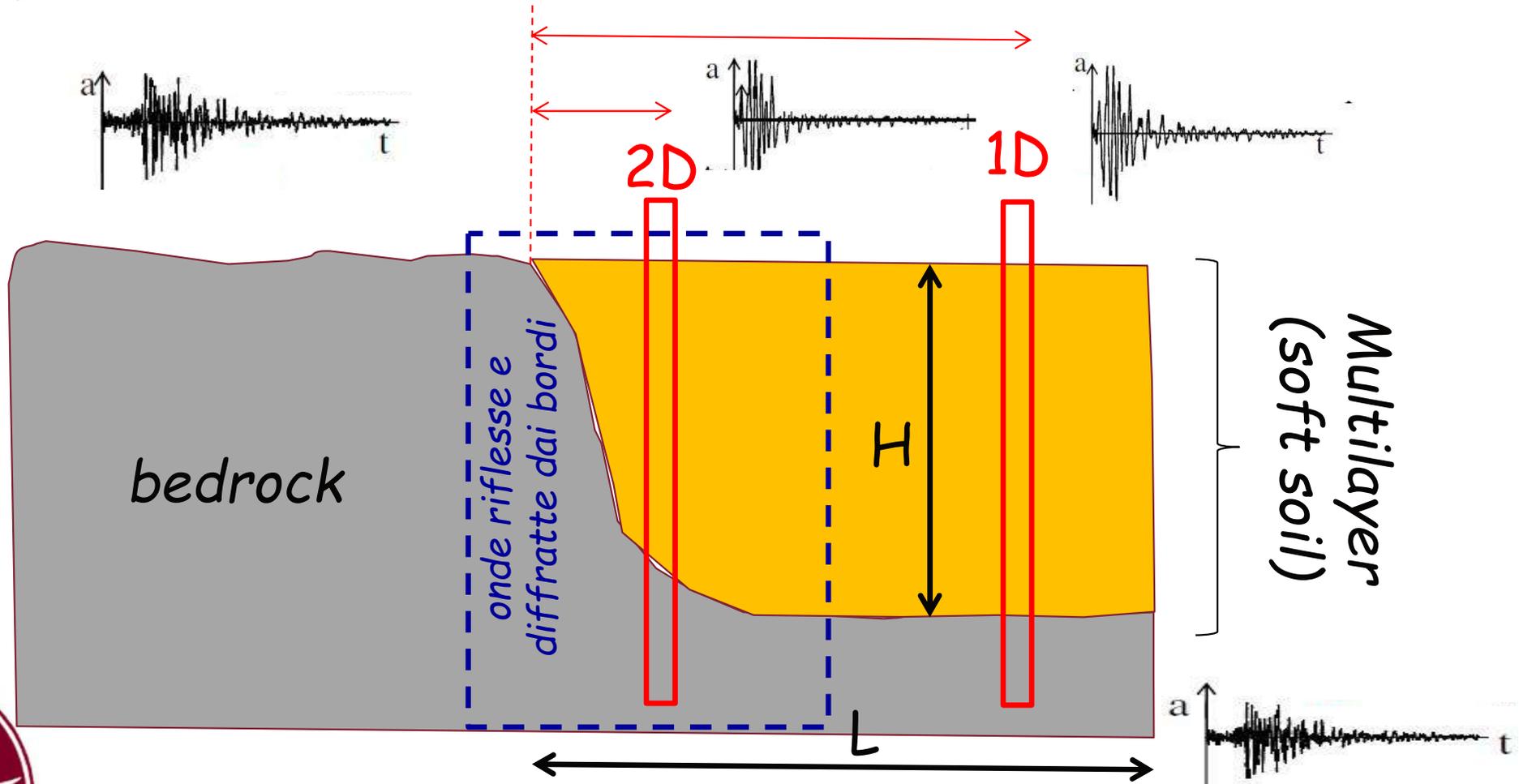
Quando non può essere trascurato il rapporto H/L di un bacino il modello di risposta deve assumersi 2D





Schemi di risposta sismica 2D

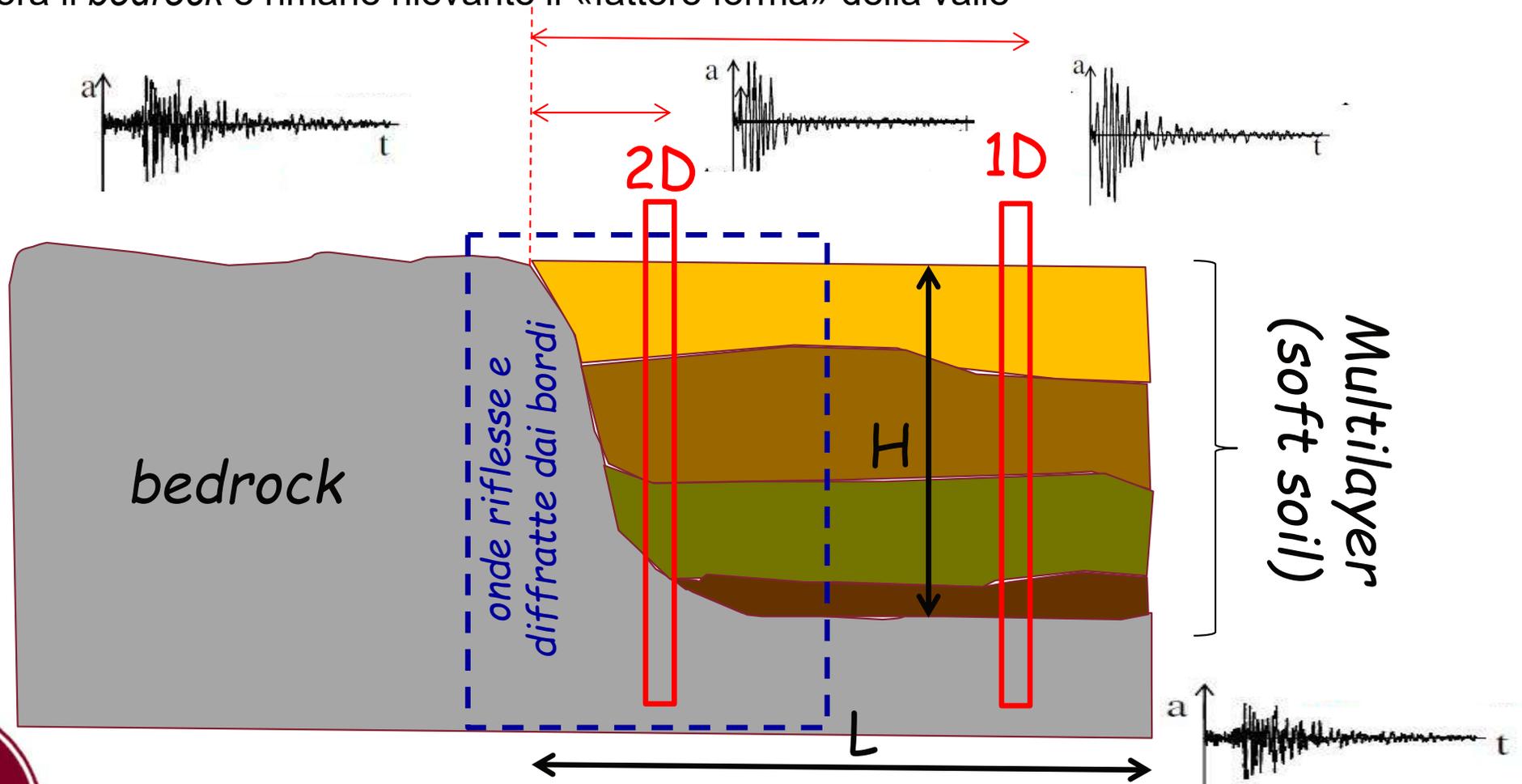
In una condizione di *soft soil* omogeneo lo scostamento dal comportamento 1D della RSL dipende essenzialmente dalla distanza dal bordo vallivo in cui affiora il *bedrock* e dal rapporto geometrico dell'intera valle espresso dal «fattore forma»





Schemi di risposta sismica 2D

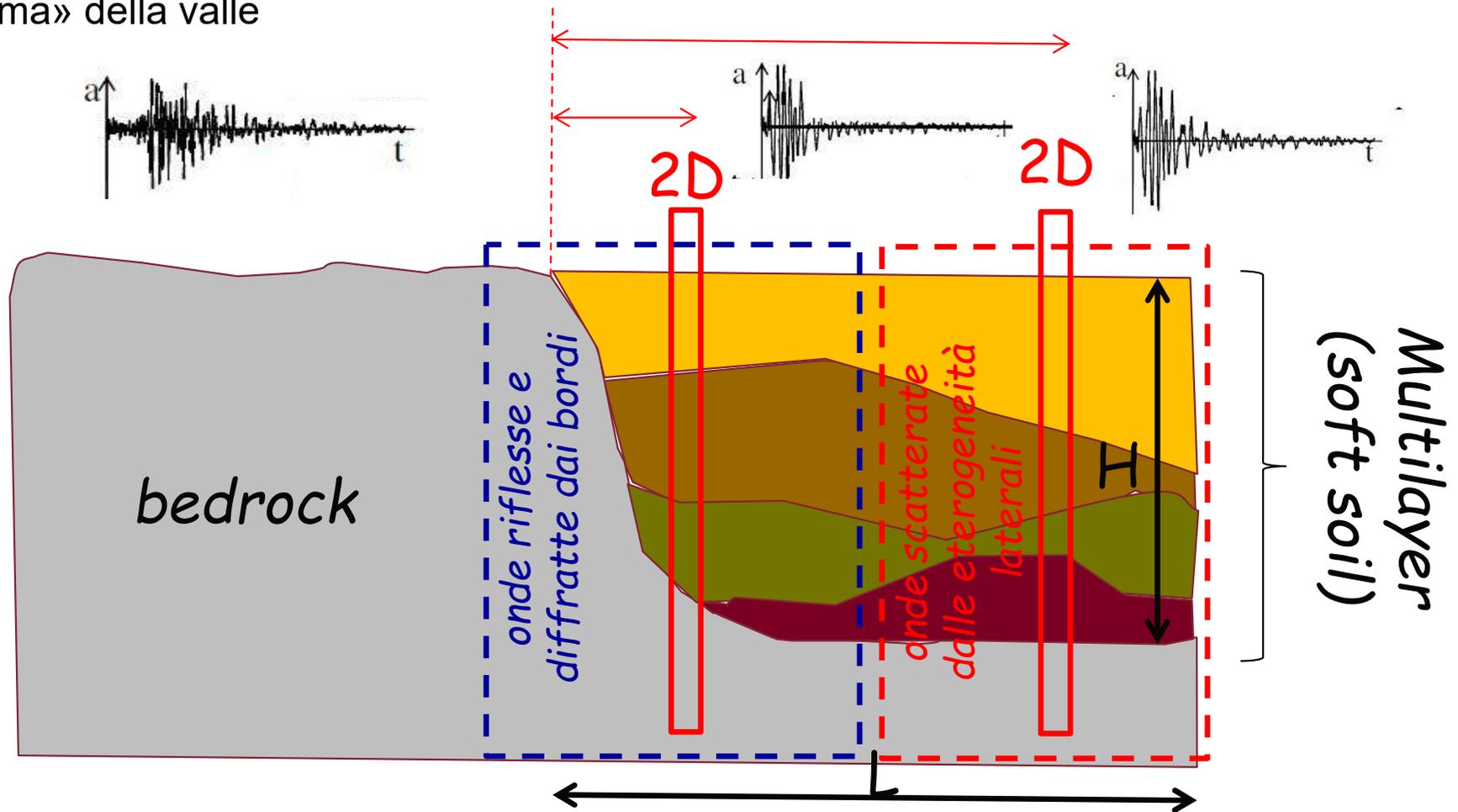
In una condizione di *soft soil* costituito da strati piano-paralleli lo scostamento dal comportamento 1D della RSL dipende essenzialmente dalla distanza dal bordo vallivo in cui affiora il *bedrock* e rimane rilevante il «fattore forma» della valle





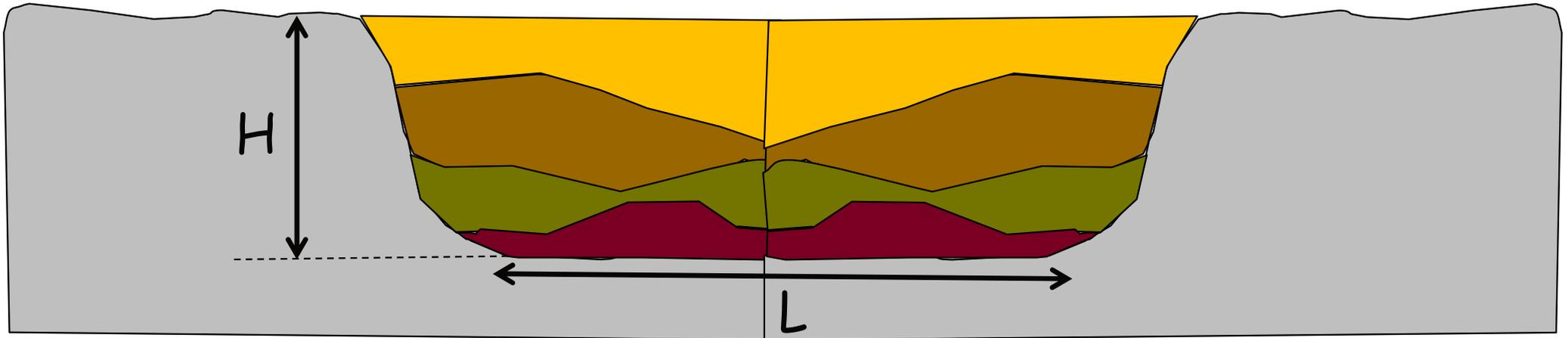
Schemi di risposta sismica 2D

In una condizione di *soft soil* costituito da strati non piano-paralleli lo scostamento dal comportamento 1D della RSL dipende sia dalla distanza dal bordo vallivo in cui affiora il *bedrock* che da quella delle eterogeneità del *soft soil* adiacenti mentre diventa secondario il «fattore forma» della valle

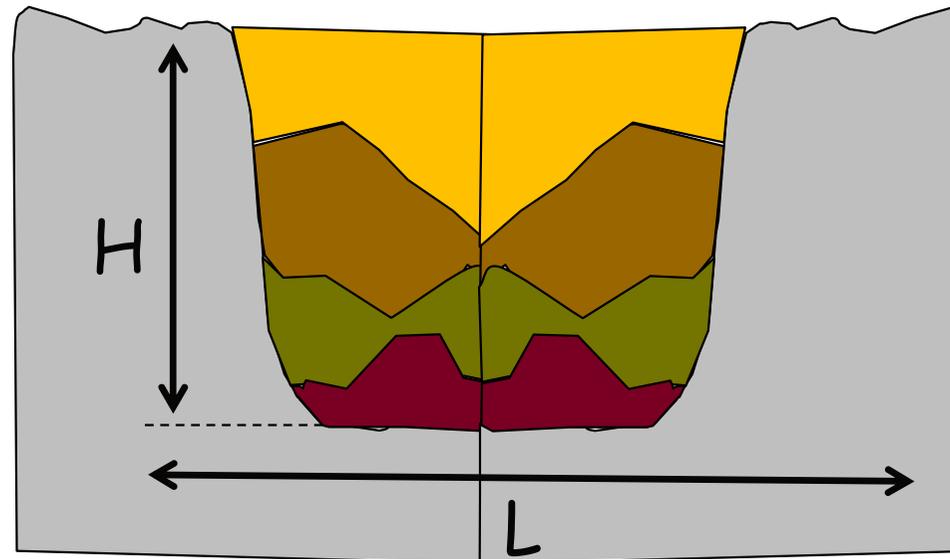




Schemi di risposta sismica 2D



Schema di valle larga



Schema di valle stretta

Rapporto di forma

$$H/L$$

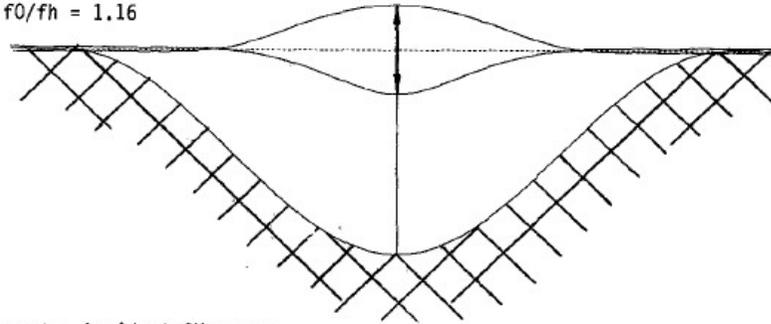




Amplificazione stratigrafica 2D e «bacini risonanti»

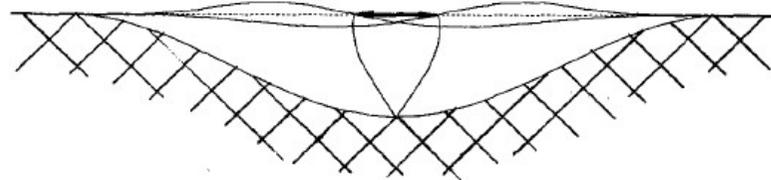
Bulk mode, incident P waves.

$h/l = 0.6$; $f_0/f_h = 1.16$



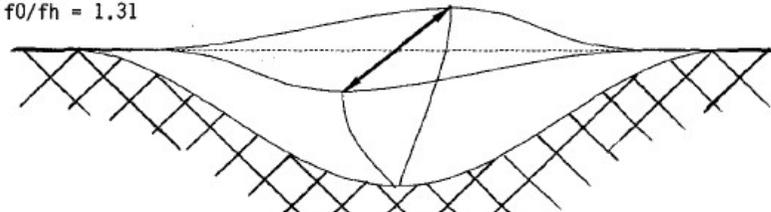
In-plane shear mode, incident SV waves.

$h/l = 0.3$; $f_0/f_h = 1.41$



Anti-plane shear mode, incident SH waves.

$h/l = 0.4$; $f_0/f_h = 1.31$



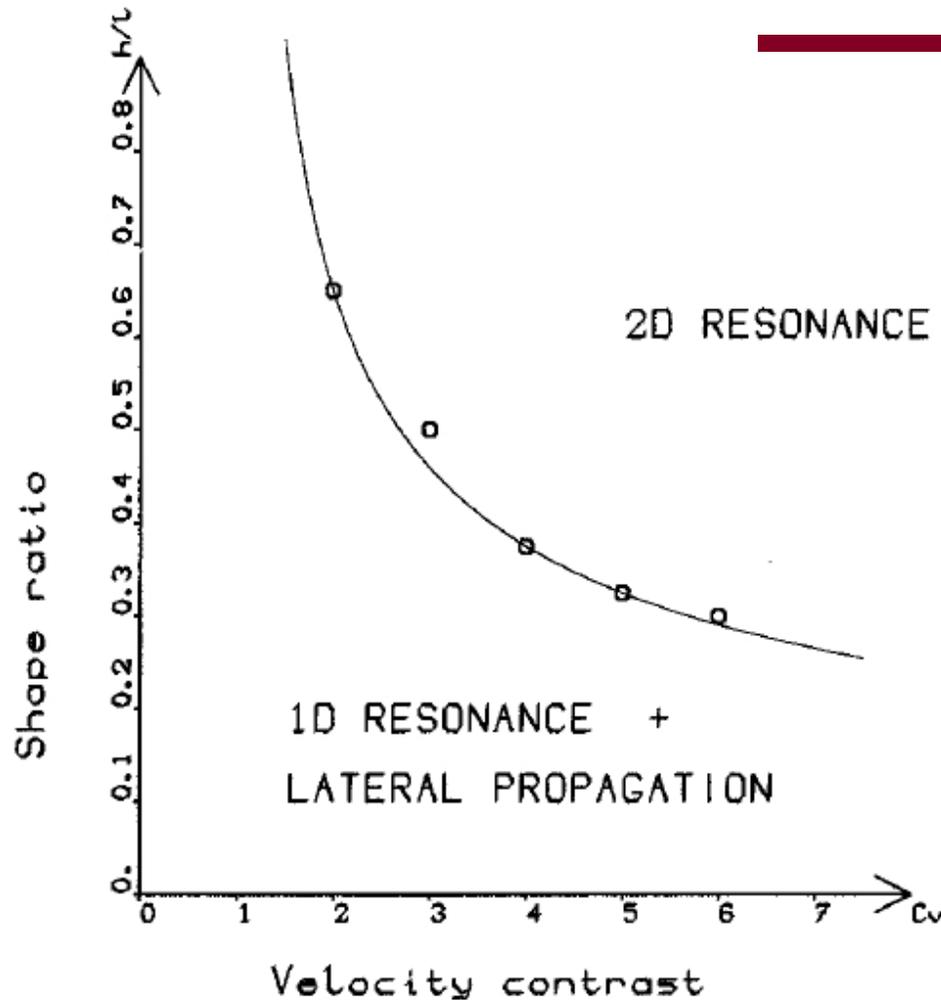
moto sismico «in piano»
(*in plain*): onde SV e P

moto sismico «fuori piano»
(*out plain*) onde SH





Amplificazione stratigrafica 2D e «bacini risonanti»



La risonanza 2D si distingue dall'effetto 1D in relazione alla forma del bacino ed al contrasto di impedenza *soft soil/bedrock* (C_v) in base a due campi definiti dalla curva di equazione:

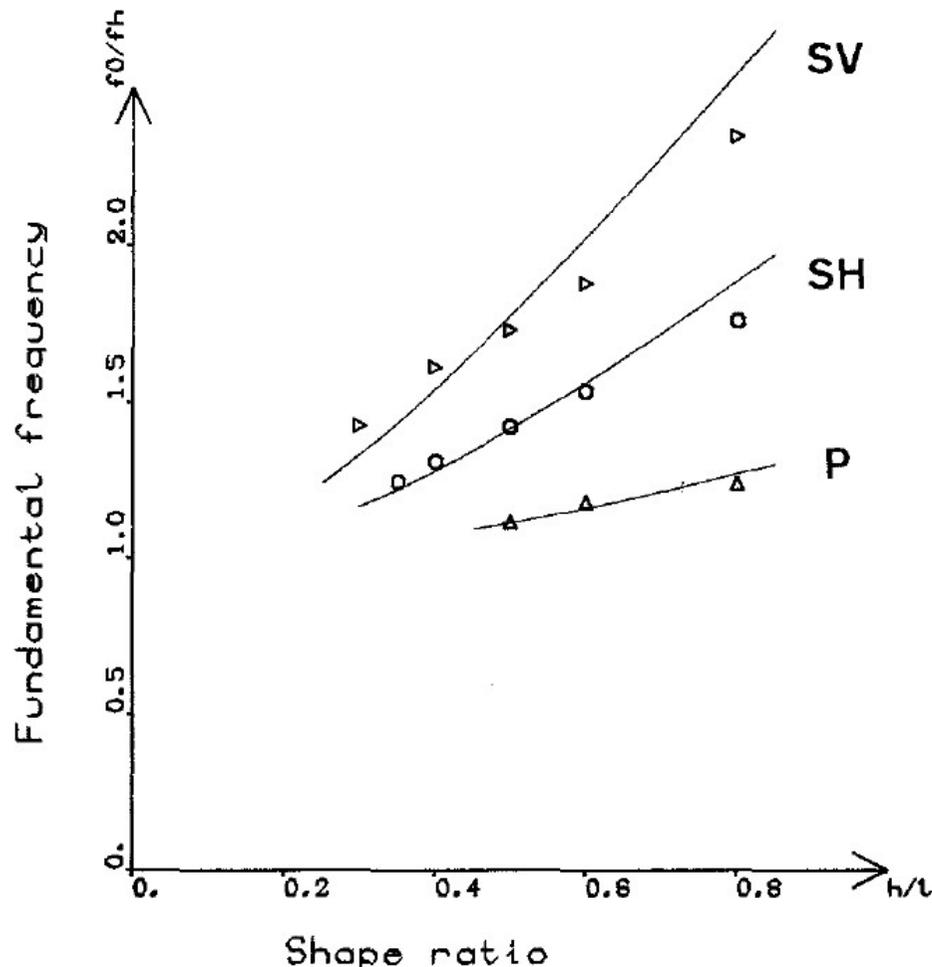
$$(h/l)_c = 0.65 / \sqrt{C_v - 1}$$

Lo studio di Bard&Bouchon considera un riempimento vallivo omogeneo, un *damping* costante nel deposito di riempimento ed un *bedrock* indeformabile





Amplificazione stratigrafica 2D e «bacini risonanti»



La frequenza di risonanza 2D del bacino (f_0) aumenta rispetto alla frequenza di risonanza 1D (f_h) all'aumentare del rapporto di forma h/l . Essa dipende dal tipo di moto considerato (e dunque della tipologia di onde sismiche)

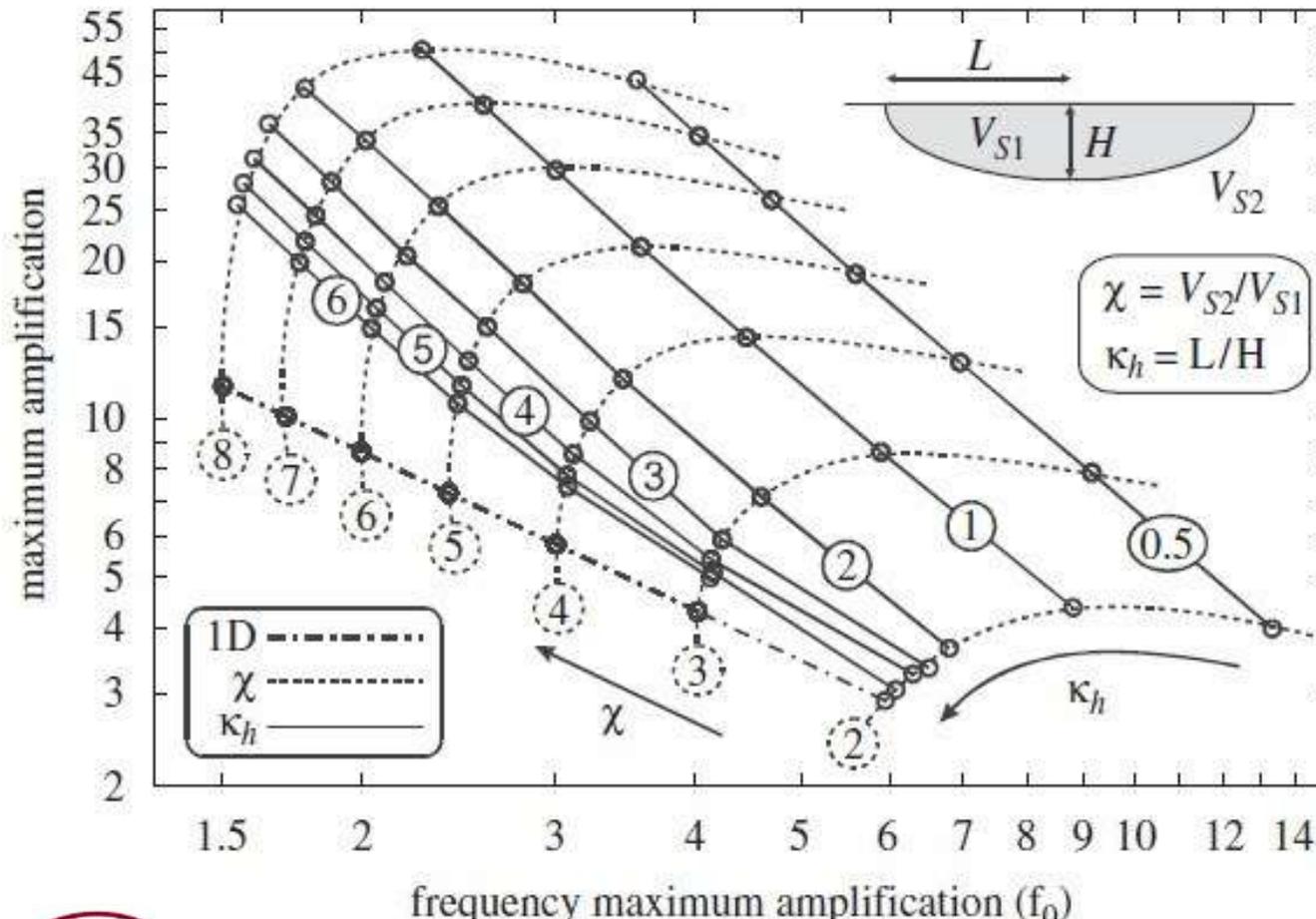
$$f_0^P = f_h^P \sqrt{1 + (h/l)^2}$$

$$f_0^{SV} = f_h^{SV} \sqrt{1 + (2.9 h/l)^2}$$





Amplificazione stratigrafica 2D e «bacini risonanti»

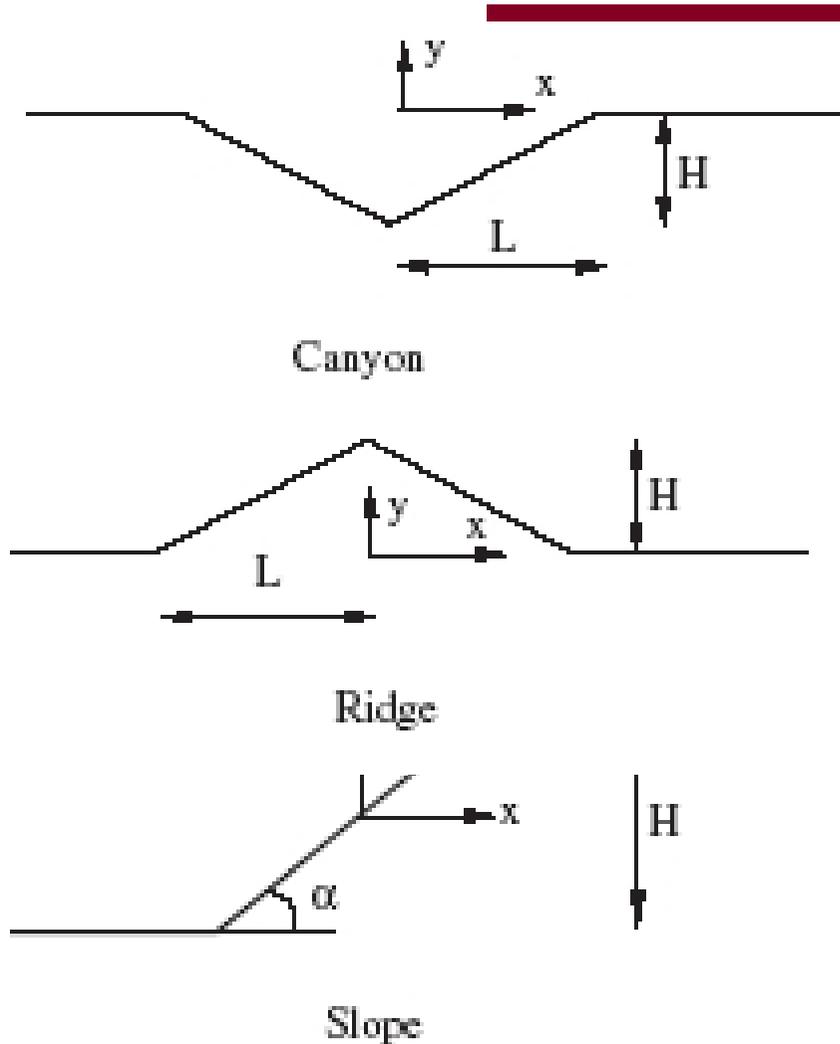


Semblat et al (2010) hanno proposto un nuovo abaco che tiene conto dell'eventualità di un *bedrock* elastico deformabile al di sotto del riempimento omogeneo del bacino per determinare la frequenza di risonanza 2D e la massima amplificazione ad essa associata





Amplificazione topografica

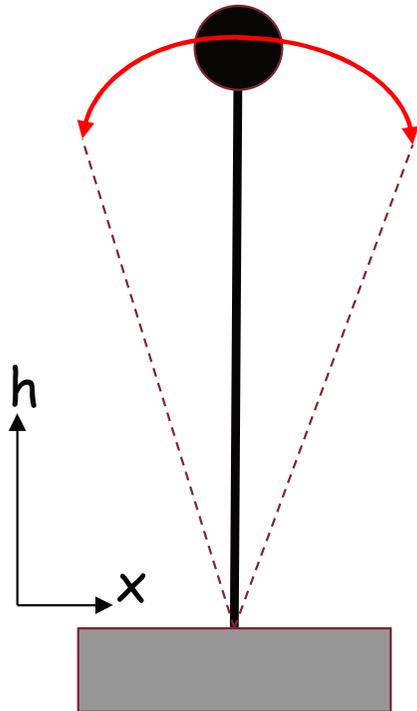


L'interazione delle onde di superficie (di tipo R e L) con la morfologia di superficie comporta peculiari effetti di amplificazione (*shape effect*) che sono riconducibili a geometrie tipiche dei rilievi: depressioni (*canyon*), rilievi (*ridge*), versanti (*slope*)

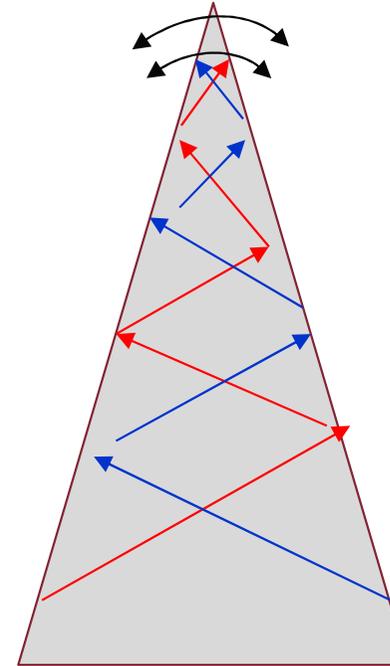




Amplificazione topografica sugli apici dei rilievi



Essendo la velocità angolare ($\omega = v/h = 2\pi/T$) costante per l'esserlo il periodo T di oscillazione la velocità di oscillazione (v) e la conseguente ampiezza del moto (a) aumentano con la quota (h) misurata dal perno di oscillazione



All'interno di un cuspidate le onde riflesse sui bordi (interfacce aria/roccia) si propagano verso la sommità concentrandosi nella zona di apice ed intensificando l'ampiezza del moto

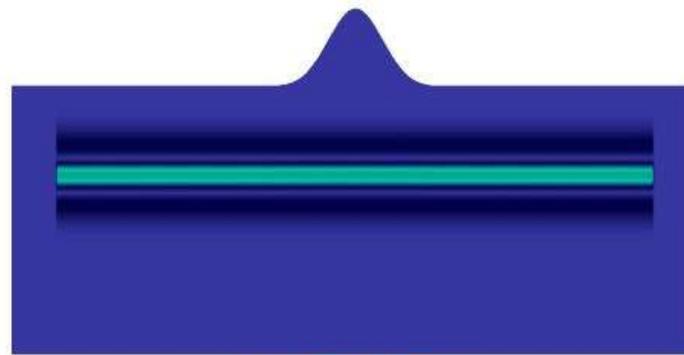
L'effetto della topografia sul moto sismico consiste in una perturbazione dello stesso dovuta a due processi:

- 1) amplificazione dell'ampiezza del moto in corrispondenza delle posizioni più elevate («effetto frusta»)
- 2) focalizzazione delle onde sismiche in corrispondenza delle culminazioni apicale (*ridge effect*)

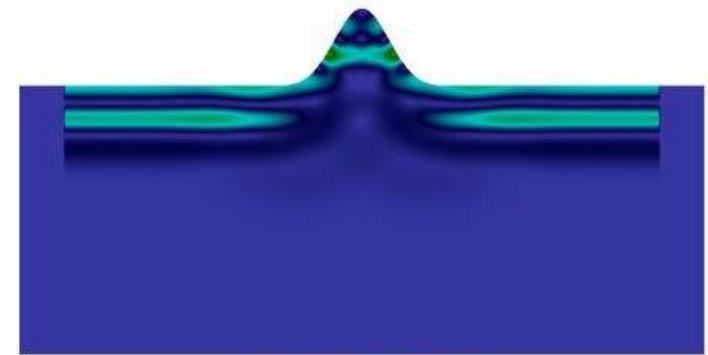




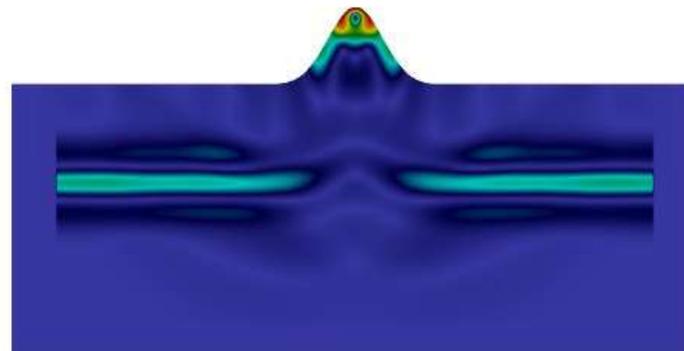
Amplificazione topografica sugli apici dei rilievi



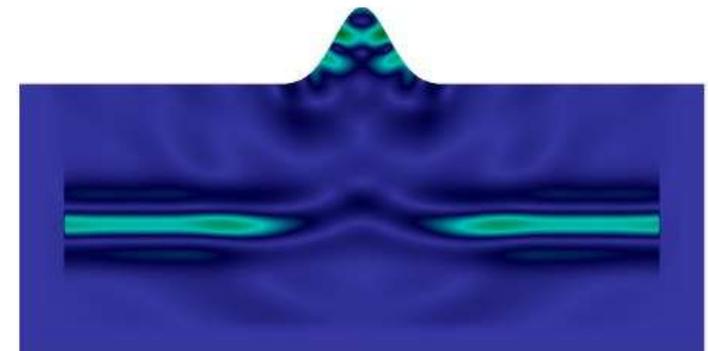
(a) $t = 1.5s$



(b) $t = 2.3s$



(c) $t = 2.73s$

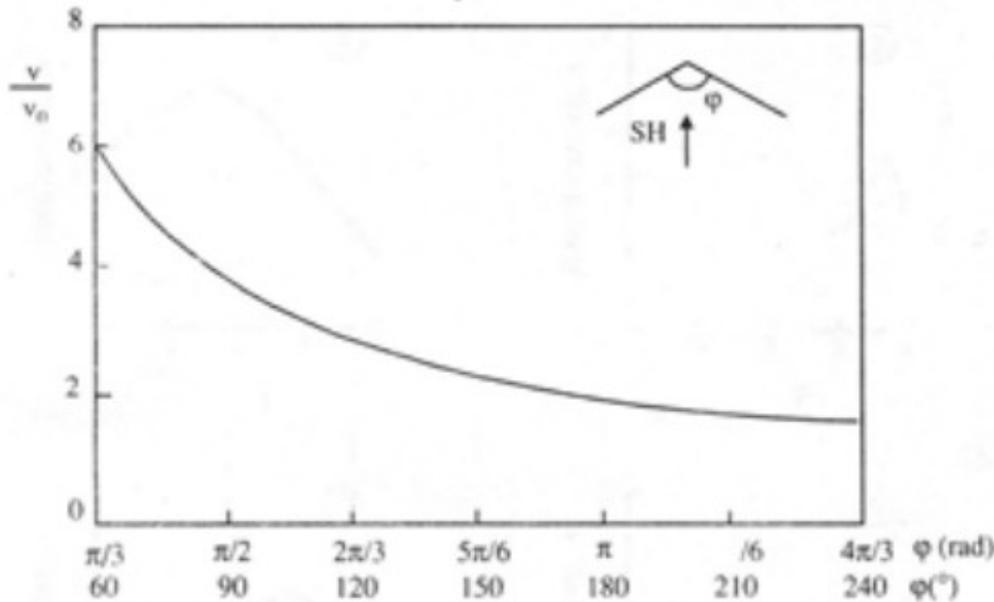
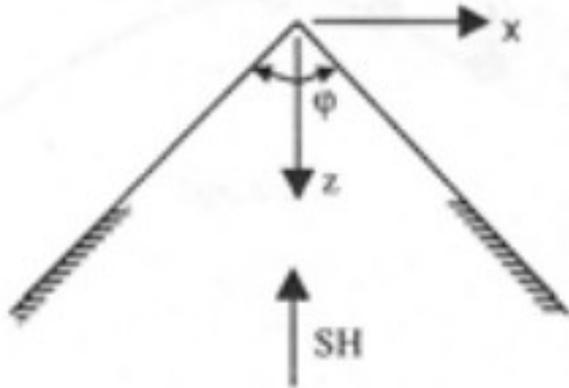


(d) $t = 3.0s$





Amplificazione topografica sugli apici dei rilievi



Il fattore di amplificazione topografica connesso all'effetto apice (*ridge effect*) può essere calcolato come:

$$A = v/v_0 = 2\pi/\phi$$

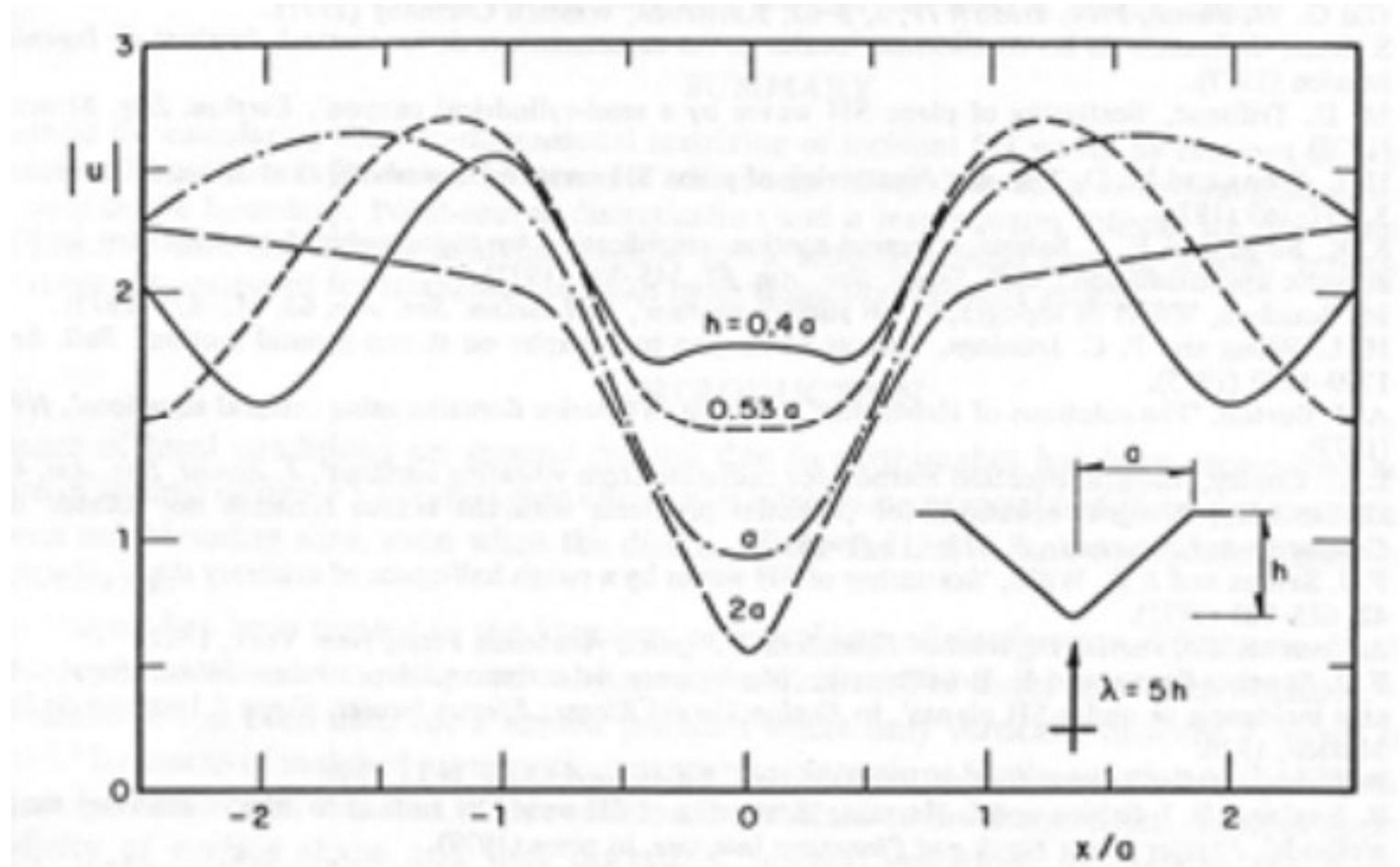
con ϕ angolo dell'apice della cresta, v_0 velocità alla base e v velocità in cima





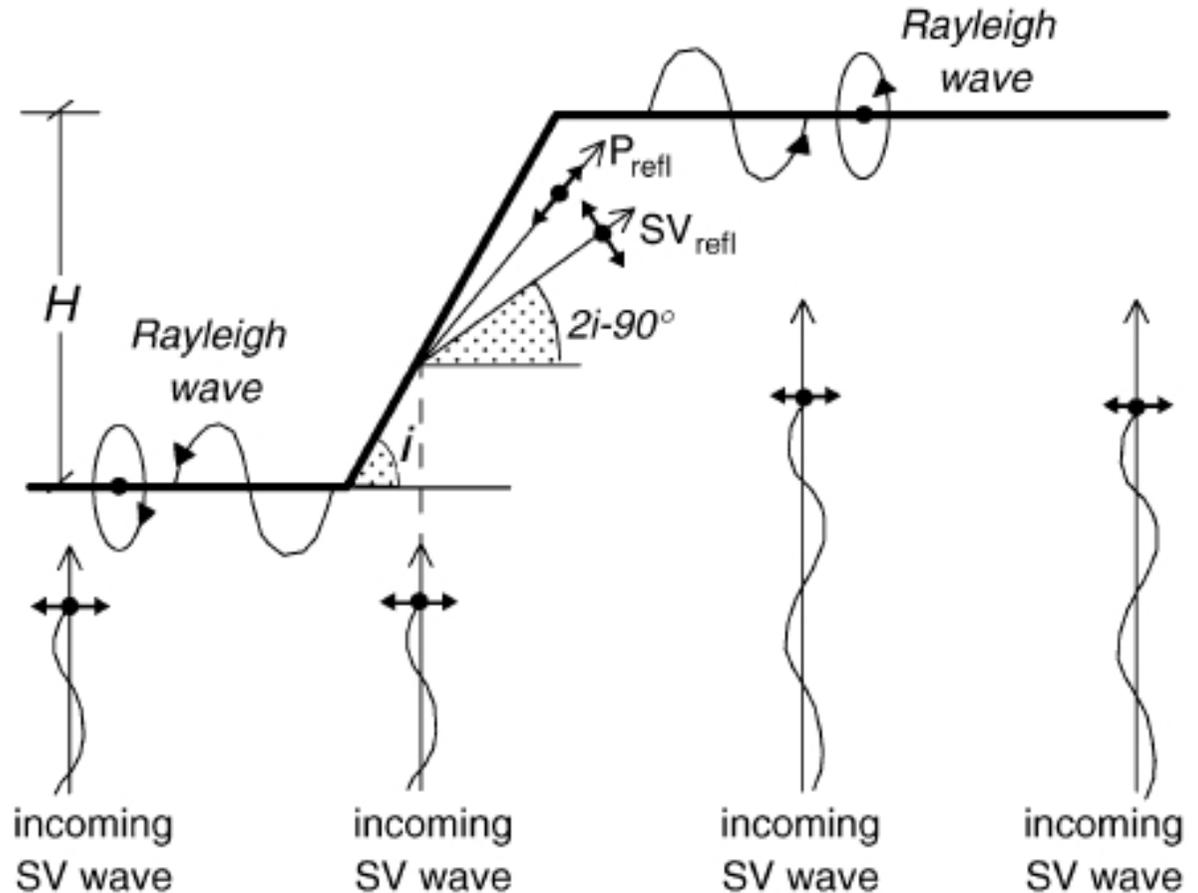
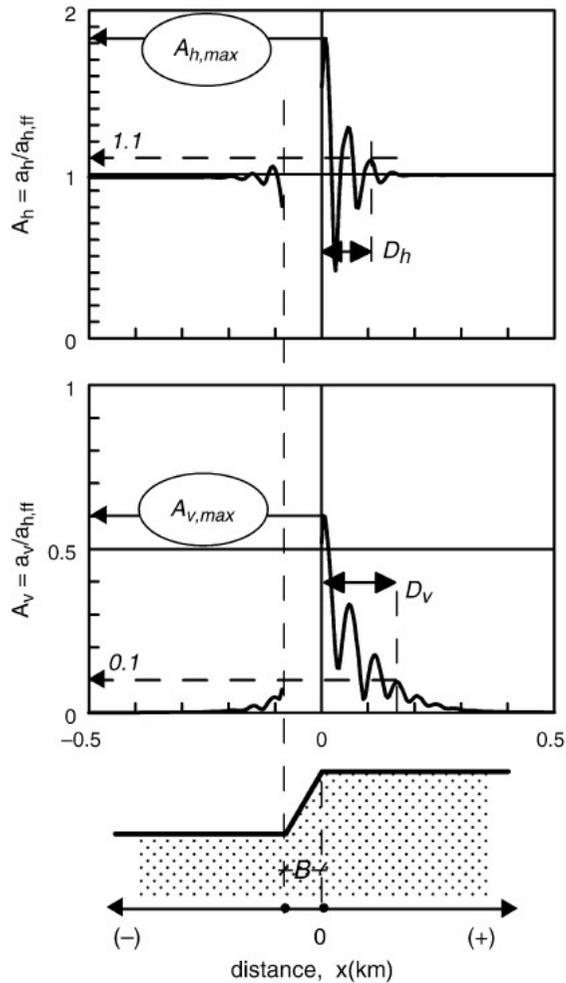
Amplificazione topografica nei «canyon»

Nel caso dei «canyon» si evince un effetto deamplificativo nella porzione più depressa del rilievo tanto più marcato quanto più è ridotto il fattore di forma L/H



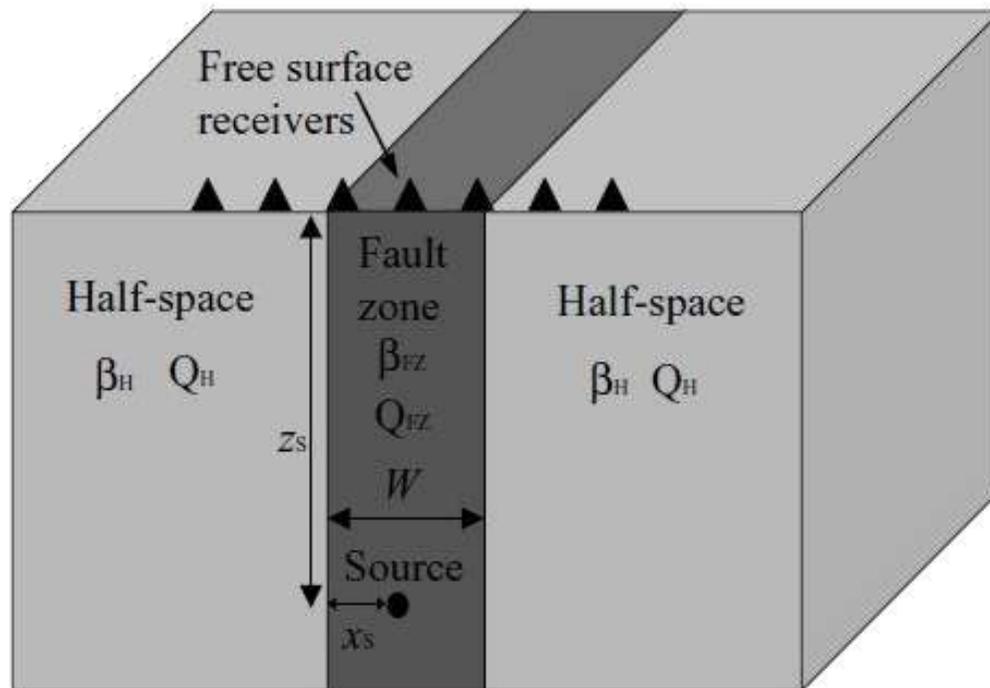


Amplificazione topografica sui versanti





Moti d'onda «intrappolati» ed «effetto faglia»



Le onde intrappolate sono in genere ben riconoscibili come «pacchetti» visibili nelle *timehistory* accelerometriche, tipicamente successivi alle onde di volume e caratterizzati da frequenze circa costanti, ampiezze elevate e polarizzazione.

La frequenza teorica è data da:

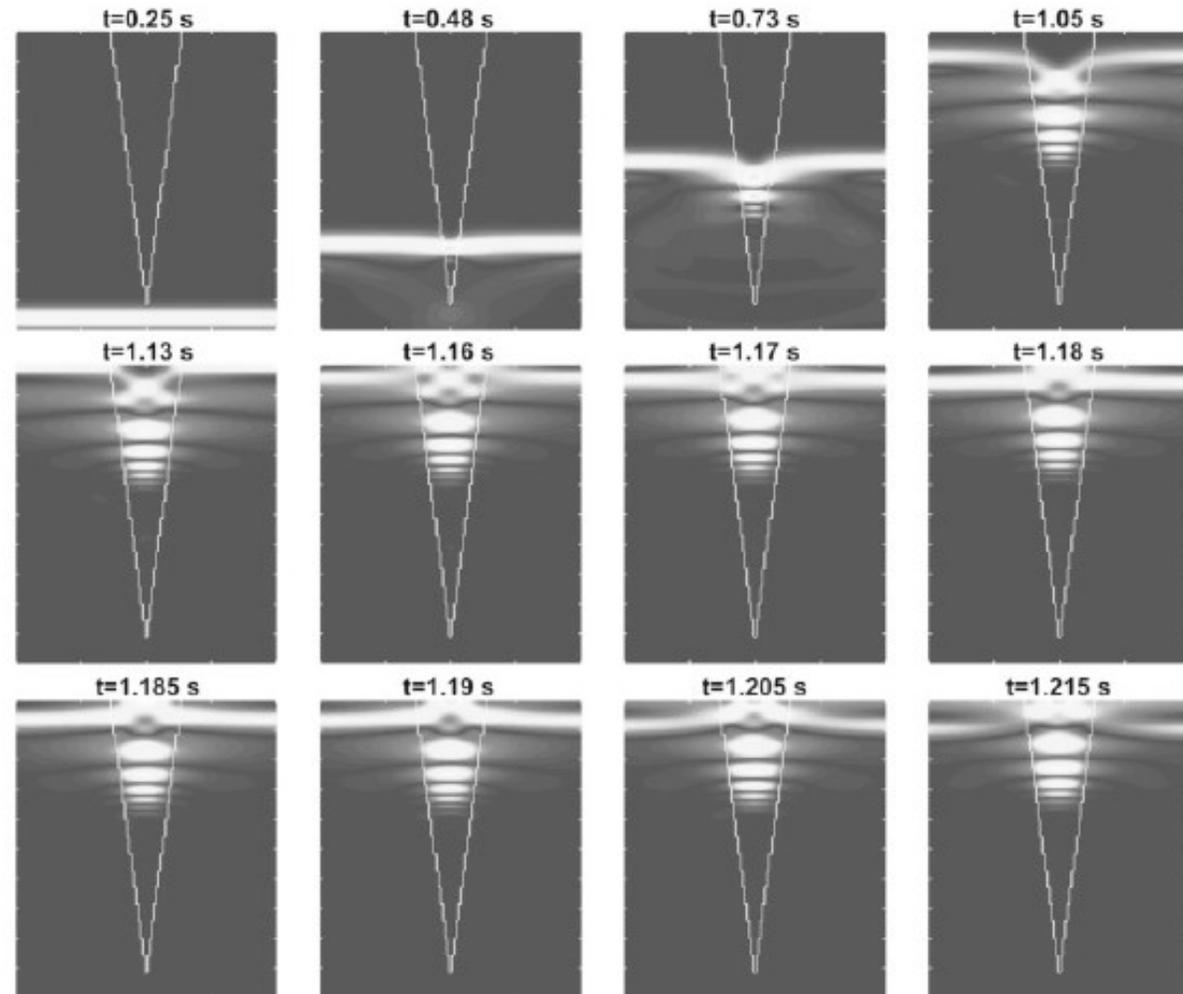
$$f_{\text{trp}} = v_s / 2W$$

considerando il rimbalzo delle onde nella *trapped zone* di ampiezza W





Moti d'onda «intrappolati» ed «effetto faglia»

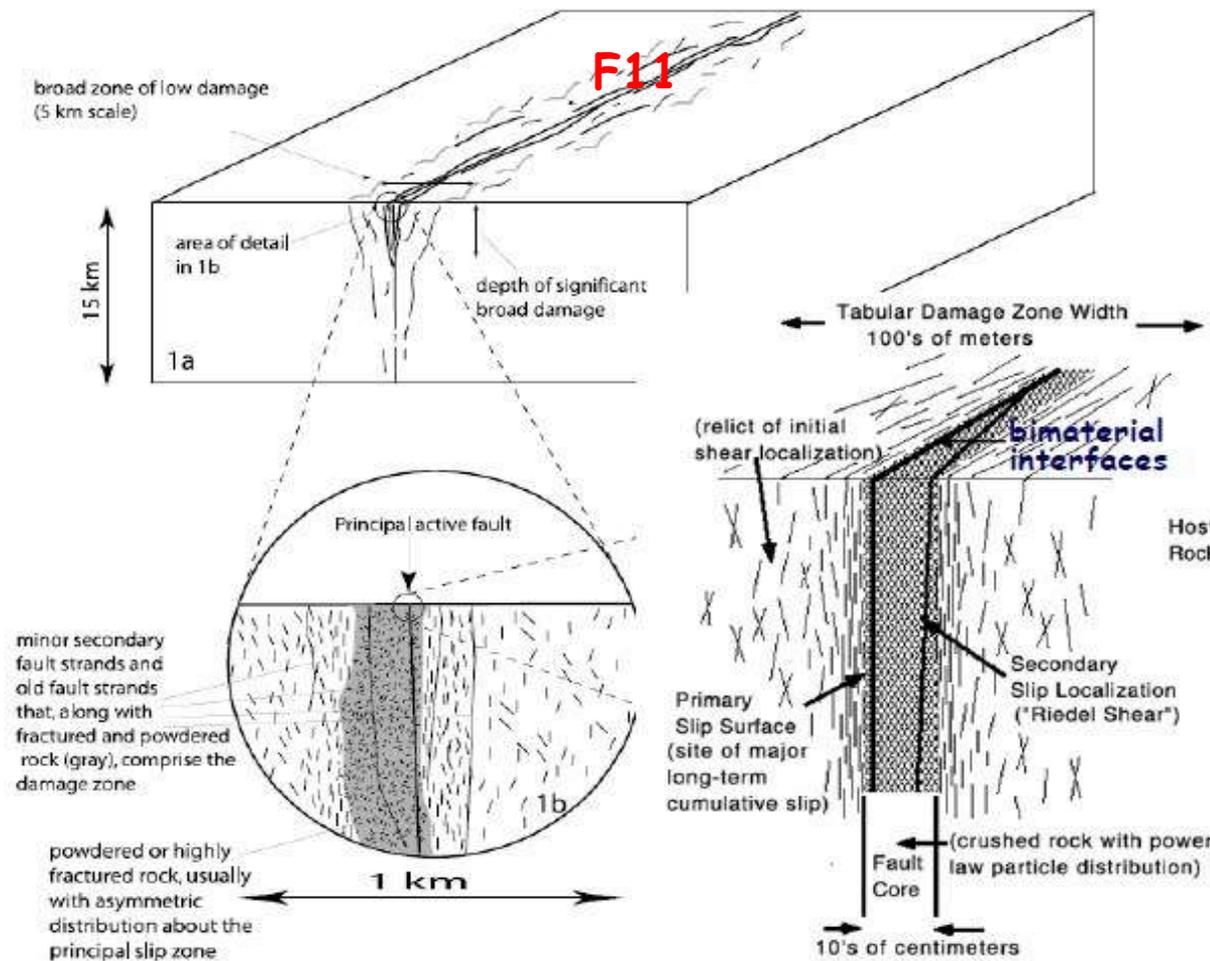


Rovelli et al (2000)



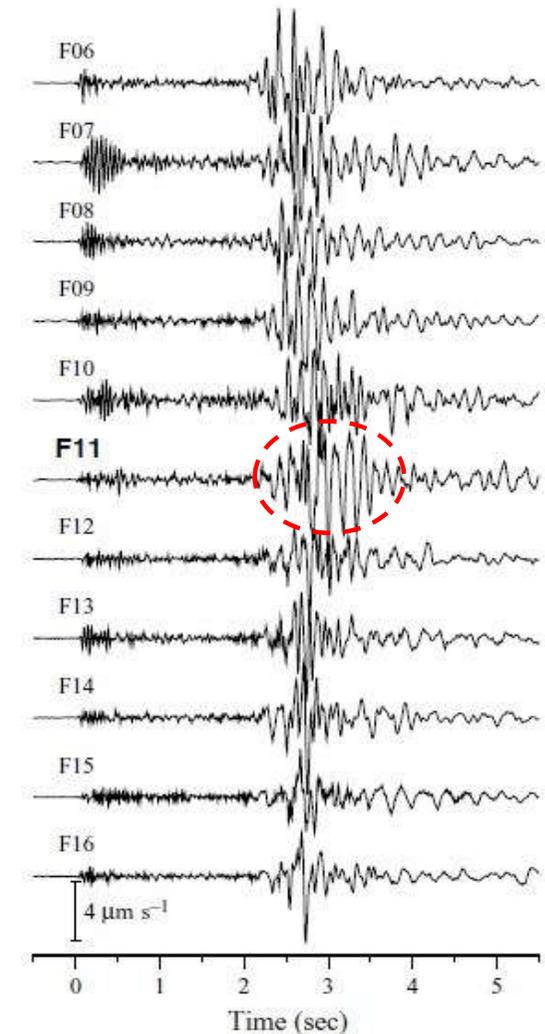


Moti d'onda «intrappolati» ed «effetto faglia»



Ben-Zion and Sammis (2003)
Rockwell and Ben-Zion (2007)

Fault-parallel seismograms





ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

2

Evidenze strumentali di risposta sismica 2D





Misure di *seismic noise* lungo sezioni vallive

from Lenti et al., 2009

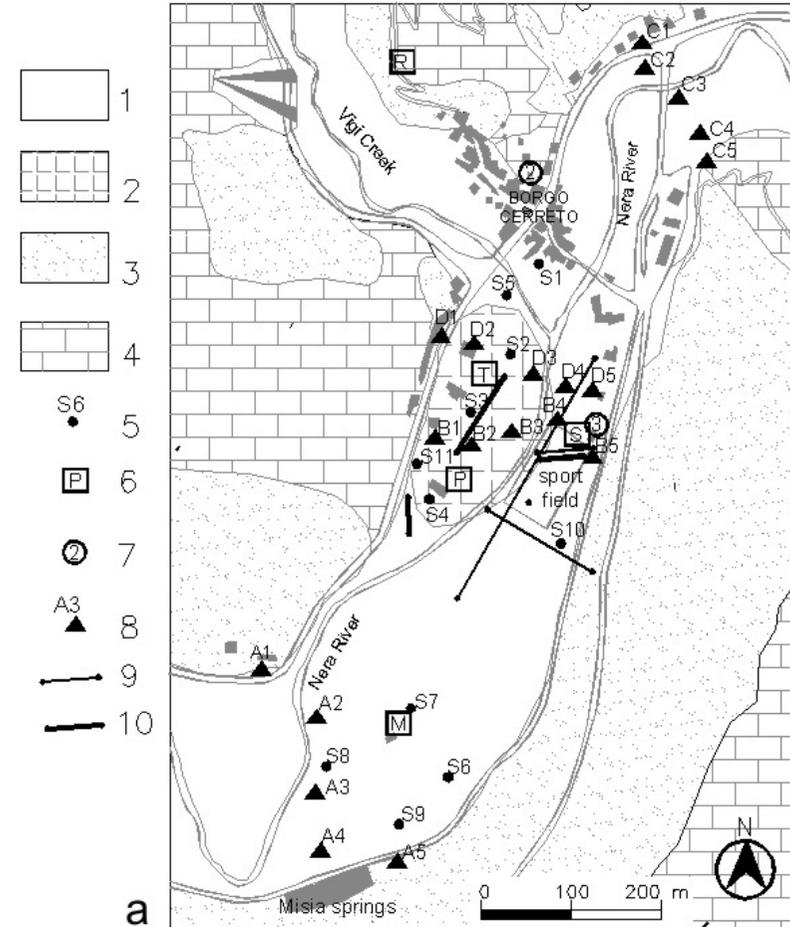
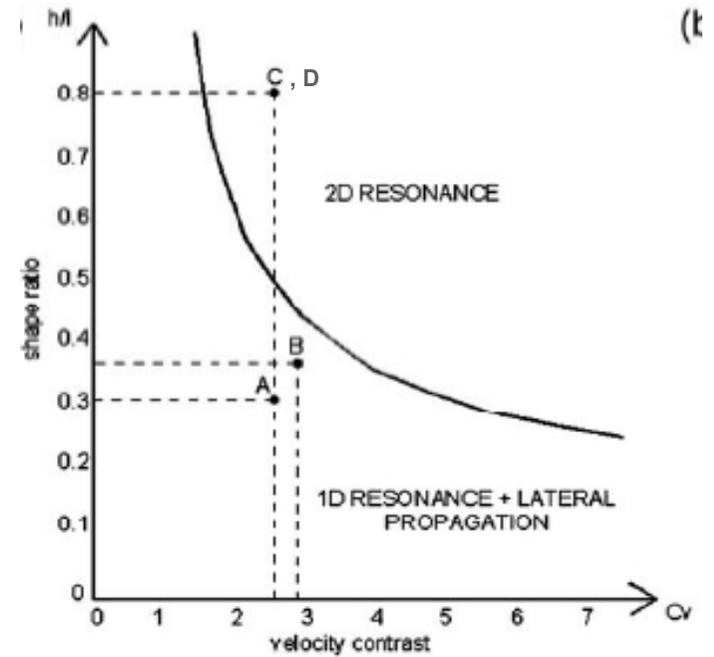
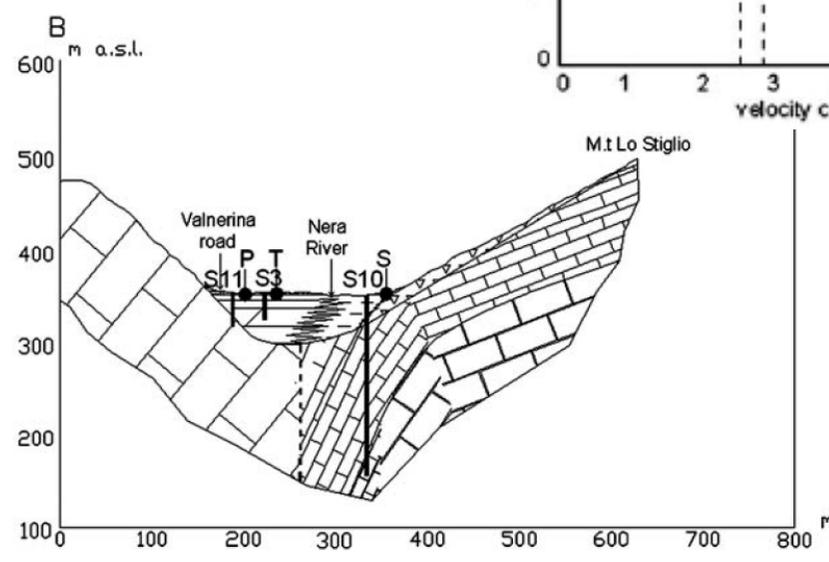
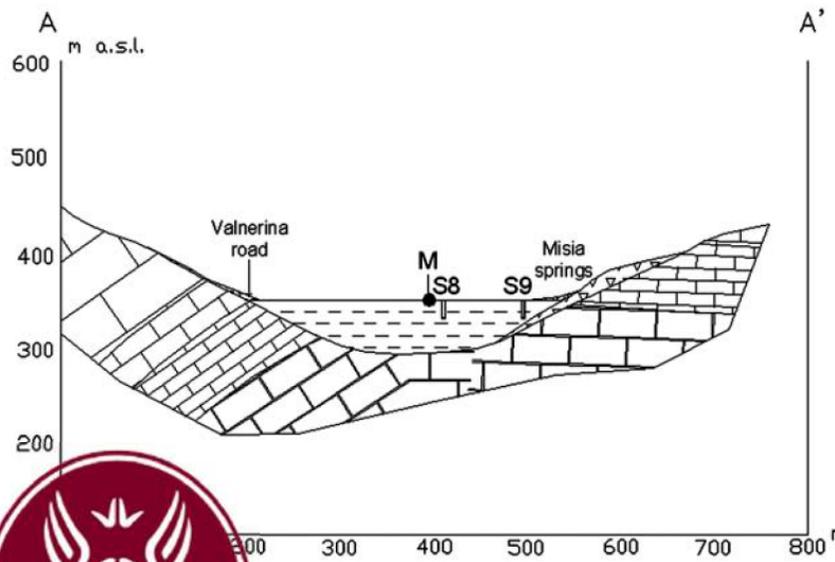
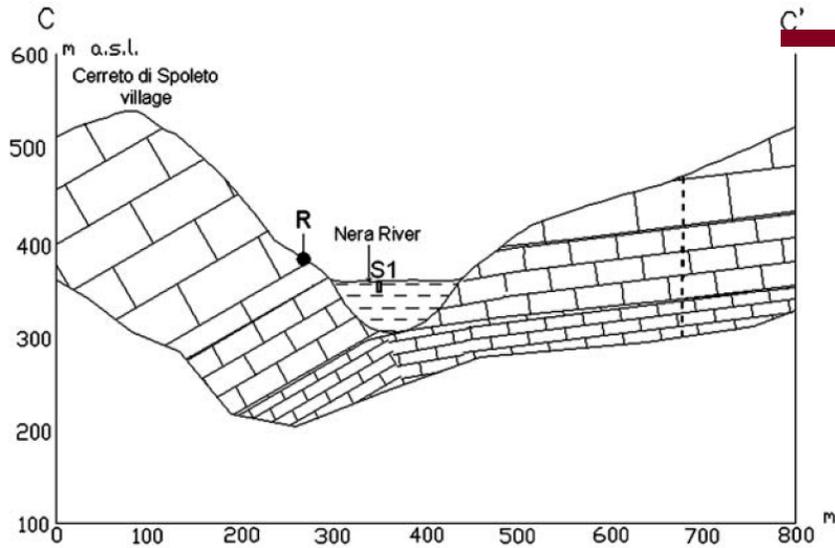


Figure 4. (a) Location of the seismometric and geophysical investigations: (1) alluvial deposits, (2) travertine deposits, (3) slope debris, (4) meso-cenozoic marly limestones of the Umbria-Marche succession, (5) borehole, (6) velocimetric station, (7) accelerometric station (ENEA array), (8) station for ambient noise records, (9) alignment for geoelectrical tomography, and (10) alignment for seismic refraction.





Misure di seismic noise lungo sezioni vallive

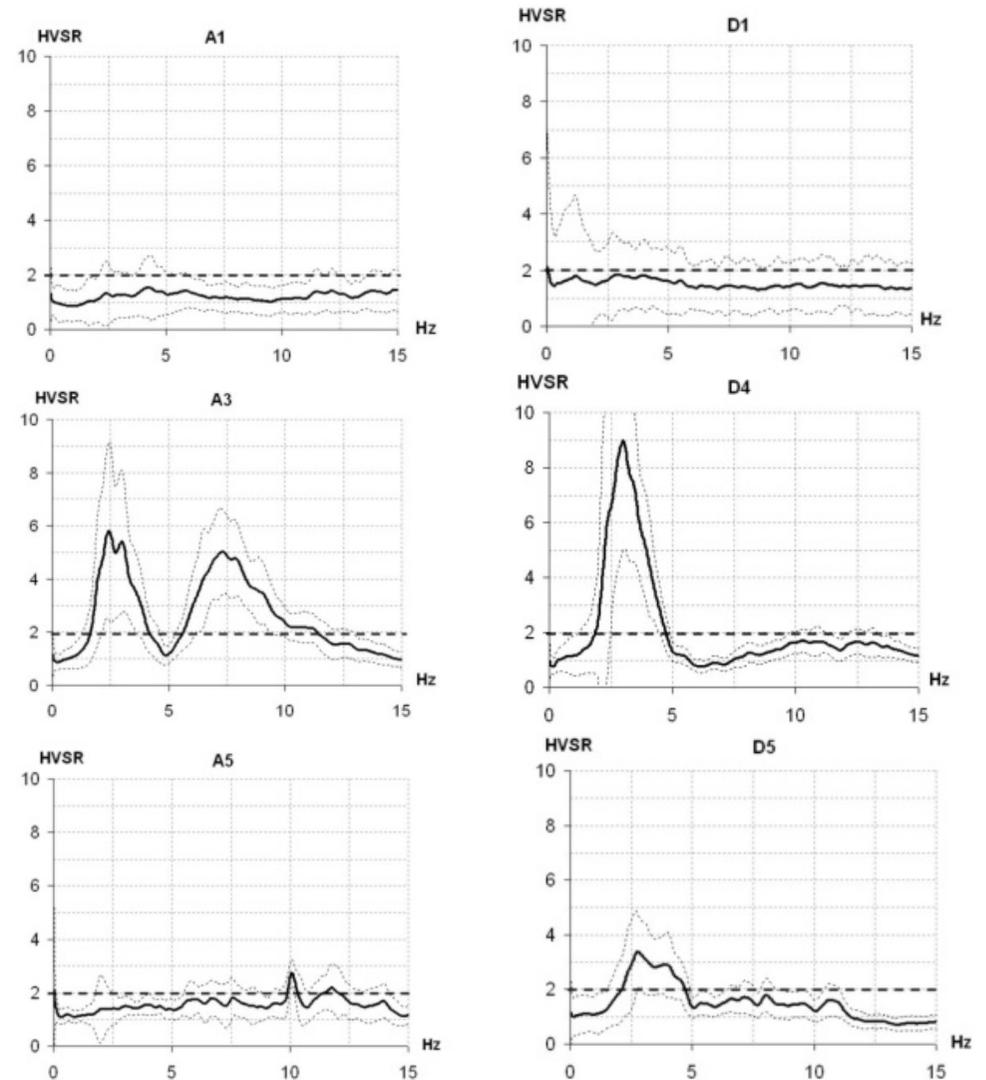
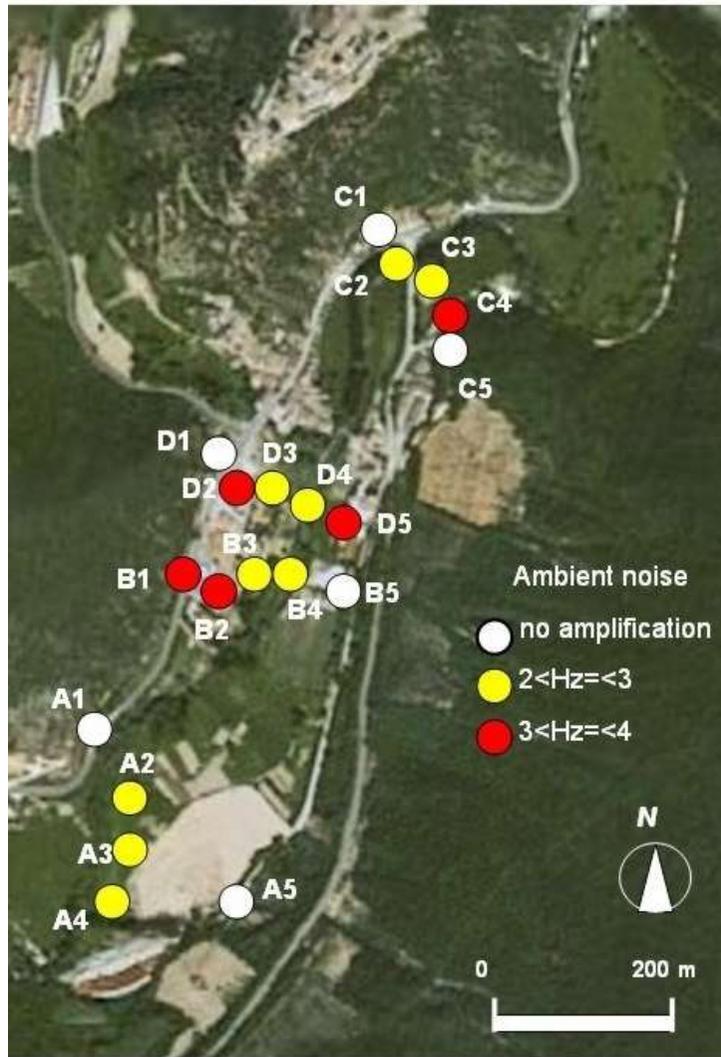


from Lenti et al., 2009



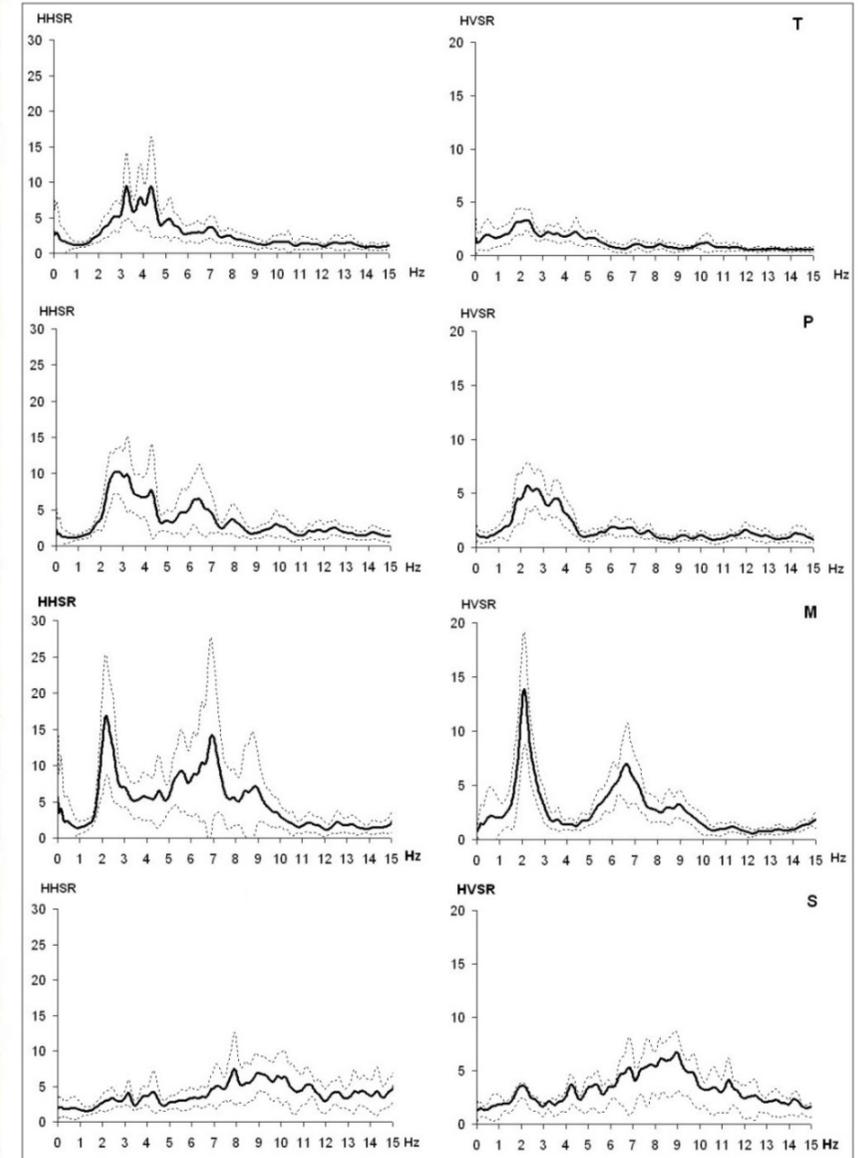
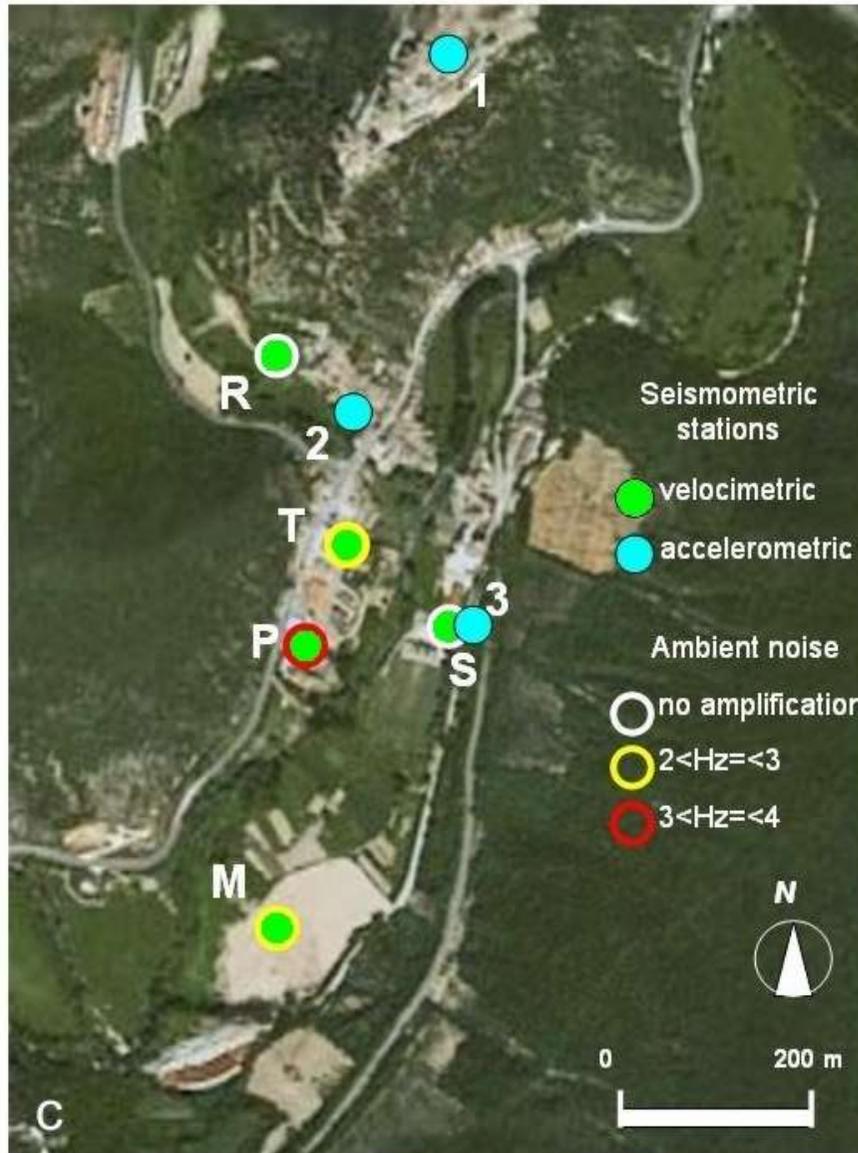


Misure di *seismic noise* lungo sezioni vallive



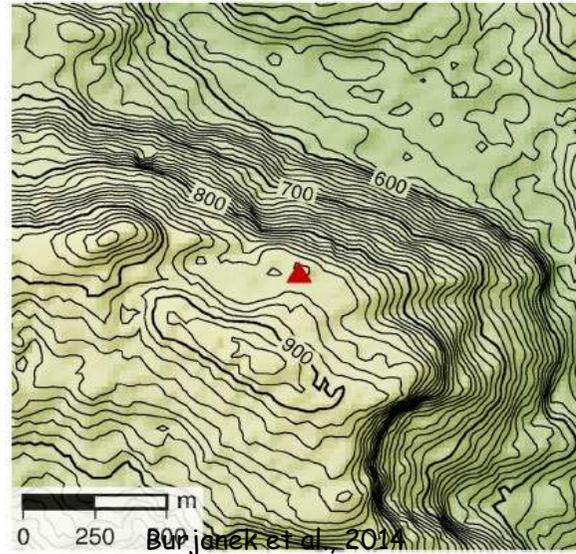


Misure sincrone di *weak motion*

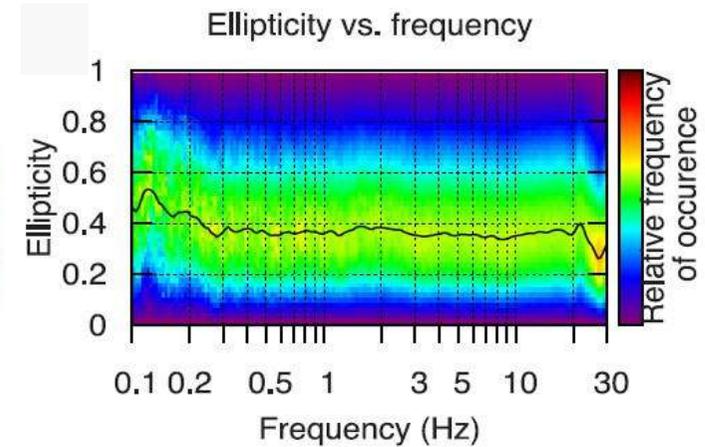
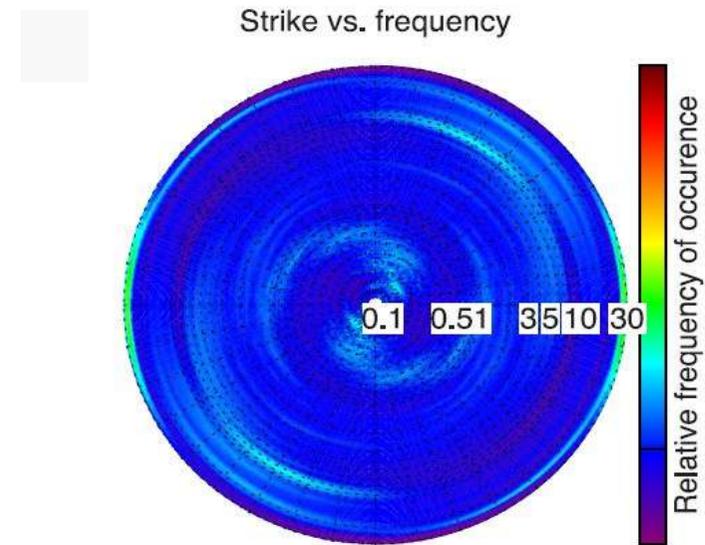
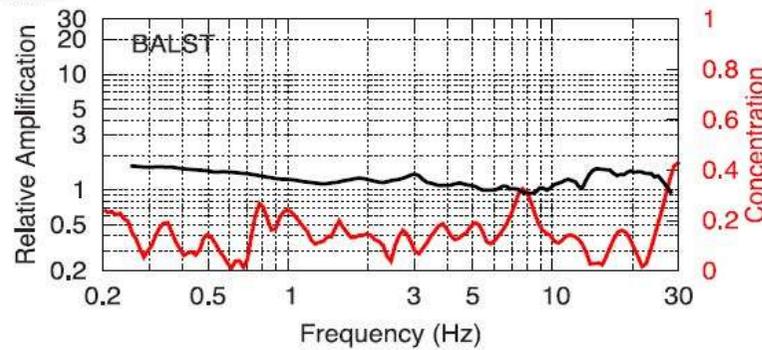




Misure di seismic noise e polarizzazione di surface waves



Burjanek et al., 2014

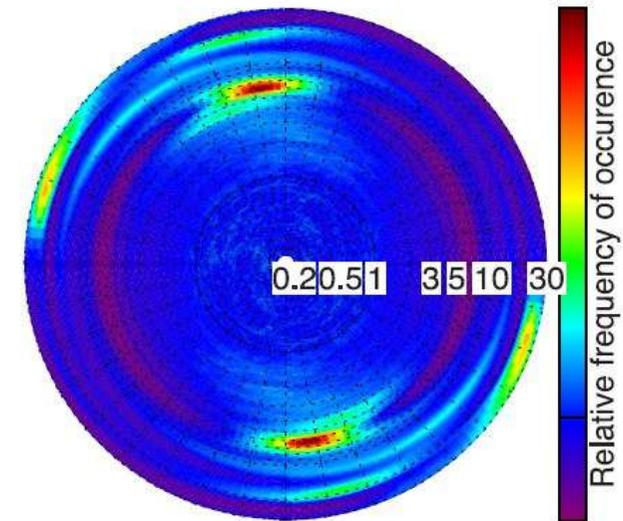




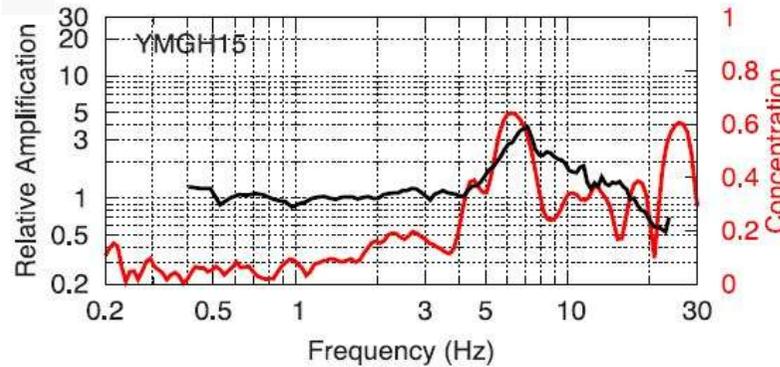
Misure di seismic noise e polarizzazione di surface waves



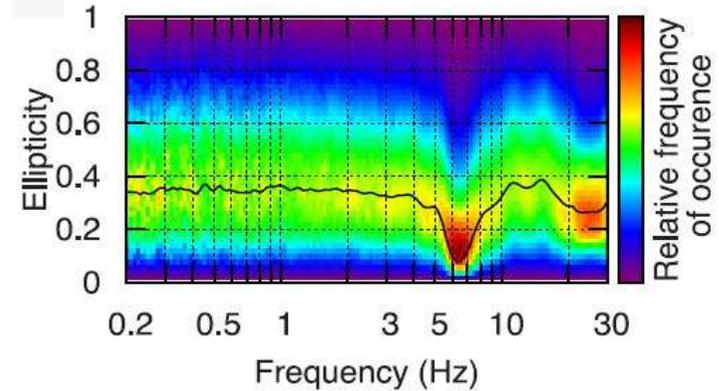
Strike vs. frequency



Burjanek et al., 2014

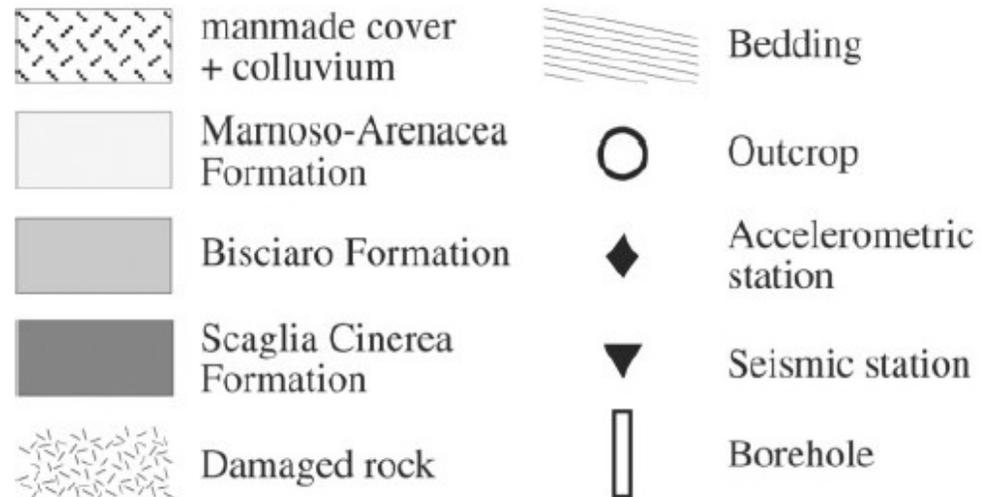
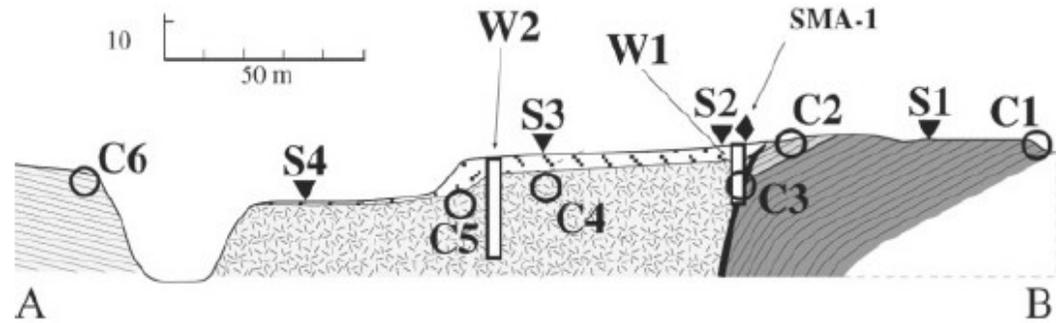
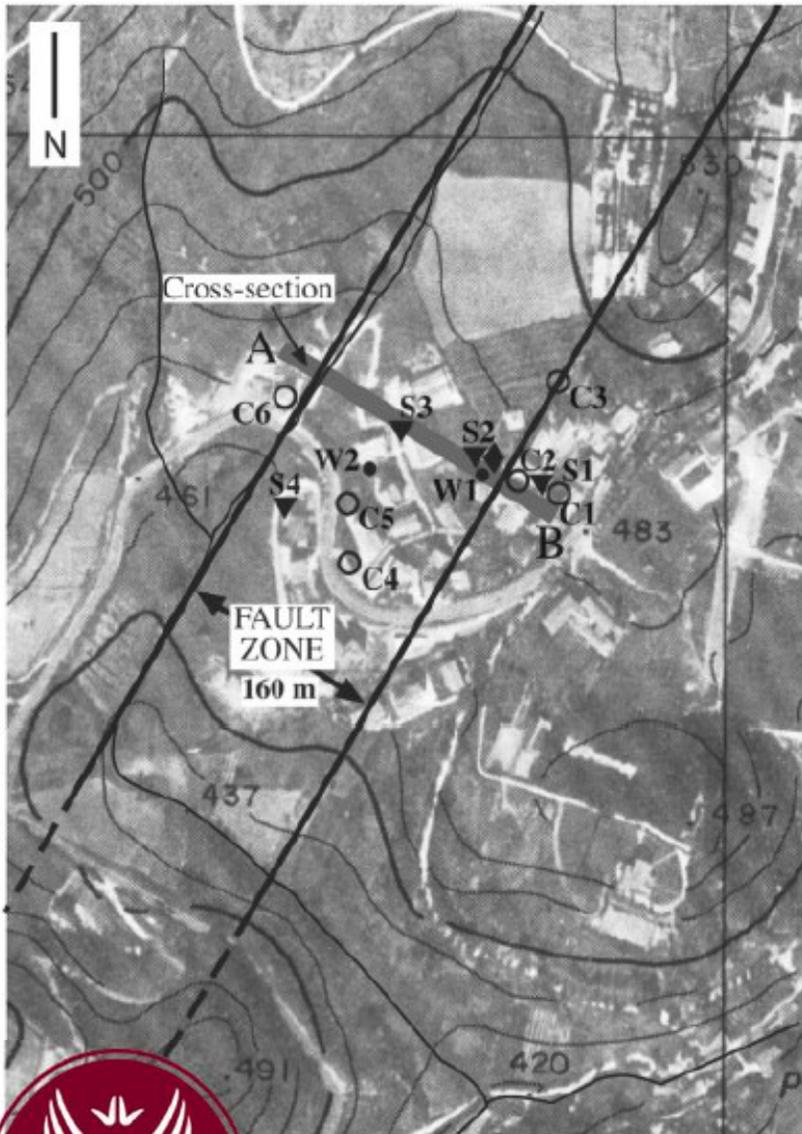


Ellipticity vs. frequency





Misure sincrone di *strong motion*

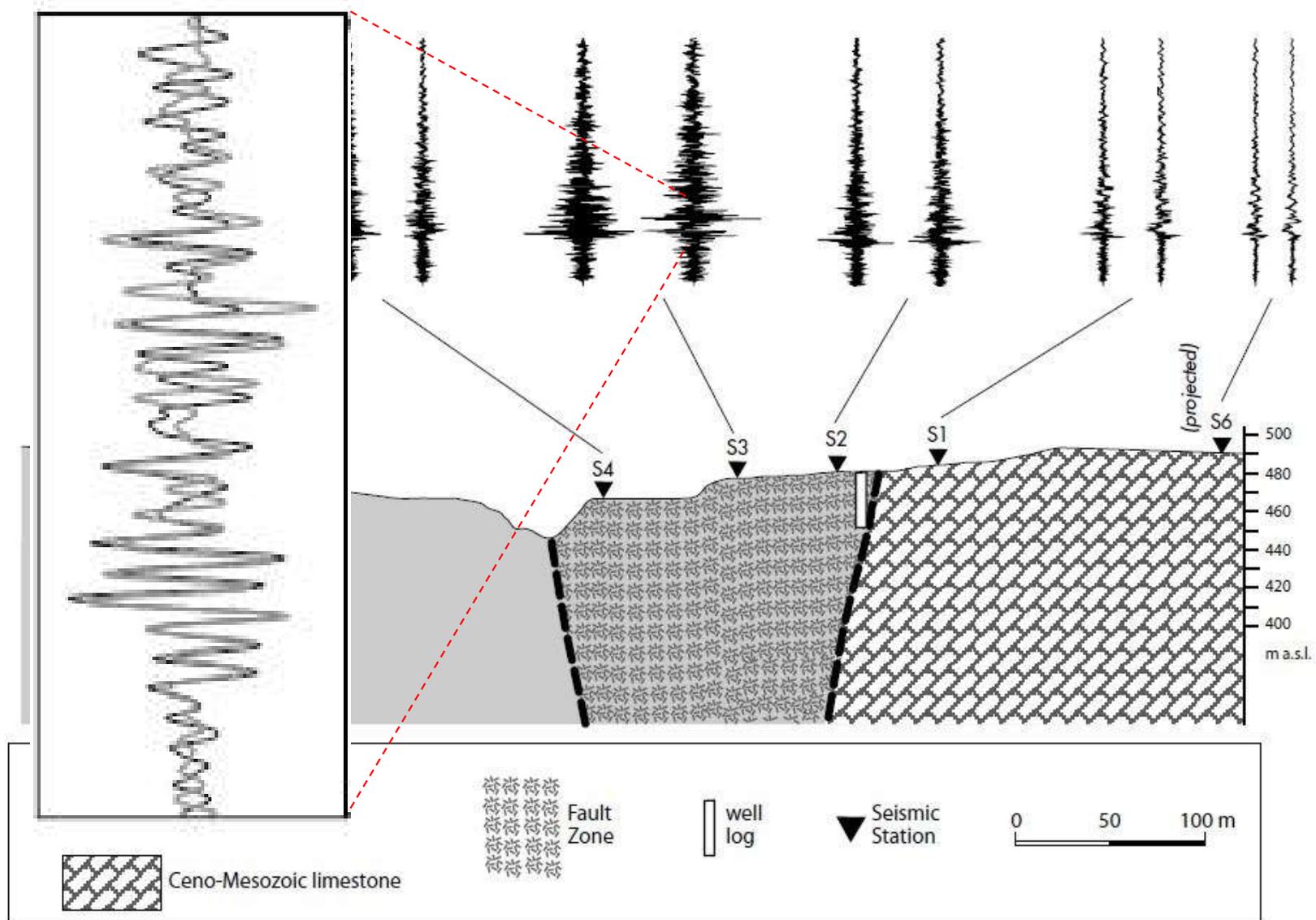


Rovelli et al (2000)





Misure sincrone di *strong motion*





ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

3

Principi e strumenti di modellazione numerica di risposta sismica 2D





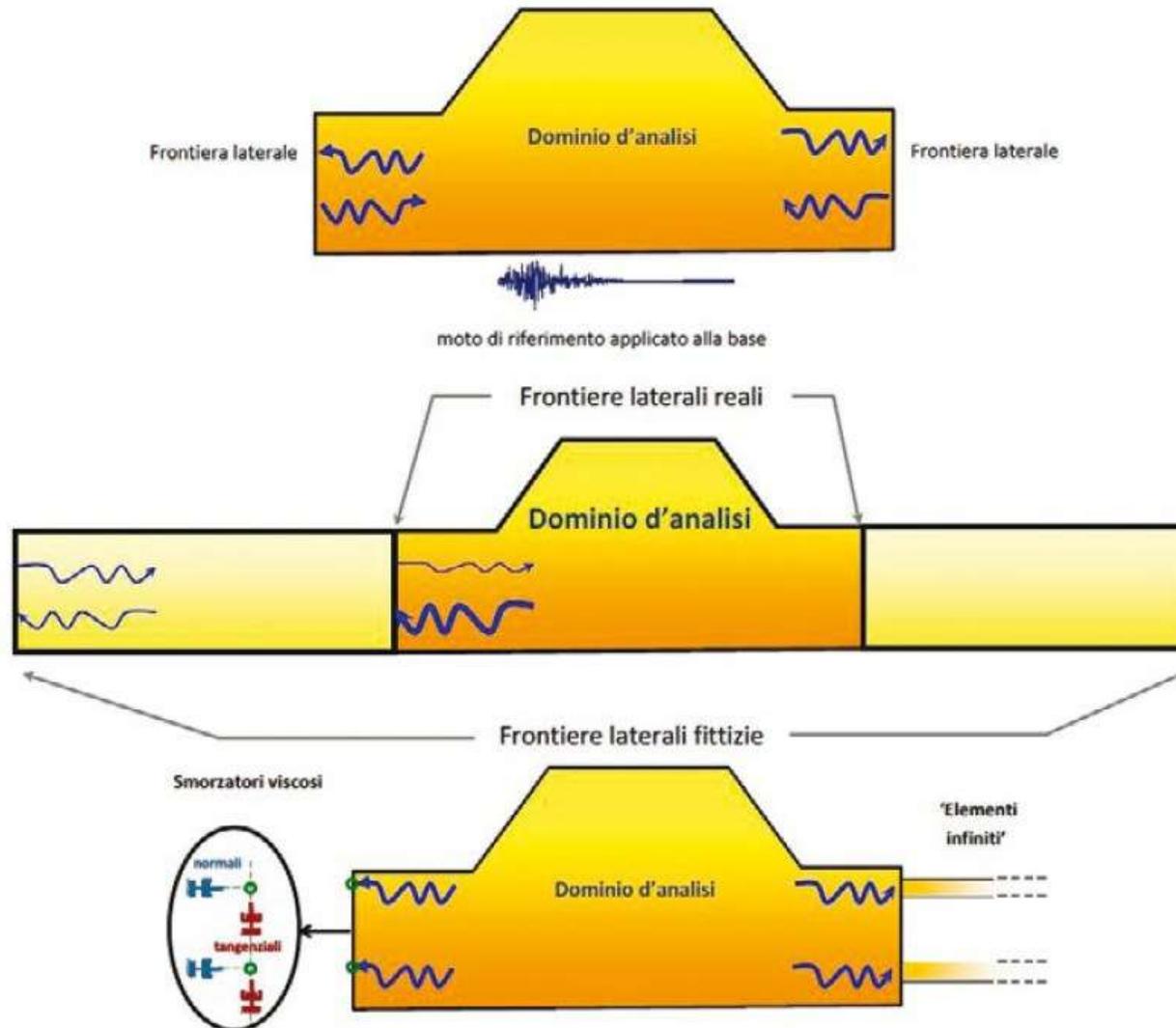
Strumenti di modellazione numerica 2D

Geometria	Codice di calcolo (riferimento)	Tipo di analisi		Ambiente operativo
1-D	SHAKE (Schnabel et al., 1972) SHAKE91 (Idriss & Sun, 1992)	LE	TT	DOS
	PROSHAKE (EduPro Civil System, 1999) SHAKE2000 (www.shake2000.com) EERA (Bardet et al., 2000)* STRATA (Kottke & Rathje, 2008)*			Windows
	NERA (Bardet & Tobita, 2001)* DEEPSOIL (Hashash e Park, 2001)	NL	TE	DOS
	DESRA 2 (Lee & Finn, 1978) DESRAMOD (Vucetic, 1986) D-MOD 2 (Matasovic, 1995) SUMDES (Li et al., 1992)			Windows
	CYBERQUAKE (www.brgm.fr)			Windows
2-D / 3-D	QUAD4 (Idriss et al., 1973) QUAD4M (Hudson et al., 1994) FLUSH (Lysmer et al., 1975)	LE	TT	DOS
	QUAKE/W vers. 5.0 (GeoSlope, 2002) LSR 2D (Stacec s.r.l., www.stacec.com)			Windows
	DYNAFLOW (Prevost, 2002) GEFDYN (Aubry e Modaresi, 1996) TARA-3 (Finn et al., 1986)	NL	TE	DOS
	FLAC 5.0 (Itasca, 2005) PLAXIS 8.0 (www.plaxis.nl)			Windows
TT = Tensioni Totali; TE = Tensioni Efficaci; LE = Lineare Equivalente; NL = Non Lineare * gratuito				



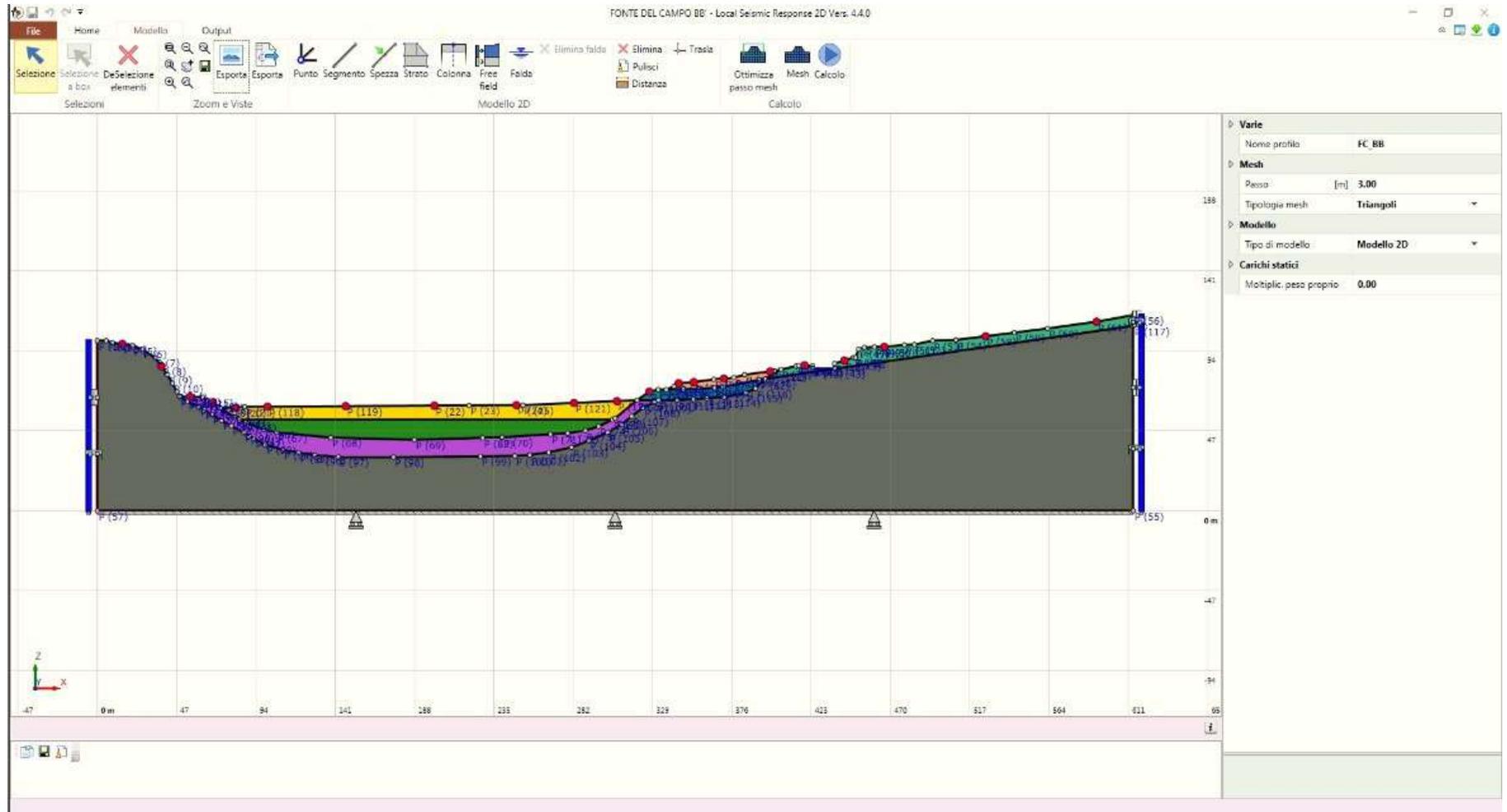


Strumenti di modellazione numerica 2D





Strumenti di modellazione numerica 2D





Strumenti di modellazione numerica 2D

Numero di nodi: 7125
Numero di elementi: 1375
Fattore di distorsione elementi

Distorsione	1.0
Buona	0.75
Mediocre	0.5
Distorsione	0.25
Distorsione	0.0

Vario
Nome profilo: FC_BB
Mesh
Peso: [m] 3.00
Tipologia mesh: Triangoli
Modello
Tipo di modello: Modello 2D
Carichi statici
Multiplic. peso proprio: 0.00

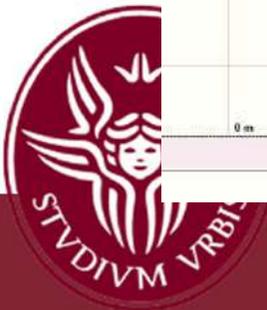
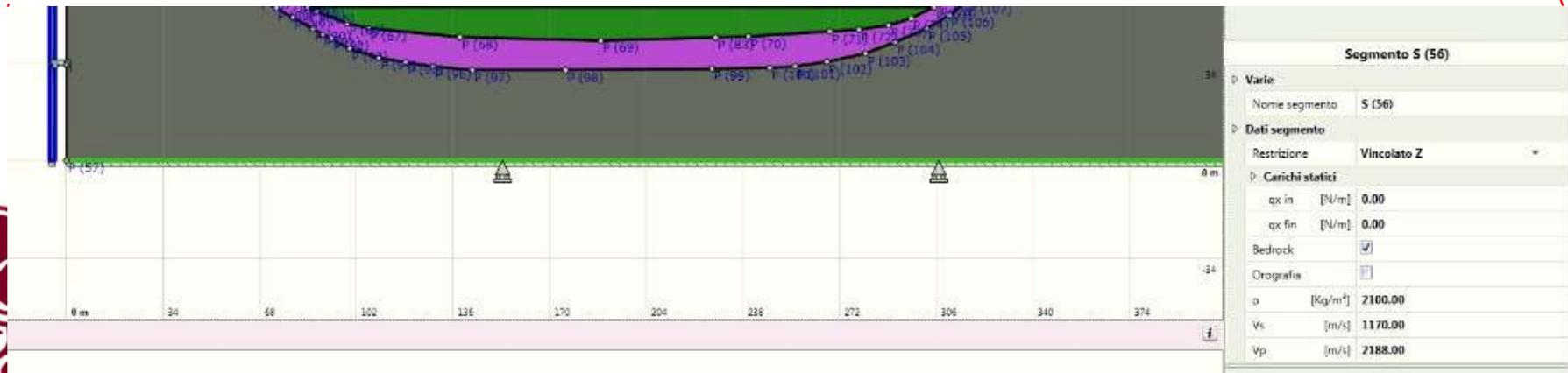
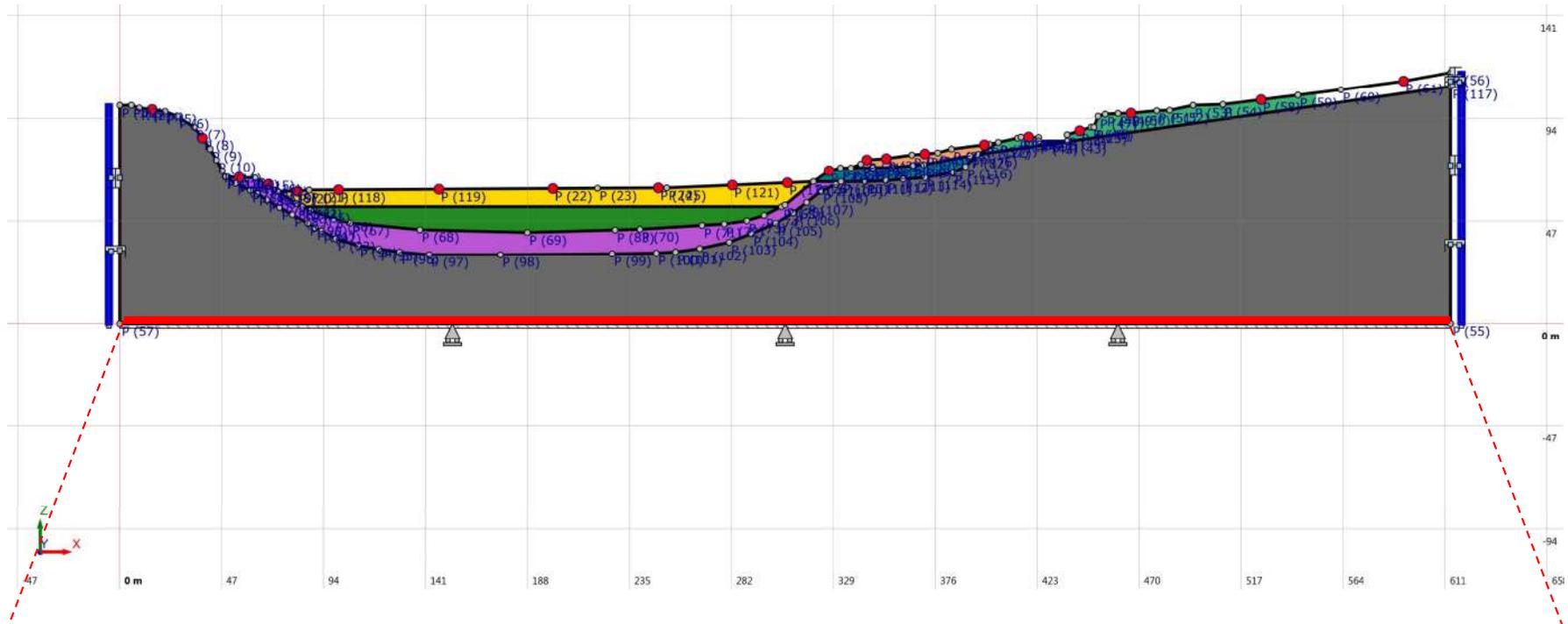
$$h_{max} = \frac{\lambda_{min}}{K} = \frac{\lambda_{min}}{6 \div 8} = \frac{V_s}{(6 \div 8) f_{max}}$$

Mesh generata: seguire le zone se la mesh non viene visualizzata.



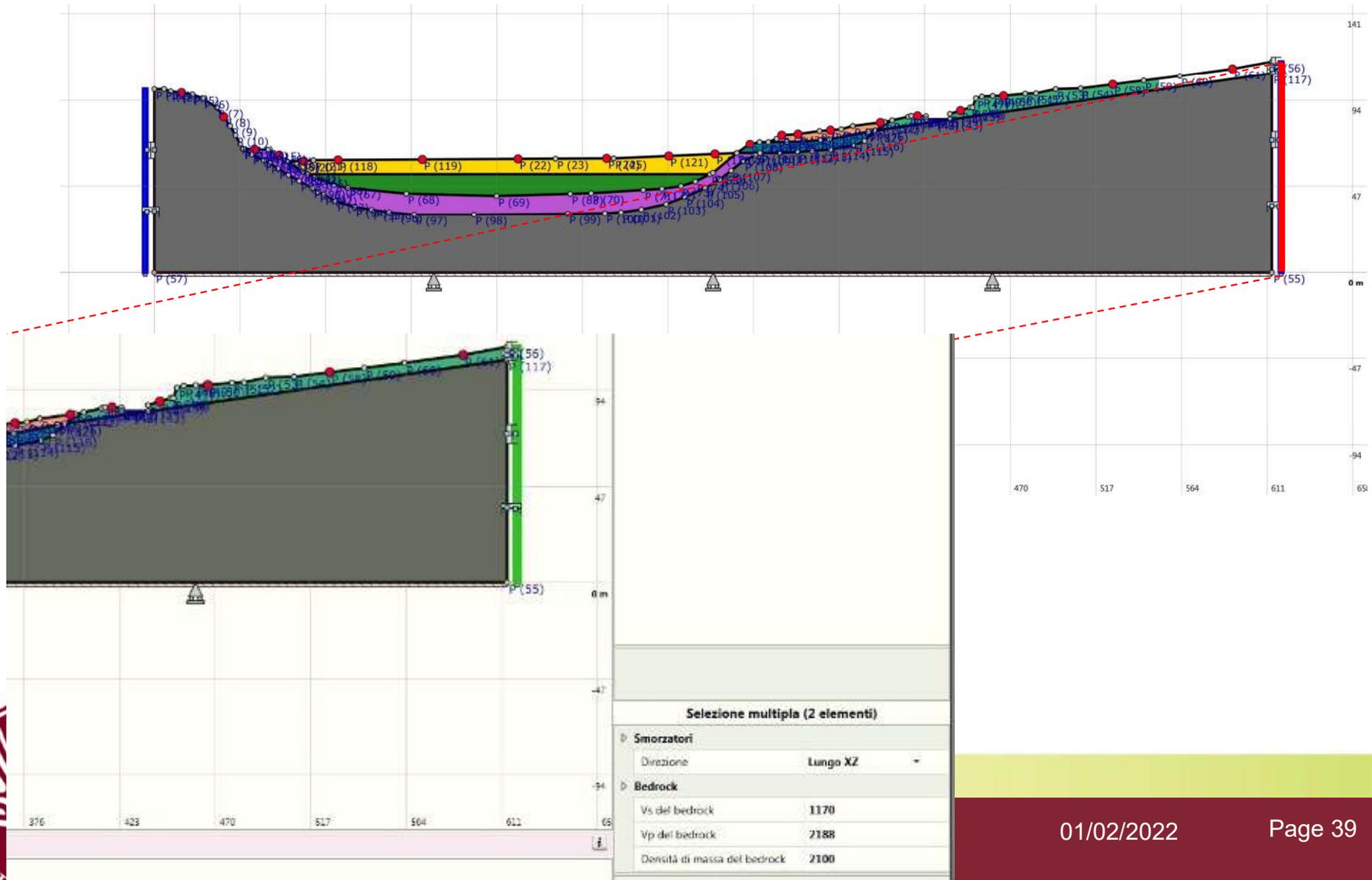


Strumenti di modellazione numerica 2D





Strumenti di modellazione numerica 2D



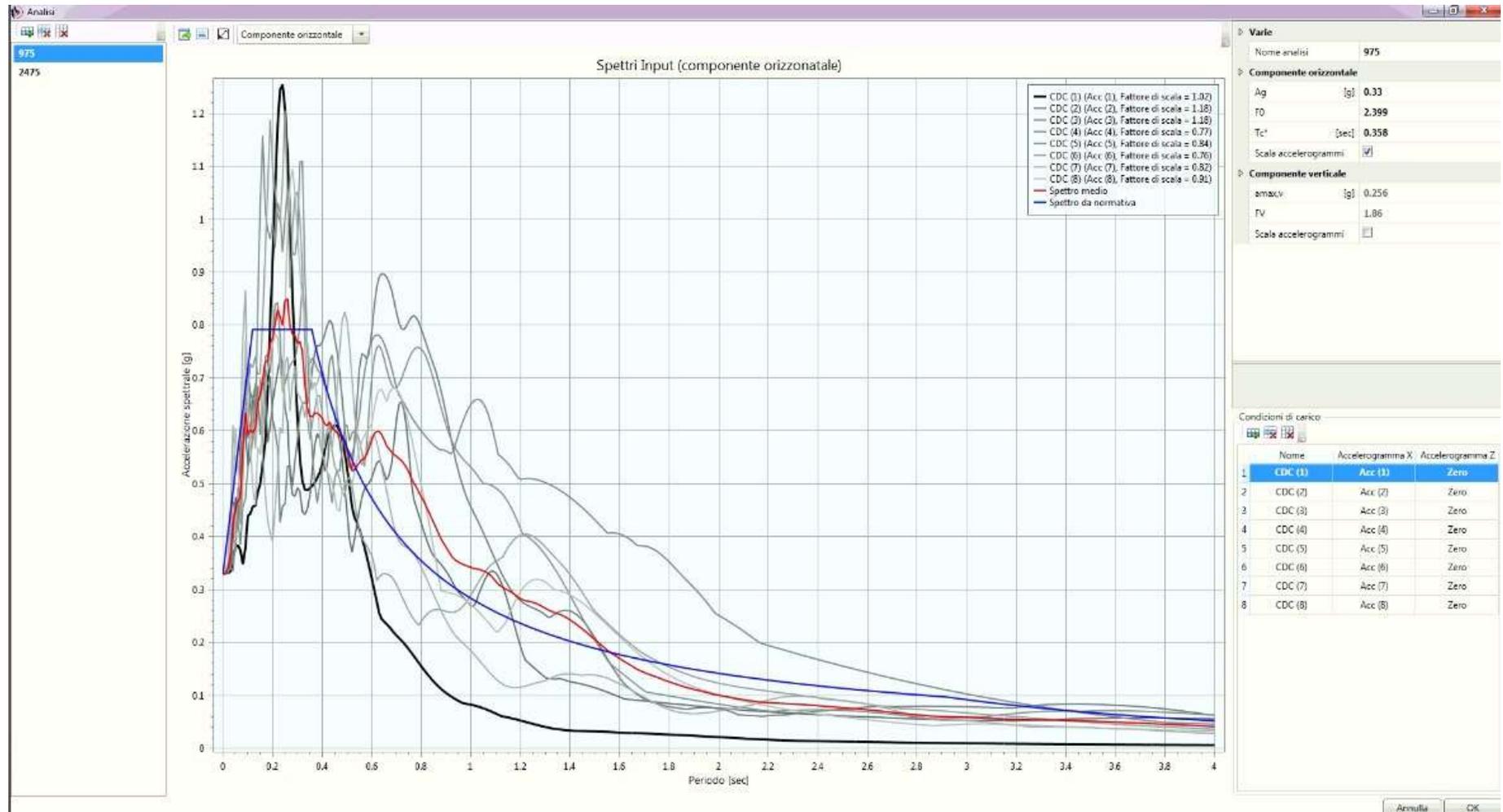


Strumenti di modellazione numerica 2D



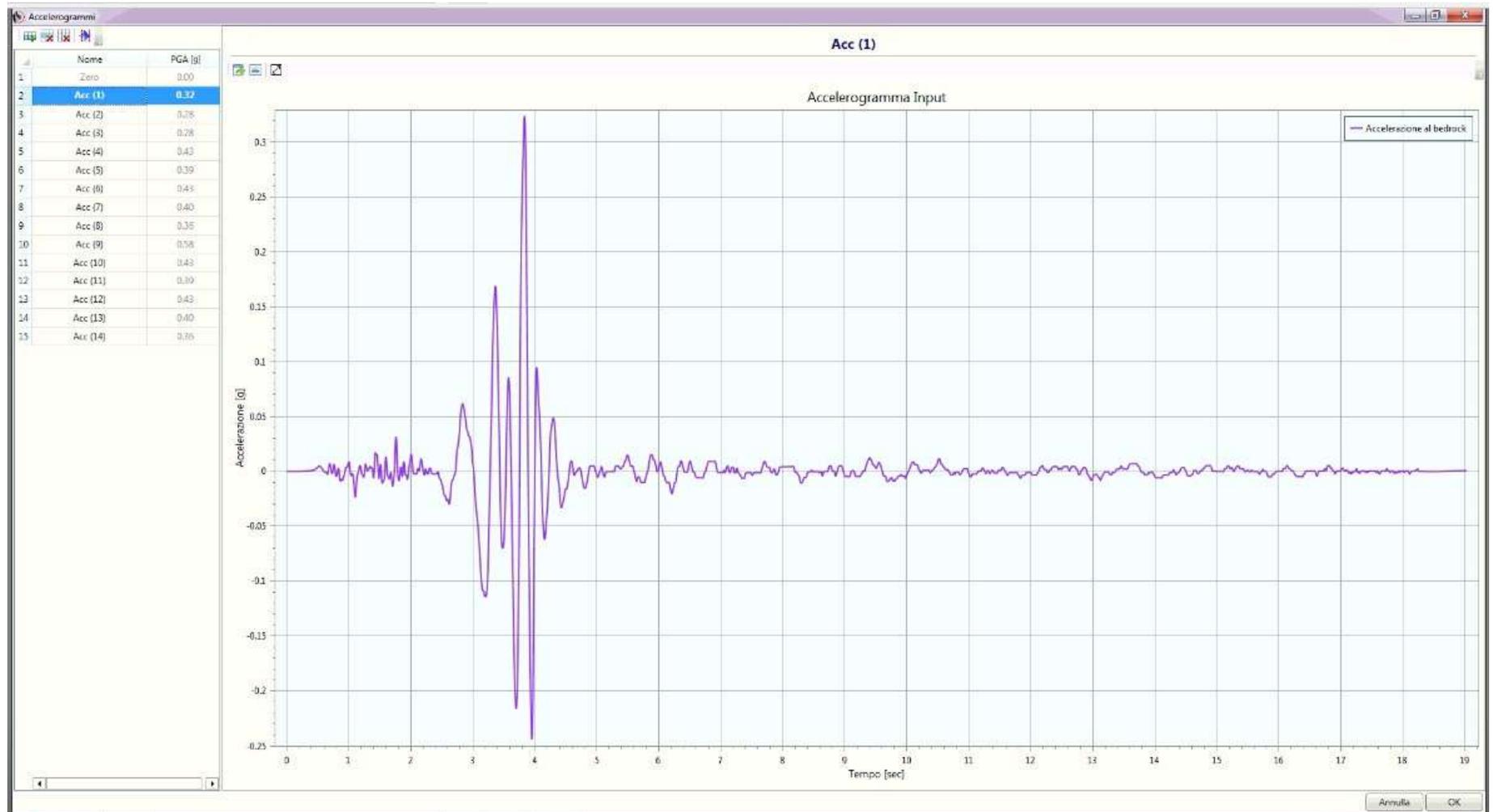


Strumenti di modellazione numerica 2D



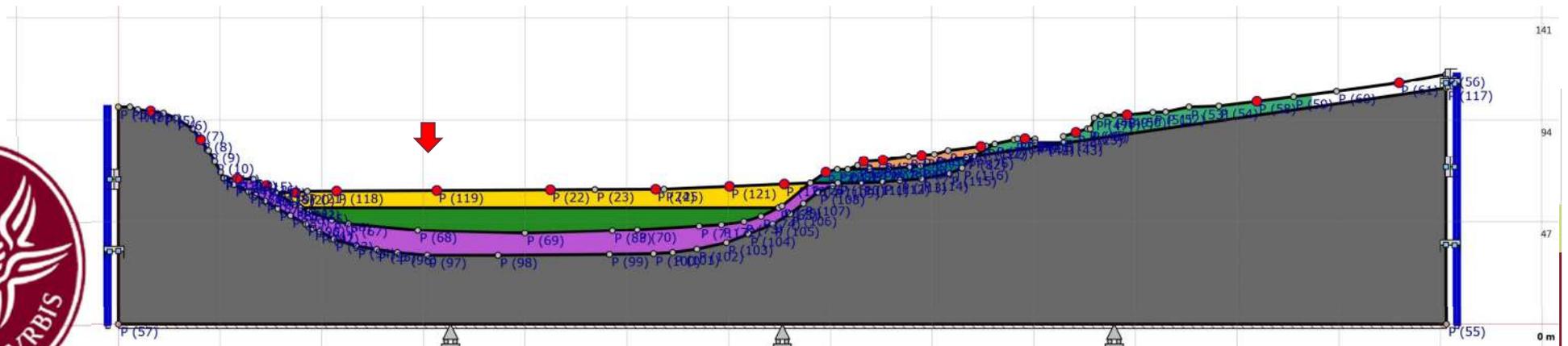
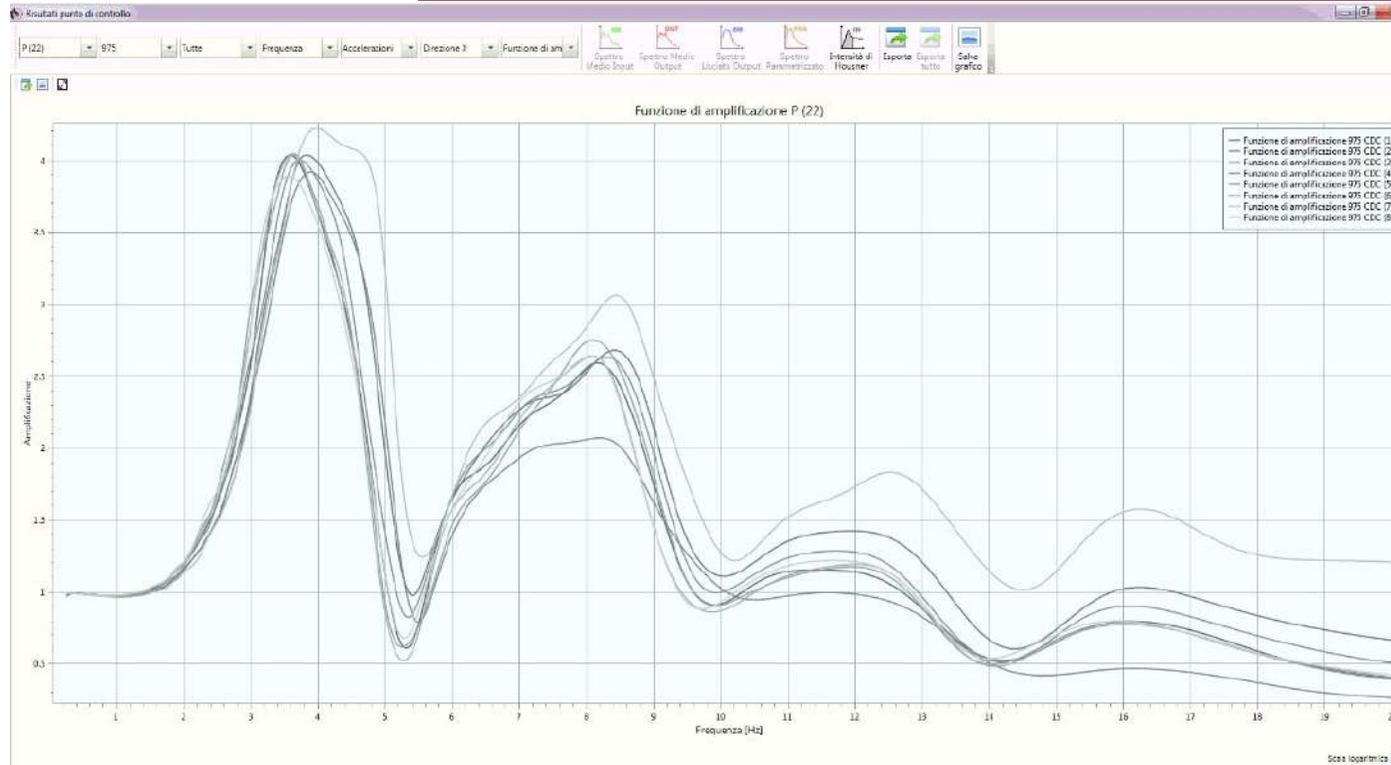


Strumenti di modellazione numerica 2D



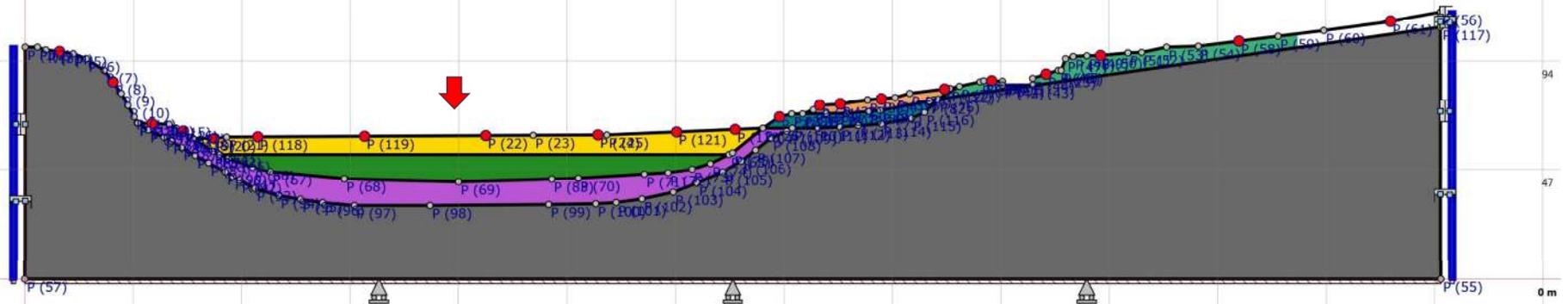
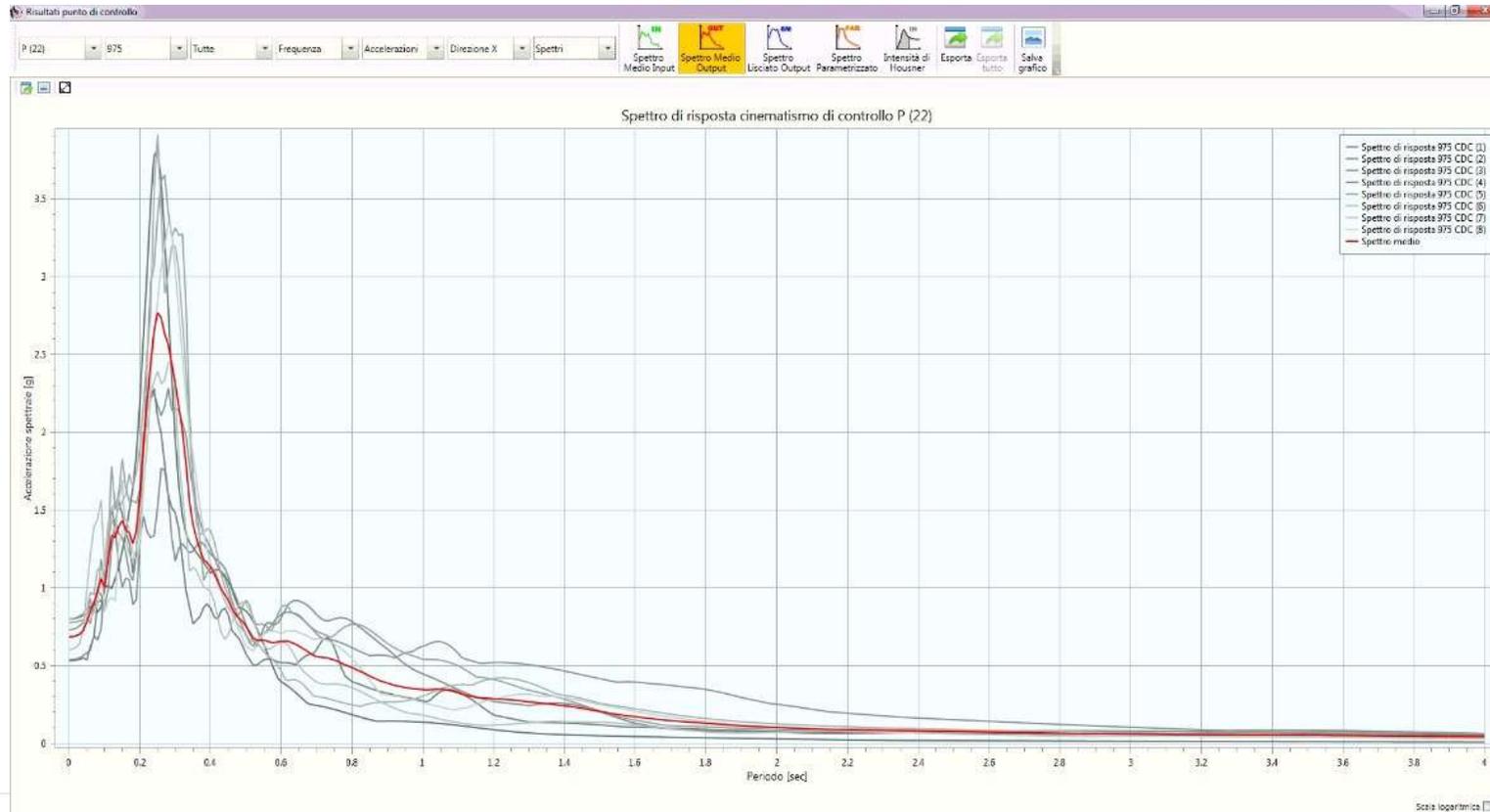


Strumenti di modellazione numerica 2D



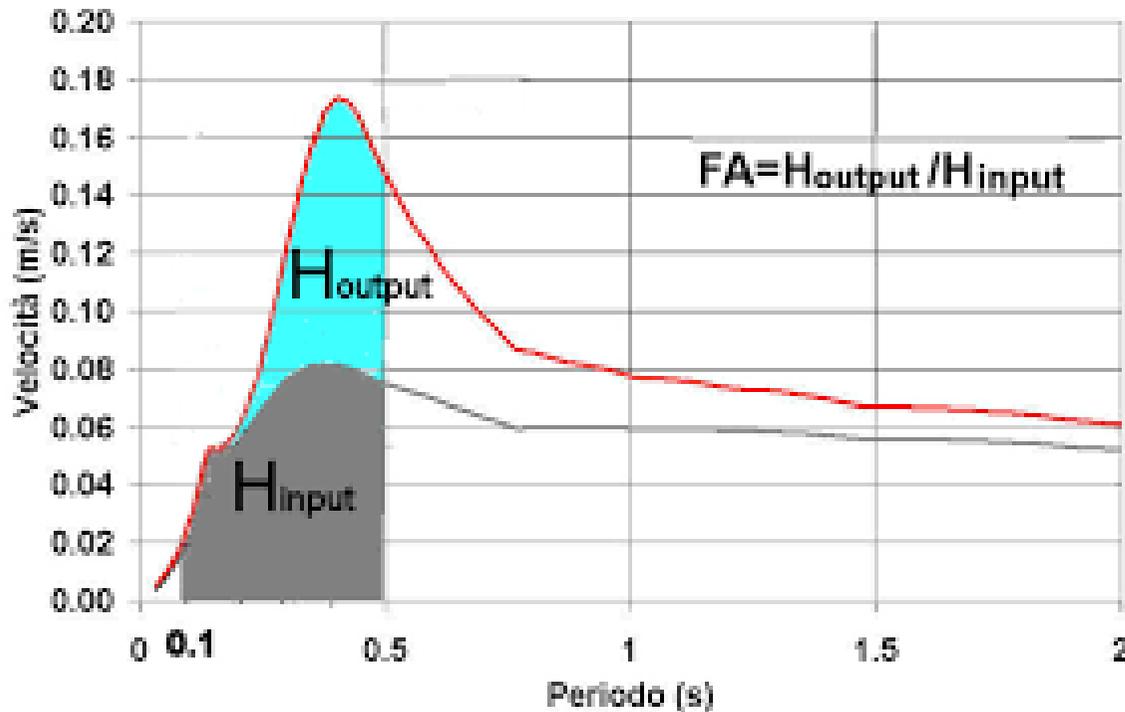


Strumenti di modellazione numerica 2D





Strumenti di modellazione numerica 2D



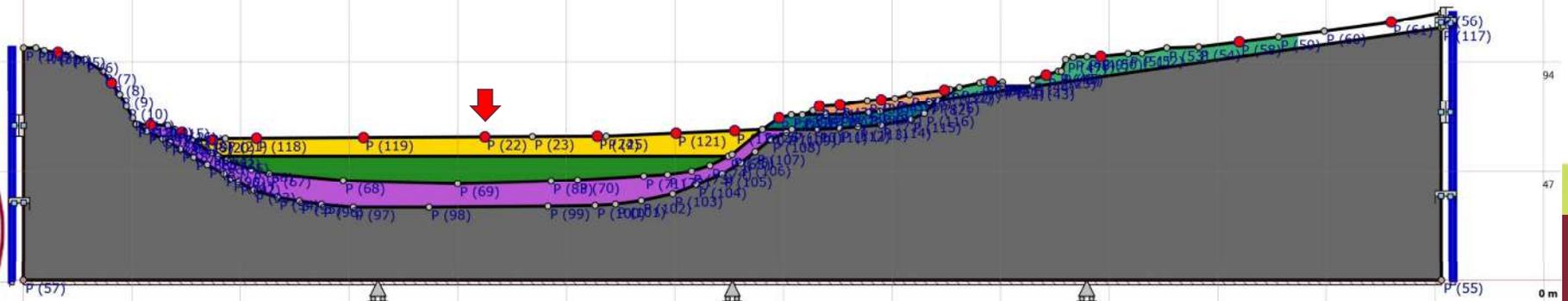
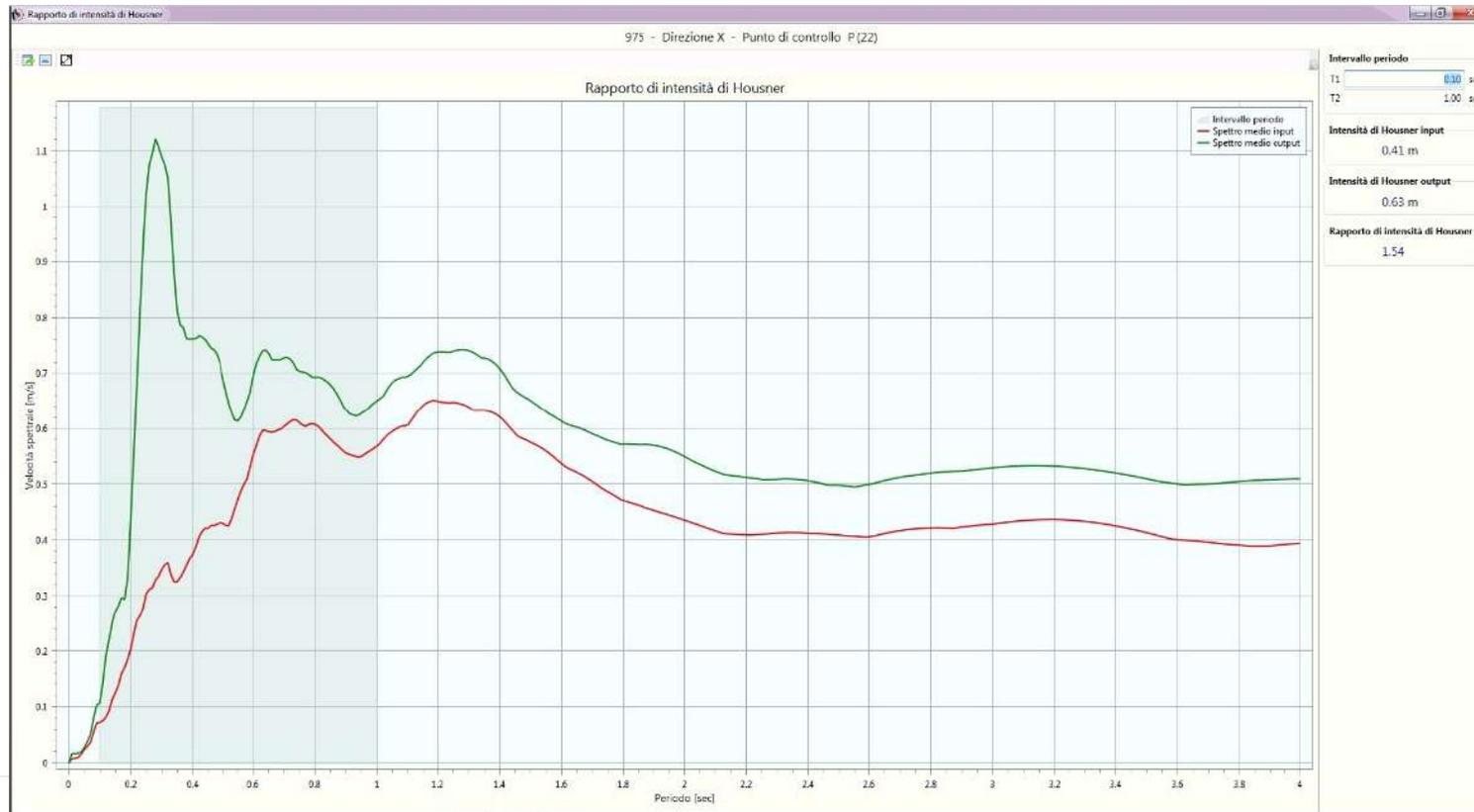
$$FHa_{(0,1+0,9)} = \frac{\int_{0,1}^{0,5} PSA_{out}(T) dT}{\int_{0,1}^{0,5} PSA_{in}(T) dT}$$

L'amplificazione sismica può essere misurata anche in termini di effetti di risposta attraverso il fattore di amplificazione FA calcolato come rapporto tra l'**integrale di Housner** dello spettro di risposta al sito ed di quello al suolo rigido. Tale integrale si definisce in un intervallo di periodi prefissato; ha pertanto lo scopo di valutare l'intensificazione della risposta sismica nel *range* di valori di interesse ingegneristico per una specifica struttura edilizia.



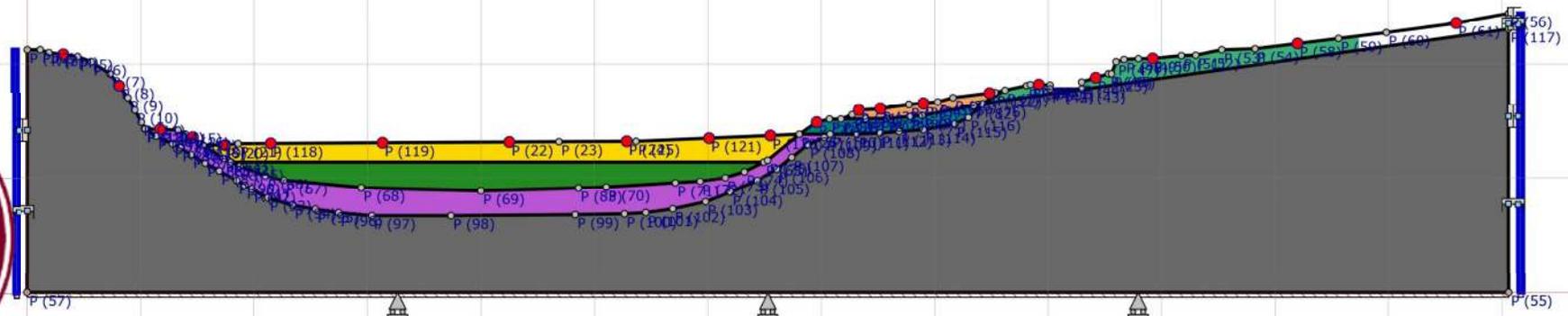


Strumenti di modellazione numerica 2D



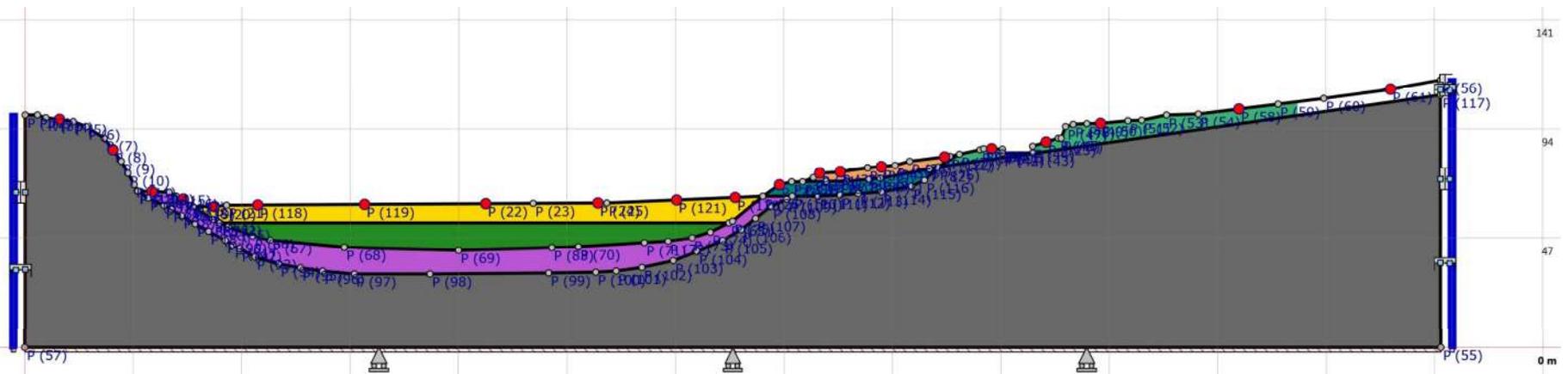
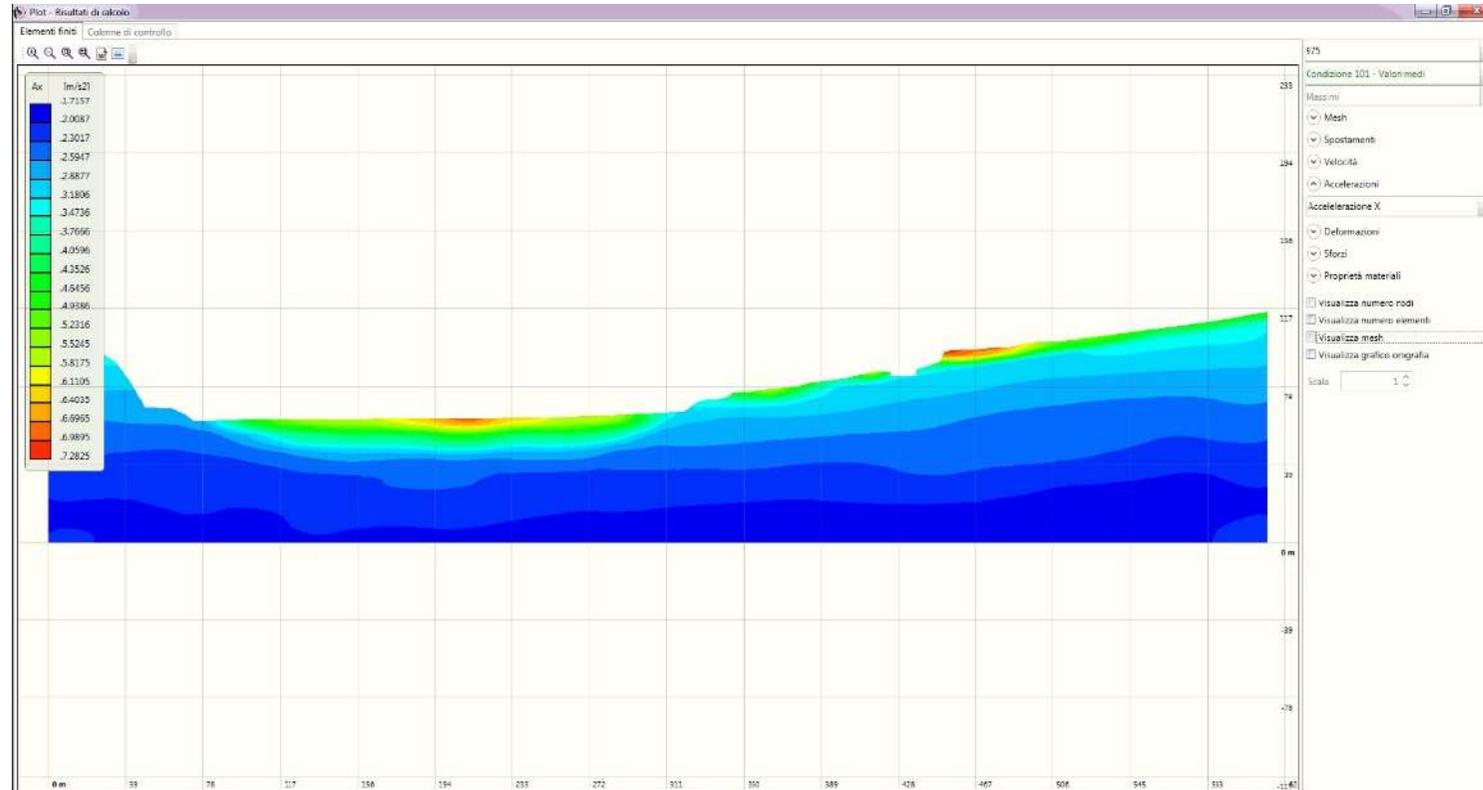


Strumenti di modellazione numerica 2D



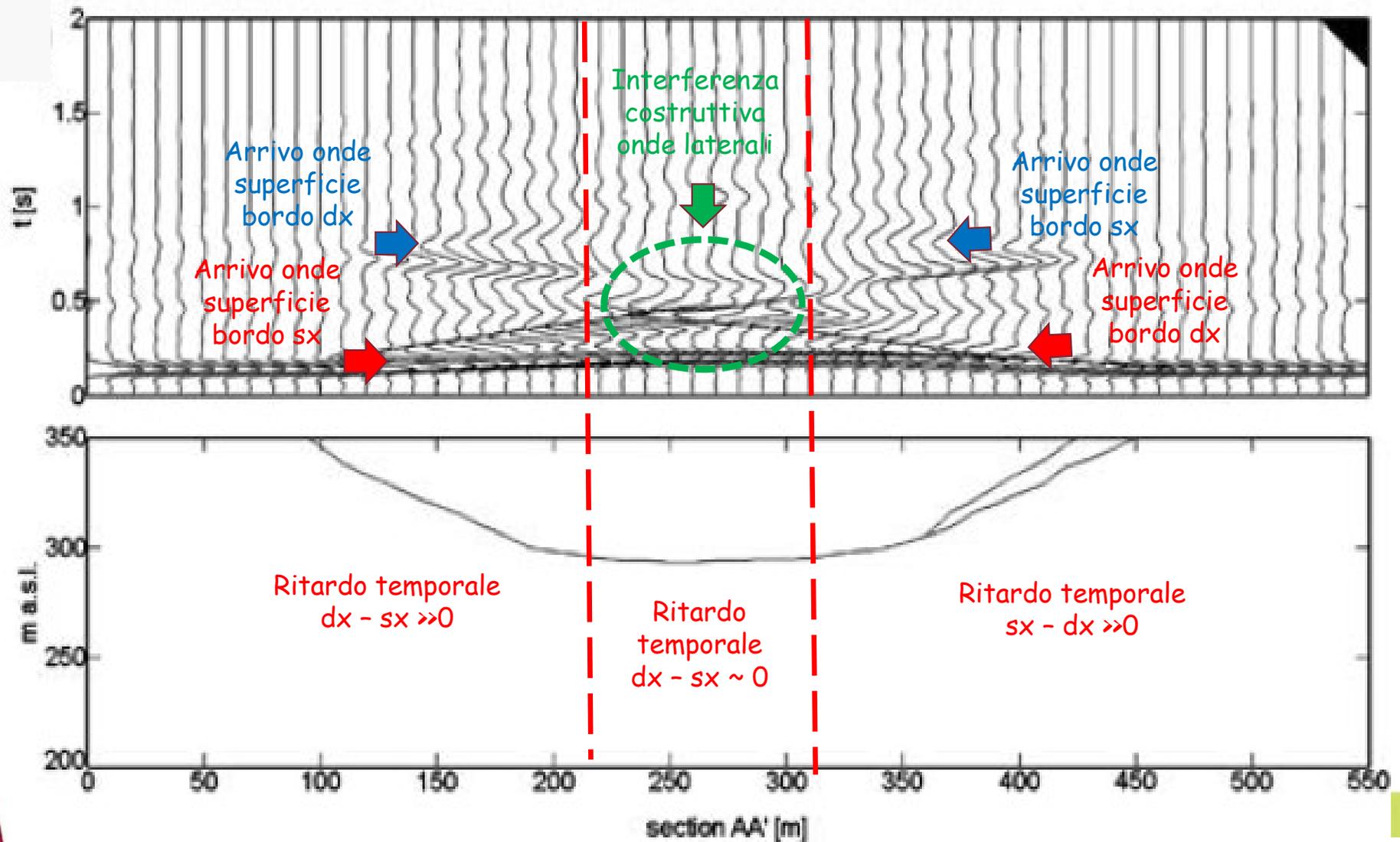


Strumenti di modellazione numerica 2D



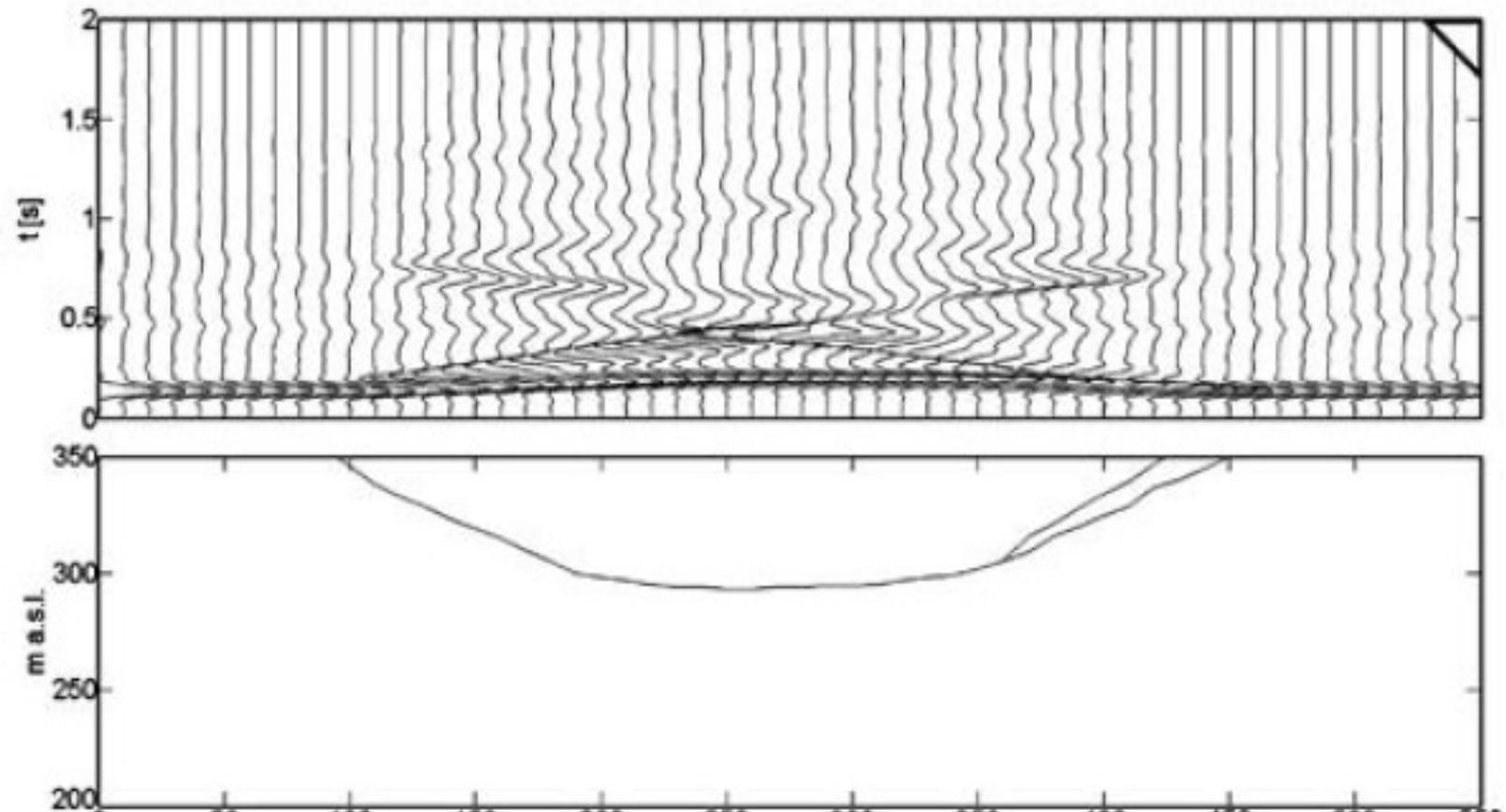


Strumenti di modellazione numerica 2D



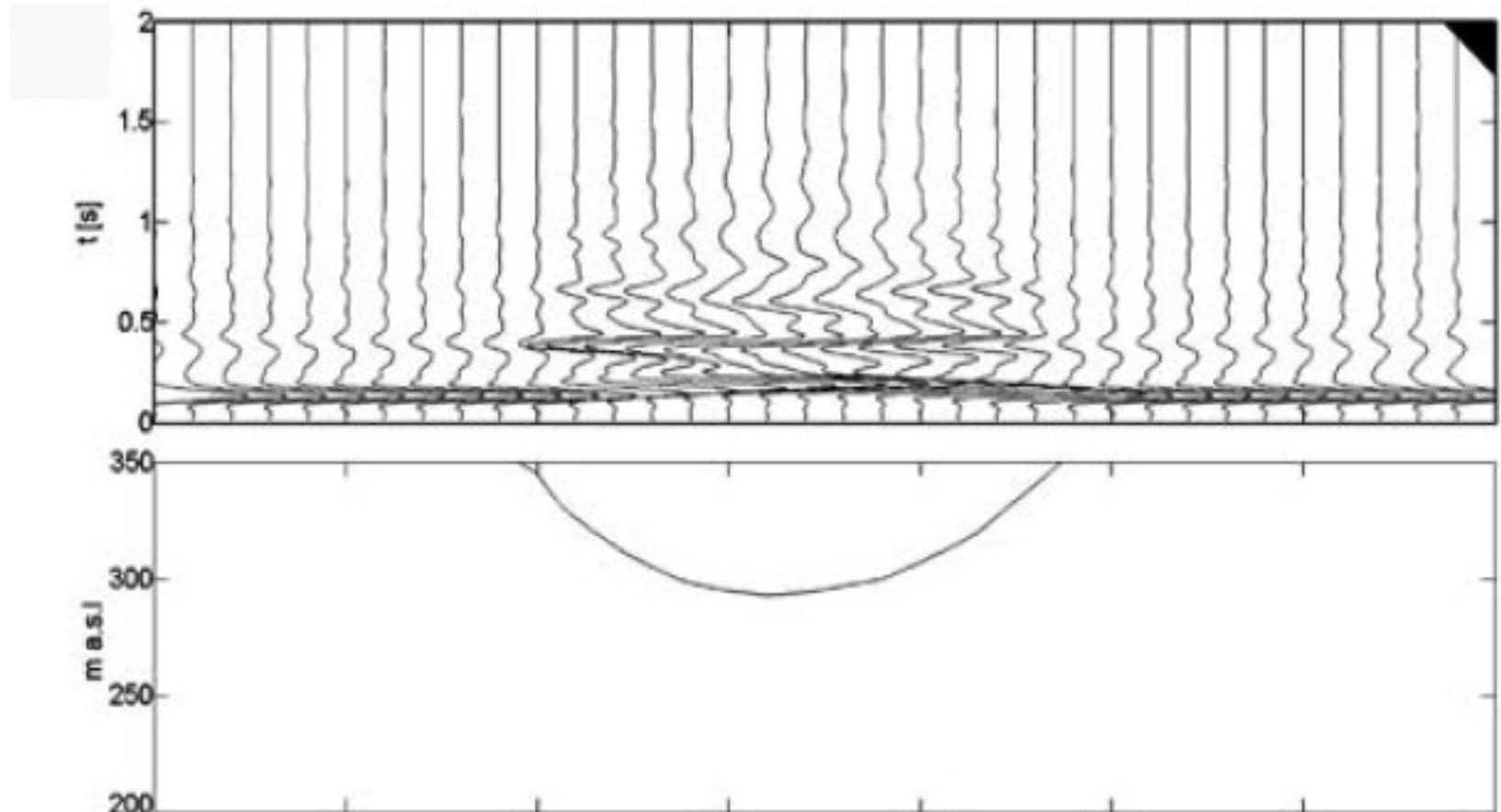


Strumenti di modellazione numerica 2D



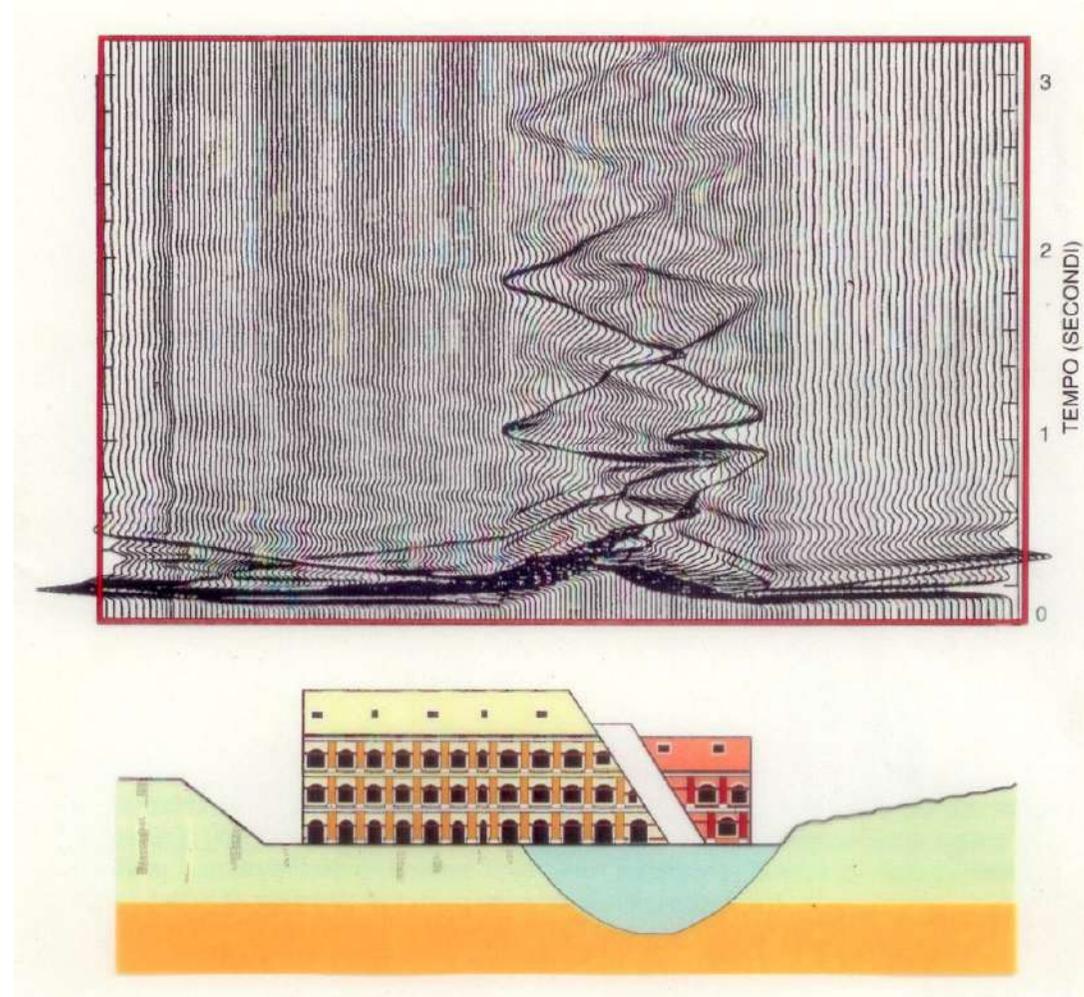


Strumenti di modellazione numerica 2D





Strumenti di modellazione numerica 2D

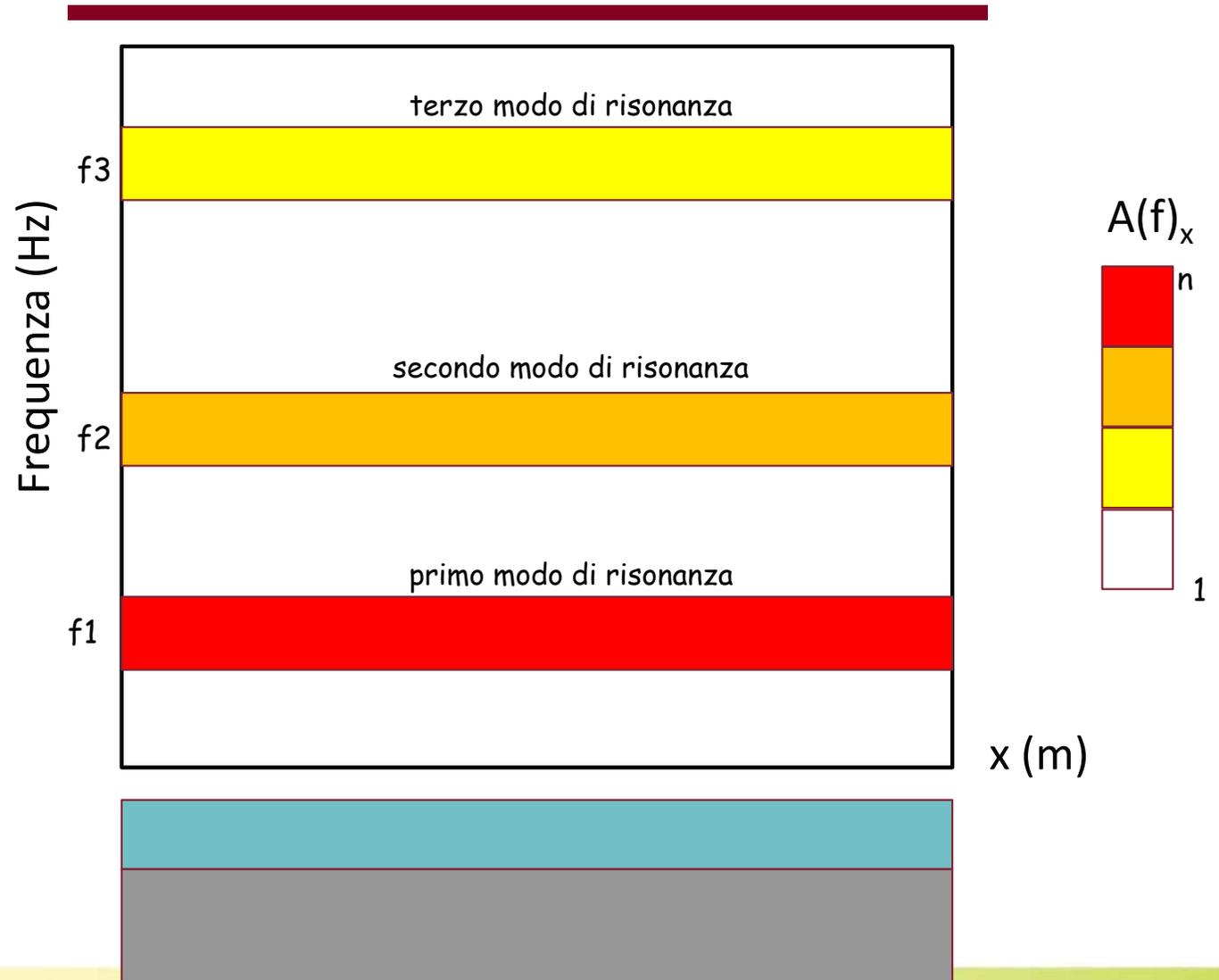


da Funciello e Rovelli, 1998



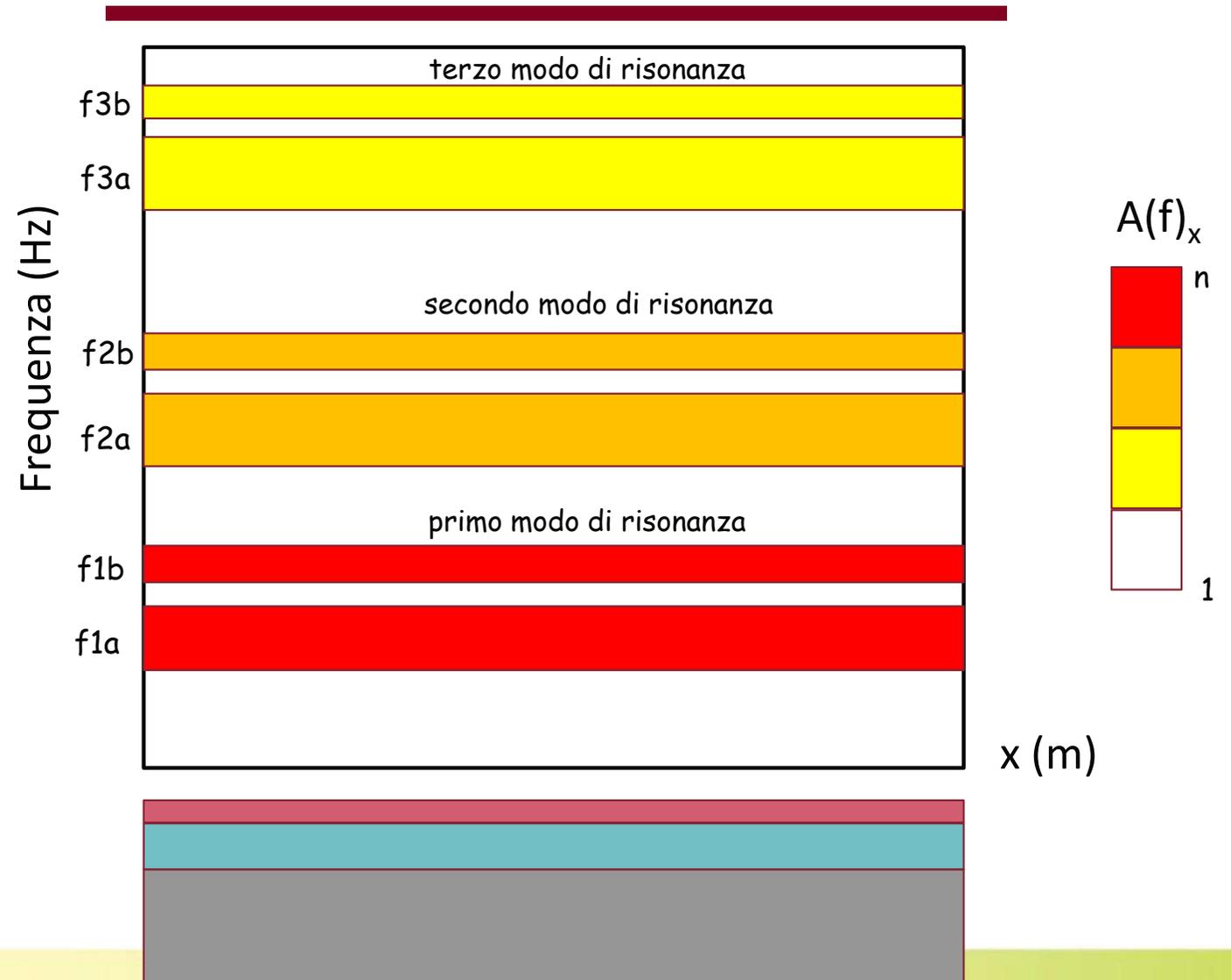


Strumenti di modellazione numerica 2D



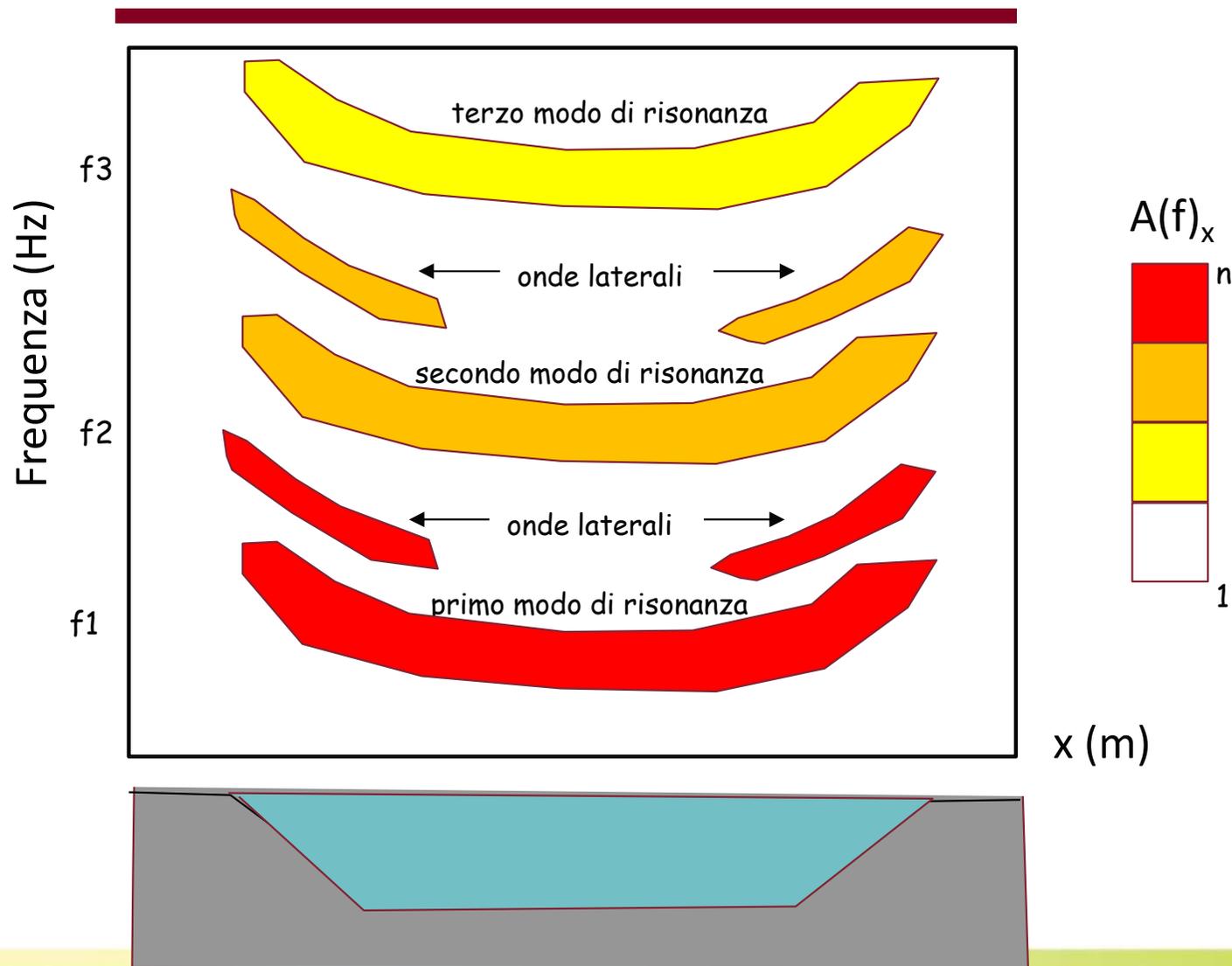


Strumenti di modellazione numerica 2D



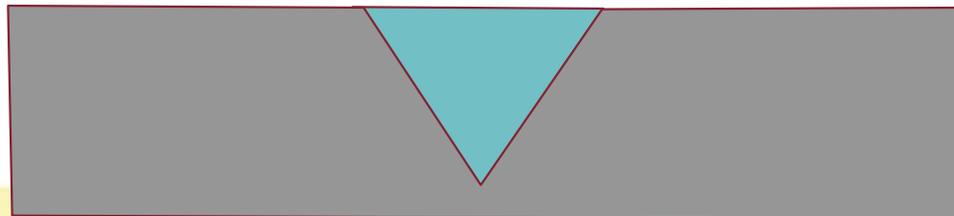
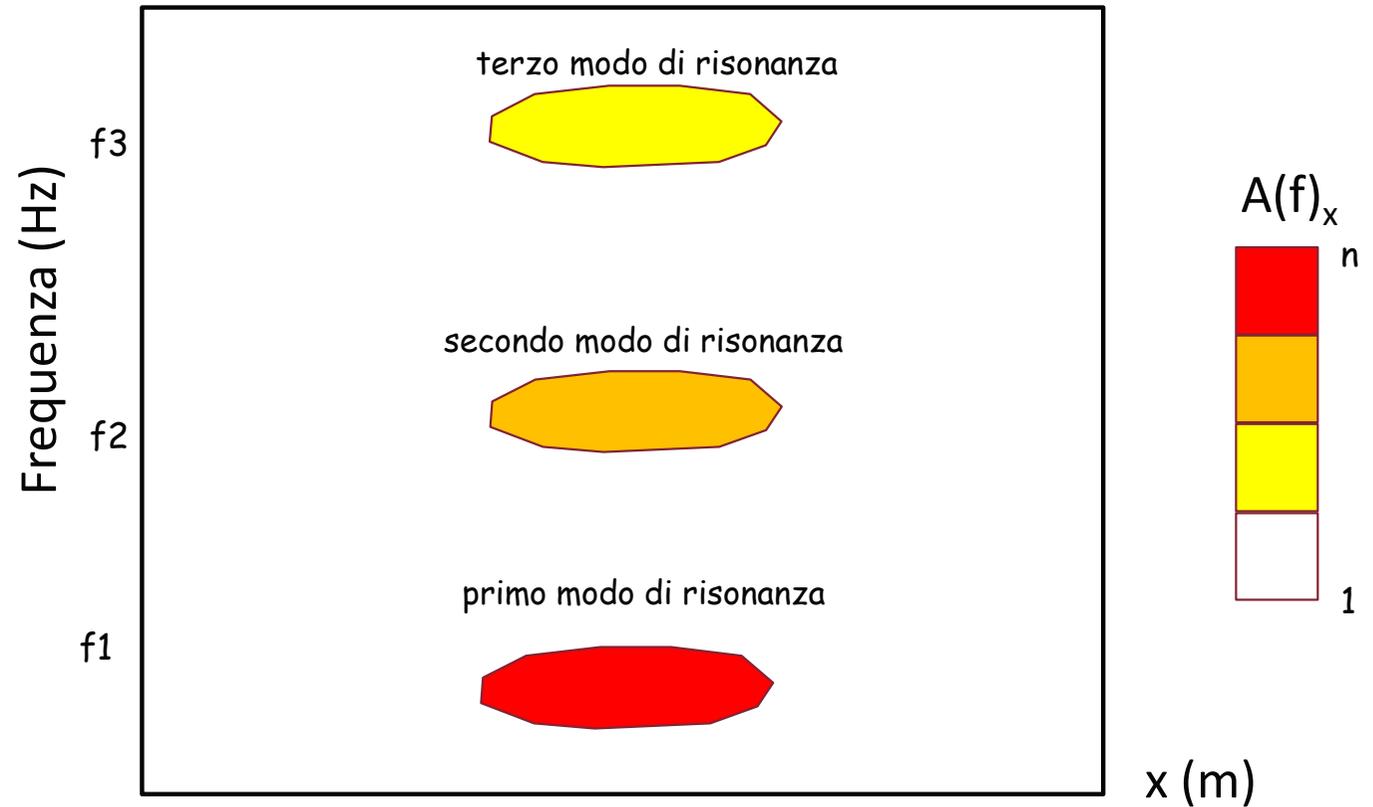


Strumenti di modellazione numerica 2D



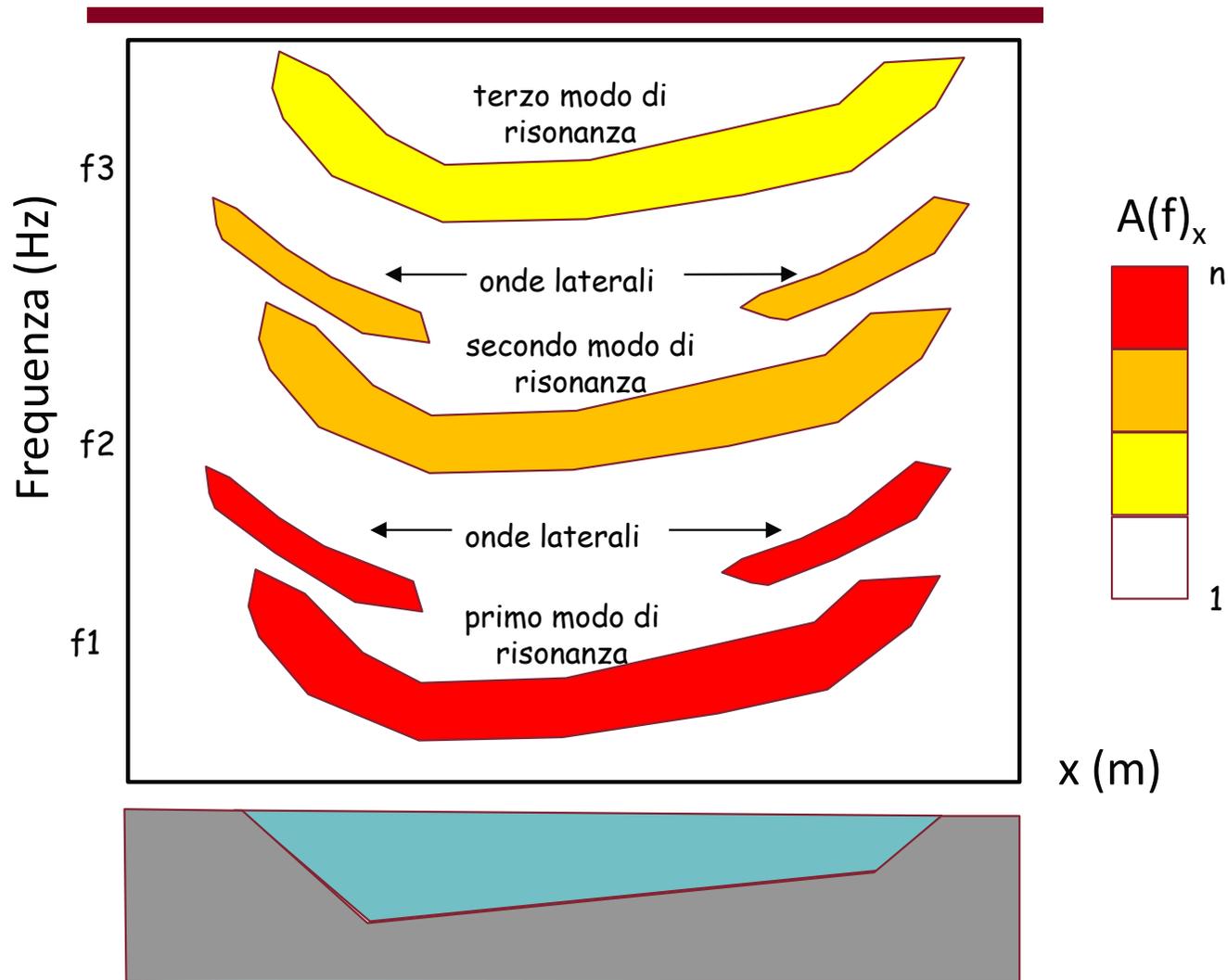


Strumenti di modellazione numerica 2D



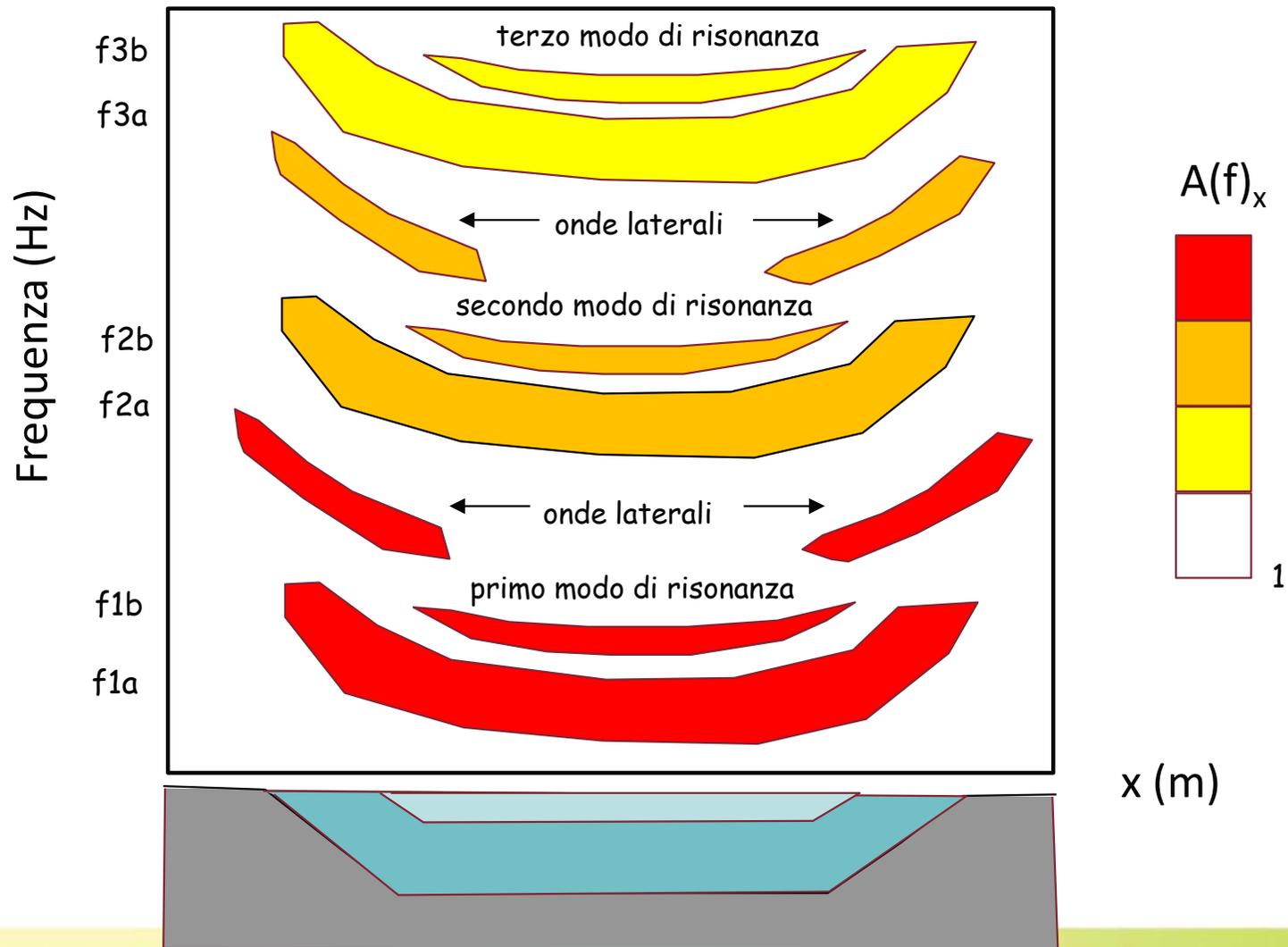


Strumenti di modellazione numerica 2D



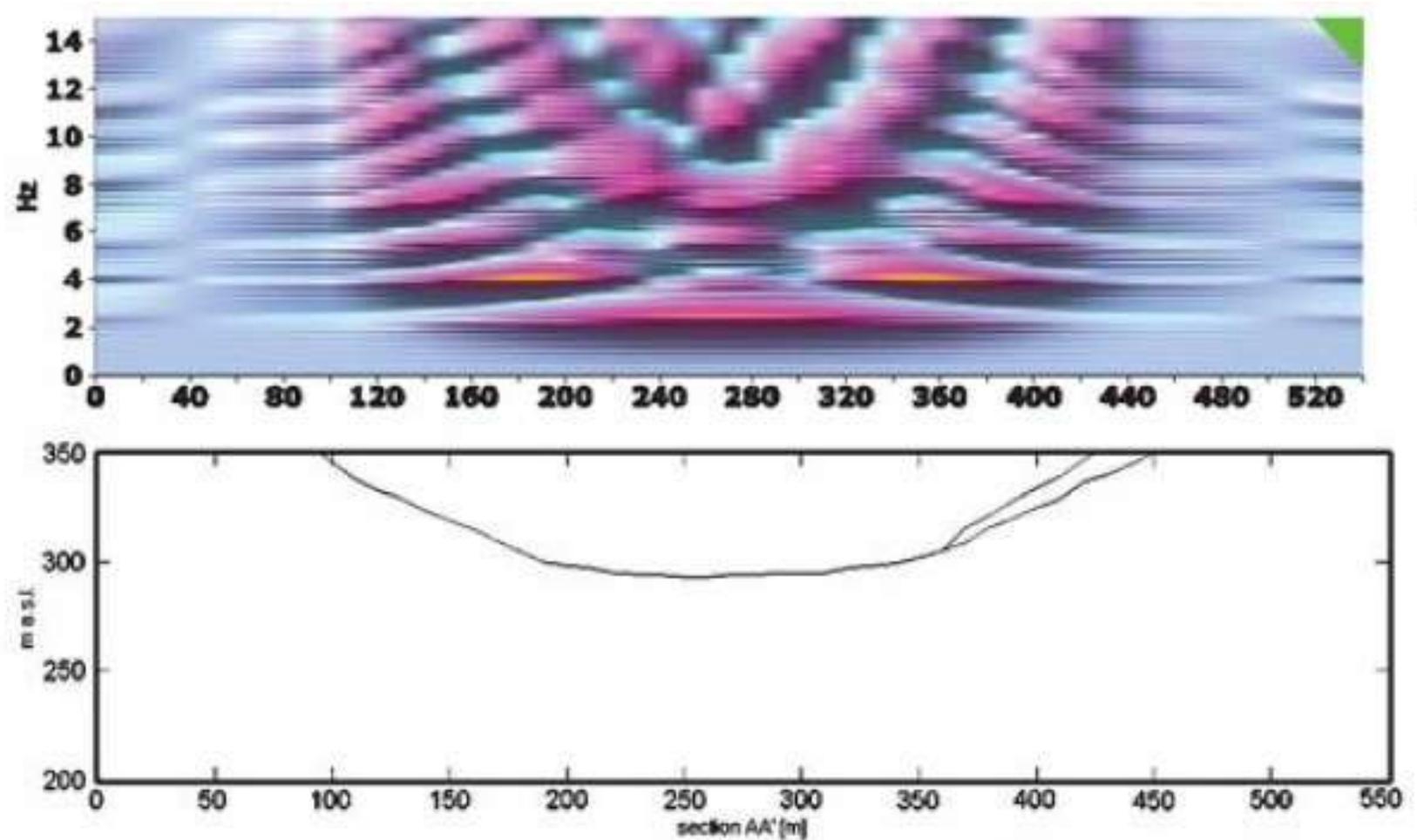


Strumenti di modellazione numerica 2D



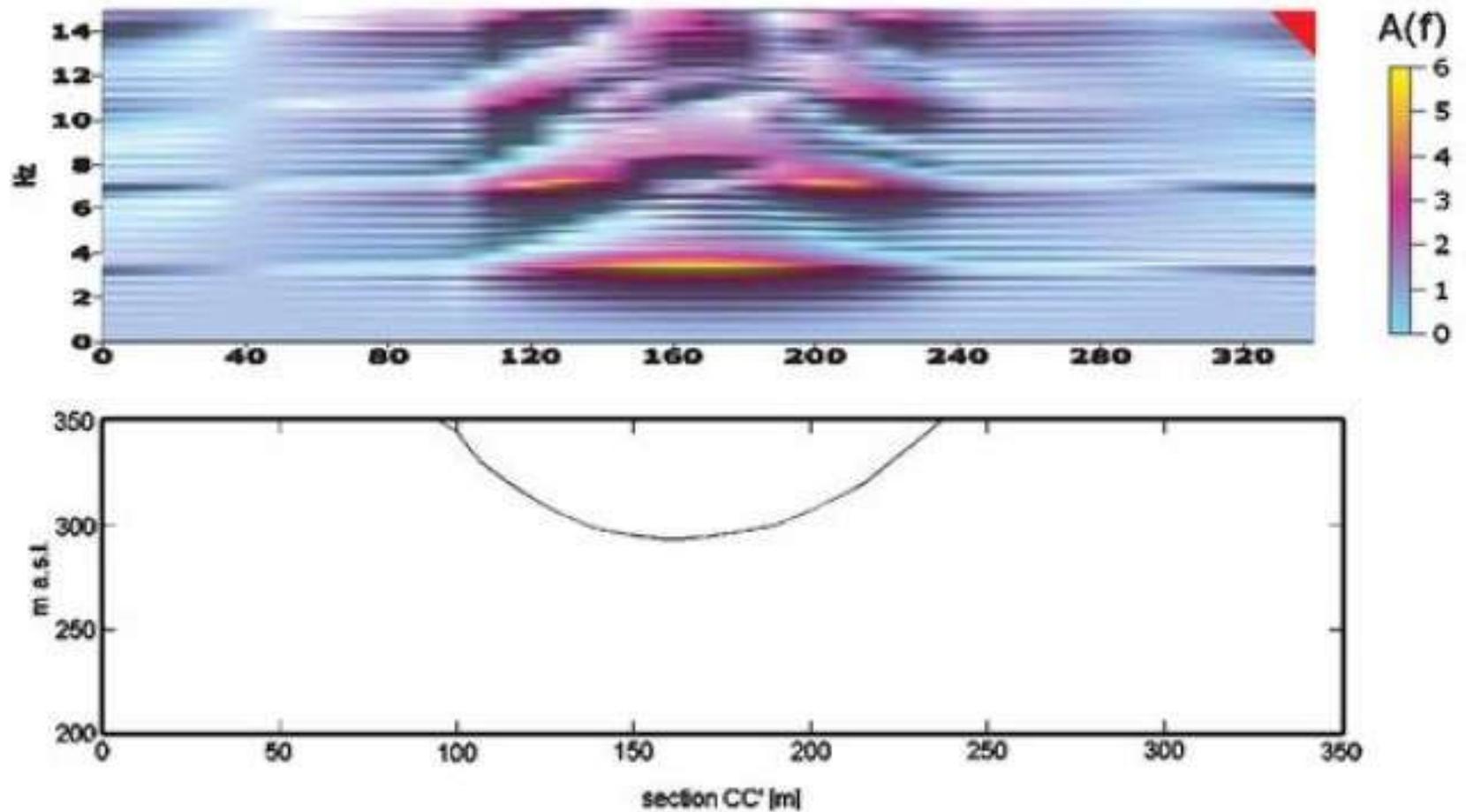


Strumenti di modellazione numerica 2D





Strumenti di modellazione numerica 2D





ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

4

Linee guida dai protocolli tecnici derivanti da OPCM 24-2017





VOLUME 2 - Parte III

3	APPENDICI	10
3.1	SCHEDE TECNICHE	13
3.1.7	Simulazioni numeriche e codici di calcolo	65
3.1.7.1	<i>Introduzione</i>	65
3.1.7.2	<i>Analisi monodimensionali</i>	65
3.1.7.3	<i>Analisi bidimensionali</i>	70
3.1.7.4	<i>Riferimenti bibliografici</i>	79
3.1.8	Moto di input per simulazioni numeriche	81
3.1.8.1	<i>Obiettivo</i>	81
3.1.8.2	<i>Posizione del problema</i>	81
3.1.8.3	<i>Metodologie</i>	81
3.1.8.4	<i>Esempi di riferimento</i>	85
3.1.8.5	<i>Indicazioni e raccomandazioni</i>	86
3.1.8.6	<i>Riferimenti bibliografici</i>	87
3.1.9	Valutazione della risposta sismica locale dalla tipologia e dal danno degli edifici rilevati post-sisma	88

01/02/2022





ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO

Protocolli tecnici: OPCM 24-2017



CONVENZIONE

TRA

COMMISSARIO STRAORDINARIO DEL GOVERNO PER LA RICOSTRUZIONE SISMA
2016

E

ISTITUTO DI GEOLOGIA AMBIENTALE E GEOINGEGNERIA
DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

(PER IL CENTRO PER LA MICROZONAZIONE SISMICA E LE SUE APPLICAZIONI)

*Supporto e coordinamento tecnico-scientifico per le
attività di microzonazione sismica dei territori colpiti dagli
eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016*

**Protocolli di acquisizione dati ed elaborazione relativi
alle attività di Microzonazione di Livello III nei 140
Comuni di cui all'Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017
della Presidenza del Consiglio dei Ministri**

A cura del Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni

Convenzione tra il Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione sisma 2016 e Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria del Consiglio Nazionale delle Ricerche (per il Centro per la microzonazione sismica e le sue applicazioni).

Supporto e coordinamento tecnico-scientifico per le attività di microzonazione sismica dei territori colpiti dagli eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016.

Responsabili scientifici

Francesco Stigliano, Massimiliano Moscatelli

Gruppo di coordinamento

Gabriele Scarascia Mugnozza (Presidente del Comitato di Indirizzo del CentroMS, UNIROMA1-DST); Paolo Messina (Direttore del CNR IGAG); Massimiliano Moscatelli (Responsabile scientifico del CentroMS, CNR IGAG); Francesco Stigliano (CNR IGAG); Iolanda Gaudiosi (CNR IGAG); Edoardo Peronace (CNR IGAG); Maria Chiara Caciolli (CNR IGAG); Carolina Fortunato (CNR IGAG); Sara Amoroso (INGV); Salomon Hailemichael (ENEA).

Coordinatori unità operative

Dario Albarello (UNISI-DSFTA); Marco Amanti (ISPRA); Stefano Catalano (UNICT-DISBGA); Giuseppe Cosentino (CNR IGAG); Vincenzo Di Fiore (CNR IAMC); Giuseppe Lanzo (UNIROMA1-DISG); Lucia Luzi (INGV); Salvatore Martino (UNIROMA1-DST); Alessandro Pagliaroli (UNICH-PE-INGEO); Floriana Pergalani (POLIMI-DICA); Enrico Priolo (OGS).

Segreteria tecnica di supporto:

Federica Polpetta (CNR IGAG); Silvia Giallini (CNR IGAG).

Segreteria amministrativa:

Francesca Argiolas (CNR IGAG); Marco Gozzi (CNR IGAG); Martina De Angelis (CNR





Protocolli tecnici: OPCM 24-2017



COMMISSARIO STRAORDINARIO
RICOSTRUZIONE SISMA - 2016

Indice generale

1. Introduzione.....	5
2. Indagini Geologiche e Geomorfologiche.....	7
2.1 Premessa.....	7
2.2 Il substrato.....	8
2.3 I Terreni di Copertura (TC).....	10
2.4 Elementi morfologici superficiali e sepolti pertinenti la pericolosità sismica.....	11
2.5 Elementi idrogeologici ed instabilità di versante.....	12
2.6 Sezioni geologiche e geologico-litotecniche.....	13
3. Le Instabilità.....	16
3.1 Premessa.....	16
3.2 Zone di attenzione per le Frane (ZAF _R).....	17
3.3 Zone di attenzione per la Liquefazione (ZAL _Q).....	20
3.4 Zone di attenzione per le Faglie Attive e Capaci (ZAF _{AC}).....	22
3.5 Sintesi Operativa.....	24
3.6 Definizione delle zone instabili secondo le Linee Guida IMCS.....	24
4. Indagini geofisiche di superficie.....	26
4.1 Premessa.....	26
4.2 La pianificazione delle Indagini e l'uso del metodo dei rapporti spettrali (HVSR).....	27
4.3 La determinazione del profilo di Vs: tecnica MASW.....	28
4.4 Le incertezze.....	30
5. Indagini in situ e prove Down-Hole.....	31
5.1 Premessa.....	31
5.2 Scelta del sito di prova.....	31
5.3 Precisazioni di carattere generale.....	32
5.4 Prove penetrometriche dinamiche SPT (Standard Penetration Test).....	36
5.5 Posa in opera di tubi per prospezioni sismiche DH.....	37
5.6 Documentazione.....	39

3



COMMISSARIO STRAORDINARIO
RICOSTRUZIONE SISMA - 2016

6. Modellazione della Risposta Sismica Locale in configurazione 1D.....	41
6.1. Premessa.....	41
6.2. Modello di analisi e scelta del codice di calcolo.....	41
6.3. Gestione delle incertezze nella stima della RSL.....	42
6.4. Parametri descrittivi della variabilità.....	43
6.5. Implementazione della variabilità del profilo di Vs nelle analisi di RSL.....	46
6.6. Calcolo dei valori di FA rappresentativi della singola MOPS.....	49
6.7 Esempio: il caso di S. Gimignano (SI).....	51
7. Modellazione della risposta sismica locale in configurazione 2D.....	59
7.1 Premessa.....	59
7.2 Scelta del modello di analisi e del codice di calcolo.....	60
7.3 Scelta delle sezioni e delle verticali da analizzare.....	62
7.4 Estensione laterale delle sezioni per la modellazione numerica 2D.....	64
7.5 Definizione del substrato sismico per le simulazioni numeriche.....	65
7.6 Discretizzazione dei modelli.....	66
7.7 Validazione modello di sottosuolo in base ai rapporti spettrali.....	66
7.8 Definizione degli accelerogrammi e delle caratteristiche di non linearità dei terreni.....	67
7.9 Risultati.....	68
7.10 Riferimenti modellazione 2D.....	69
8. Allegati.....	71

4





Protocolli tecnici: OPCM 24-2017

07

MODELLAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE IN CONFIGURAZIONE 2D

Gruppo di lavoro **Analisi Numeriche**

COORDINATORE

Floriana PERGALANI
POLIMI-DICA

MEMBRI

Dario ALBARELLO
UNISI-DSFTA

Lucia LUZI
INGV

Marco AMANTI
ISPRA

Claudia MADIAI
UNIFI-DICeA

Vittorio CHIESSI
ISPRA

Giuliano MILANA
INGV

Massimo COMPAGNONI
POLIMI-DICA

Guido MARTINI
ENEA

Roberto DE FRANCO
CNR IGAG

Salvatore MARTINO
UNIROMA1-DST

Anna D'ONOFRIO
UNINA-DICEA

Alessandro PAGLIAROLI
UNICH-PE-INGEO

Sebastiano FOTI
POLITO-DISEG

Francesco SILVESTRI
UNINA-DICEA

Iolanda GAUDIOSI
CNR IGAG

Marco TALLINI
UNIVAQ-DICEAA

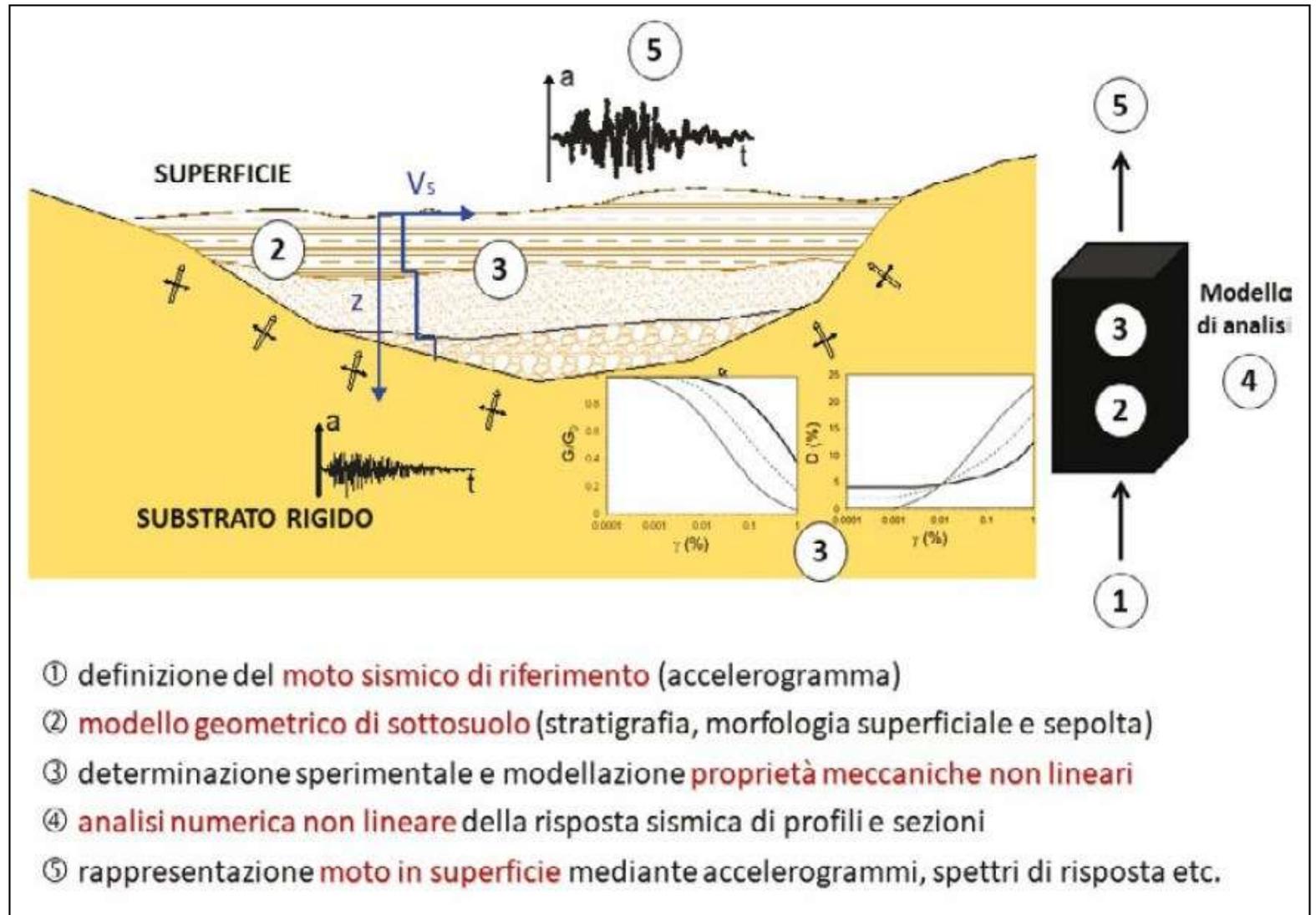
Giuseppe LANZO
UNIROMA1-DISG

Chiara VARONE
CNR IGAG



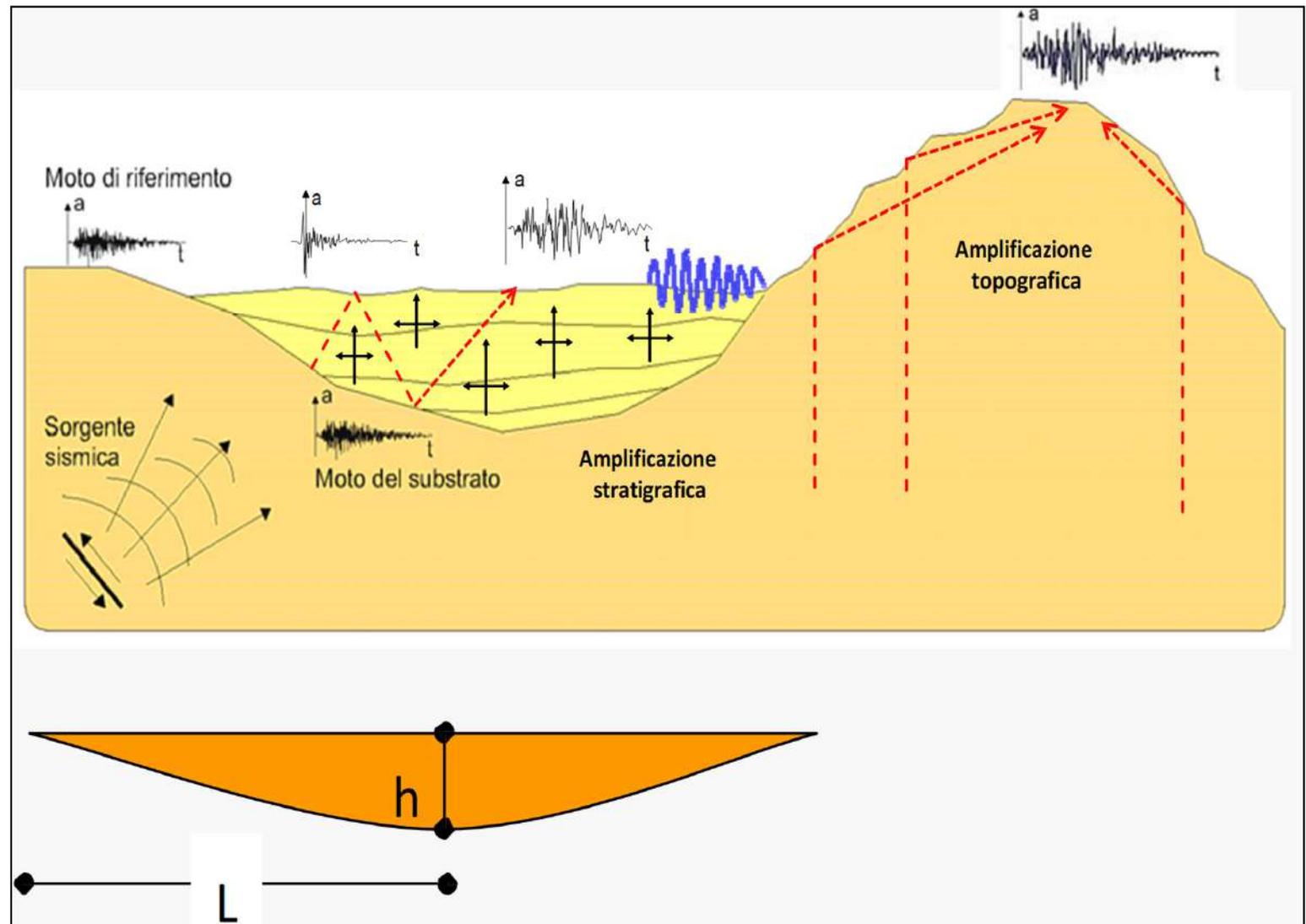


Protocolli tecnici: OPCM 24-2017



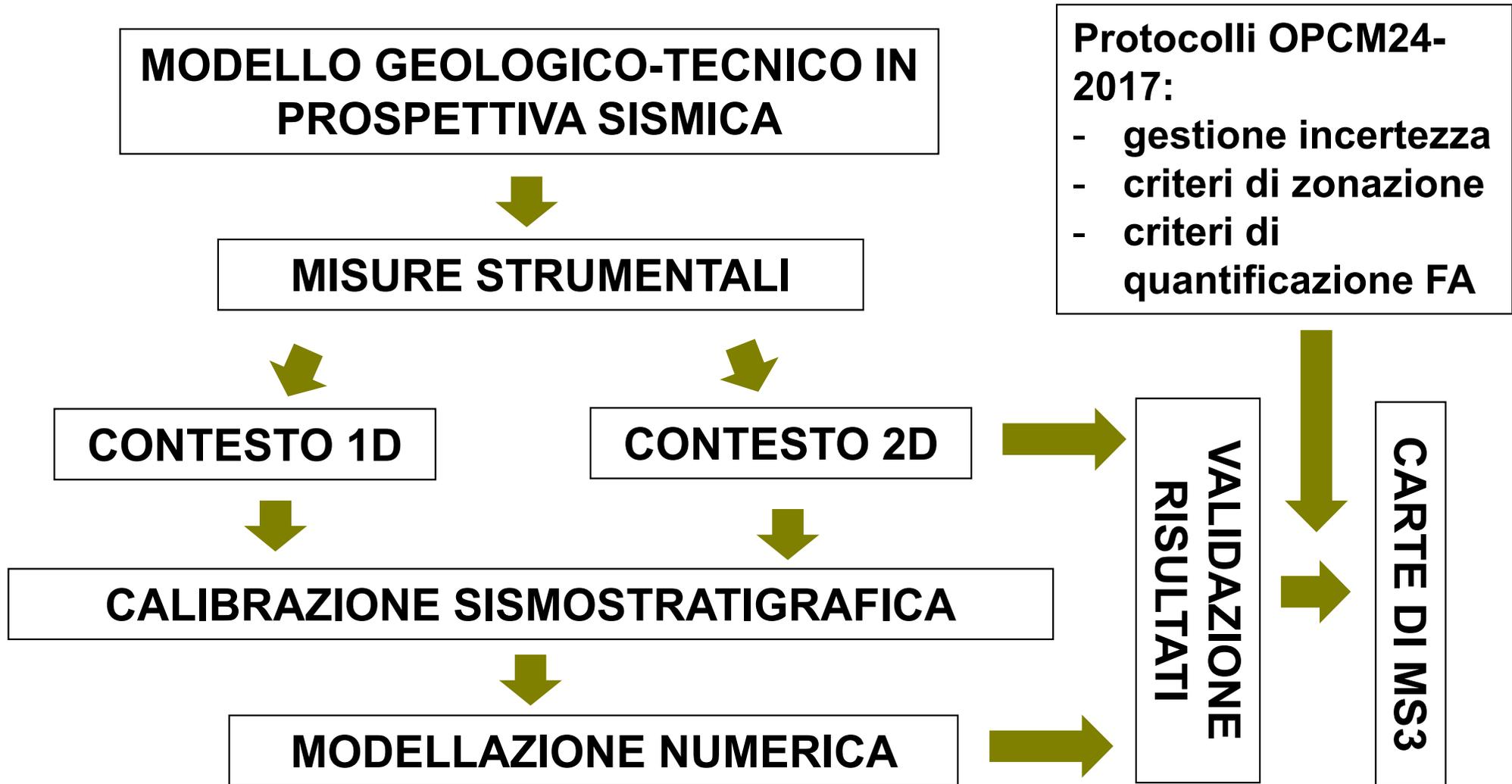


Protocolli tecnici: OPCM 24-2017





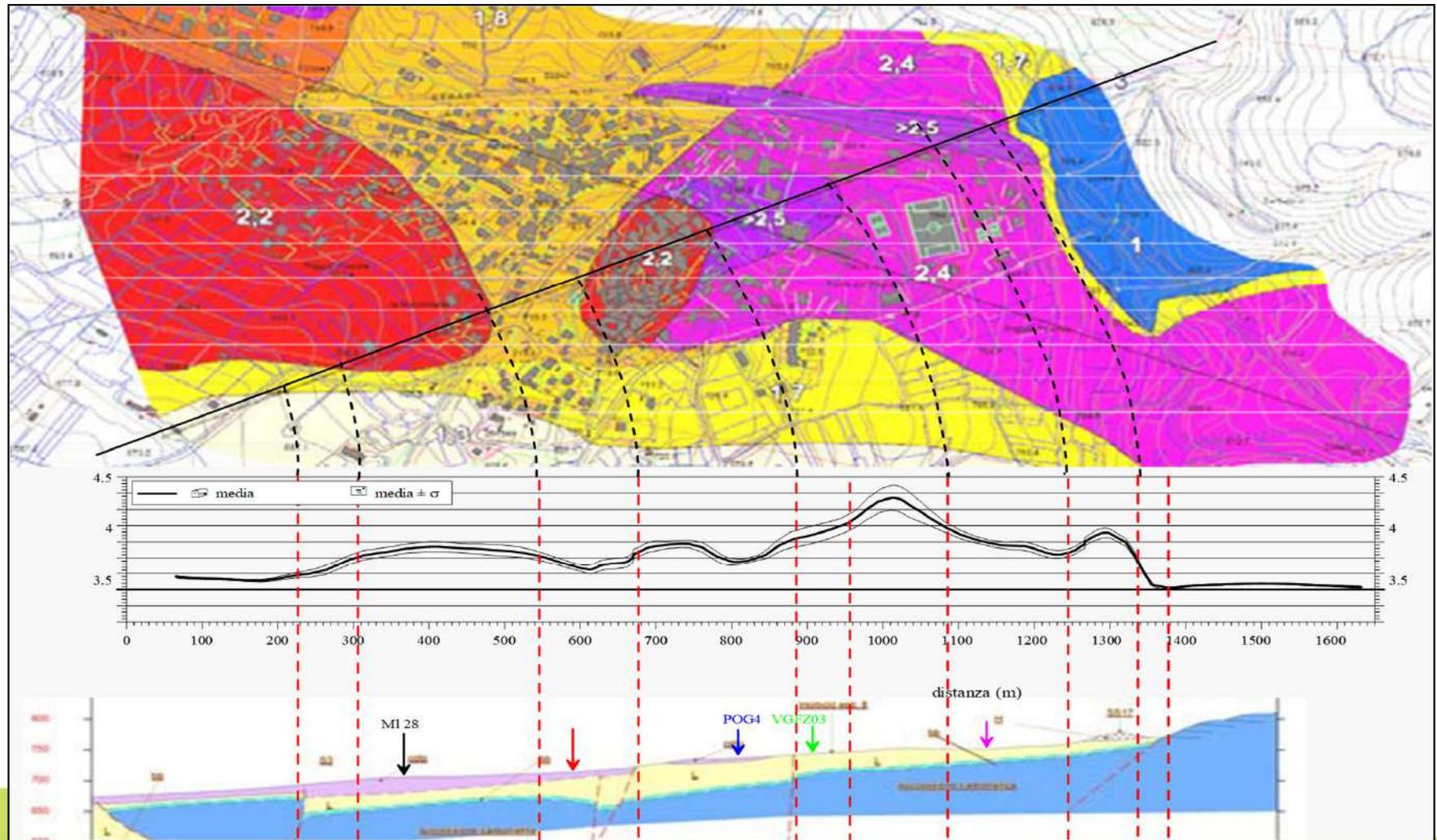
Protocolli tecnici: OPCM 24-2017





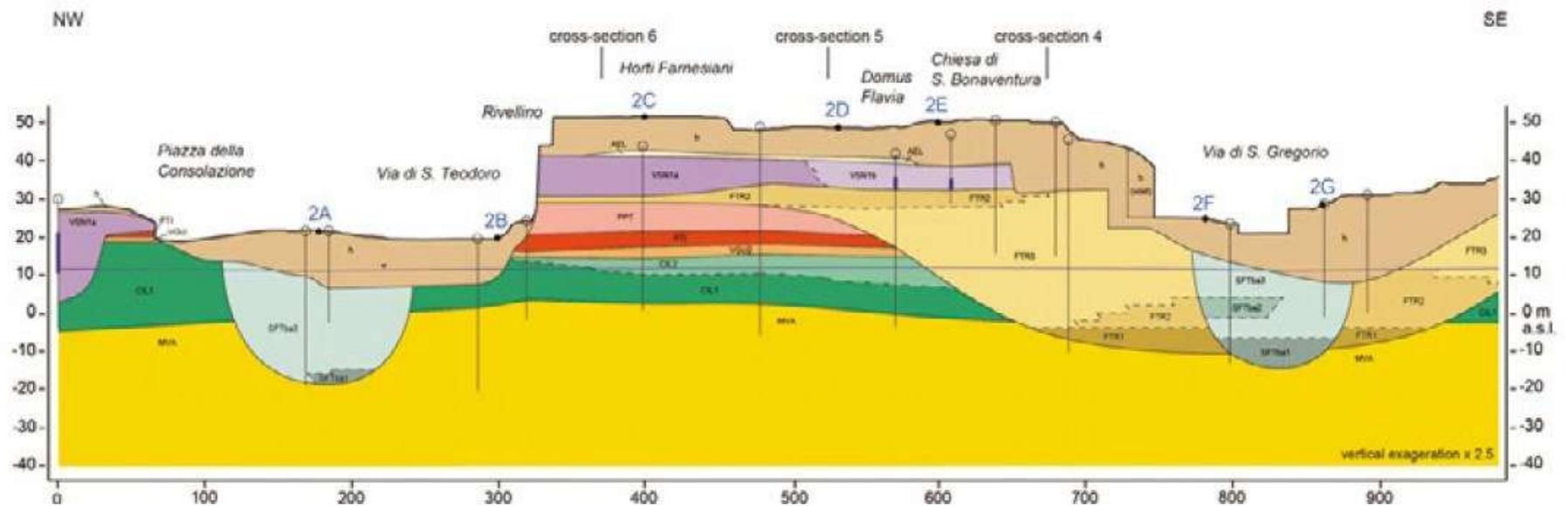
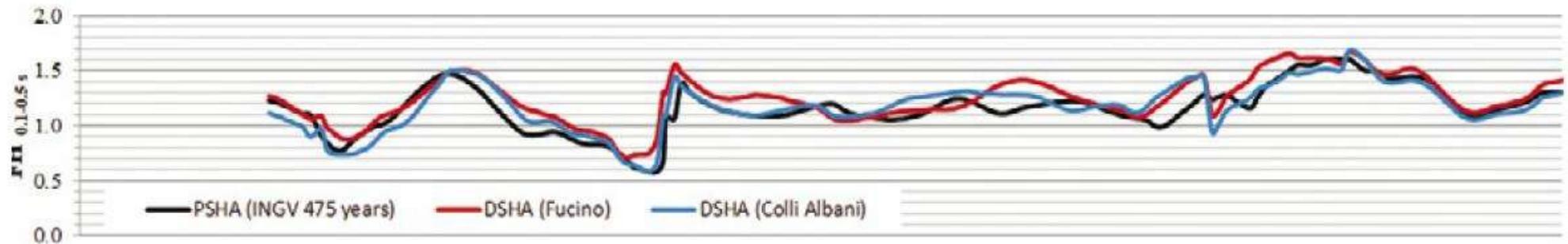
Protocolli tecnici: OPCM 24-2017

Estrapolazione di FA su base lineare





Protocolli tecnici: OPCM 24-2017



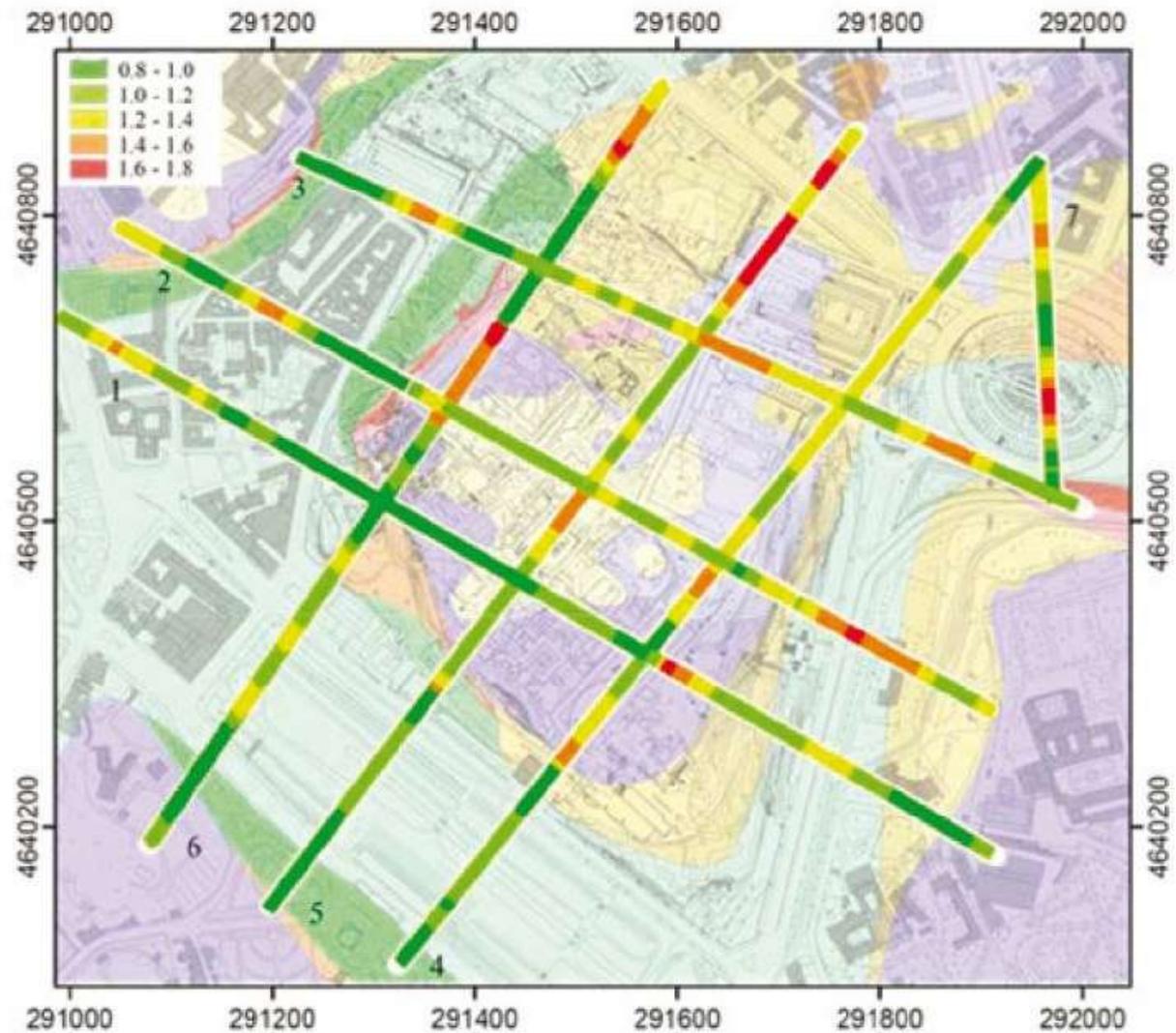
Estrapolazione di FA su base areale





Protocolli tecnici: OPCM 24-2017

Estrapolazione di FA su base areale

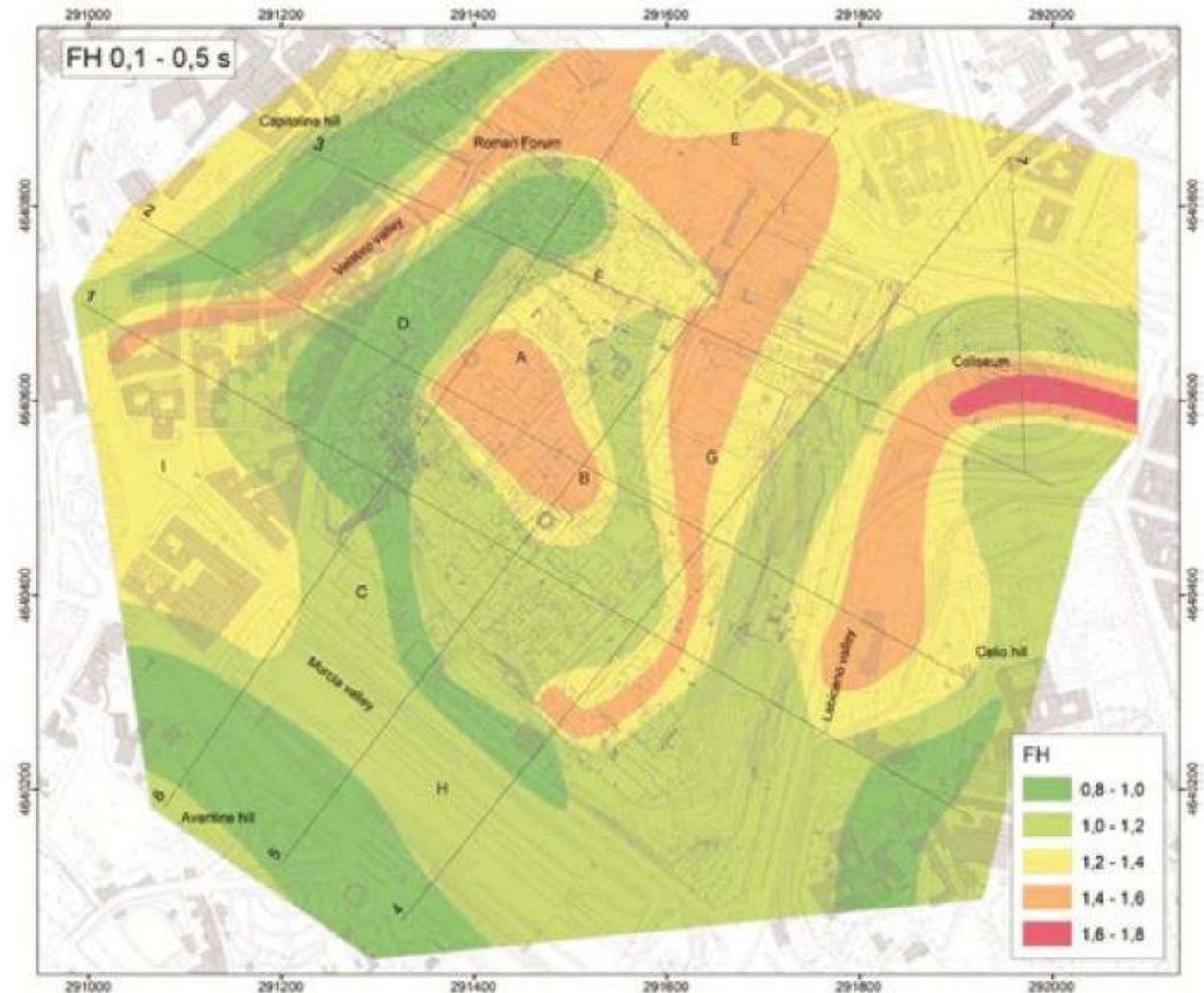




Protocolli OPCM24-2017:

- gestione incertezza sulla base dei dati geologici (vincoli a modelli 1D e/o 2D)
- Estrapolazione del dato da puntuale a lineare ad areale mediante un processo di *best tuning* tra evidenze strumentali e numeriche
- Attribuzione del valore di FA massimo tra 1D e 2D con differenziazione areale solo in casi di scarti superiori a 0.2

Estrapolazione di FA su base areale





ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

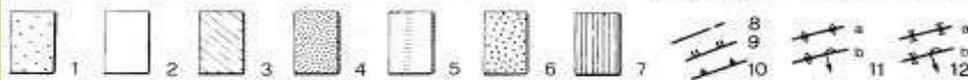
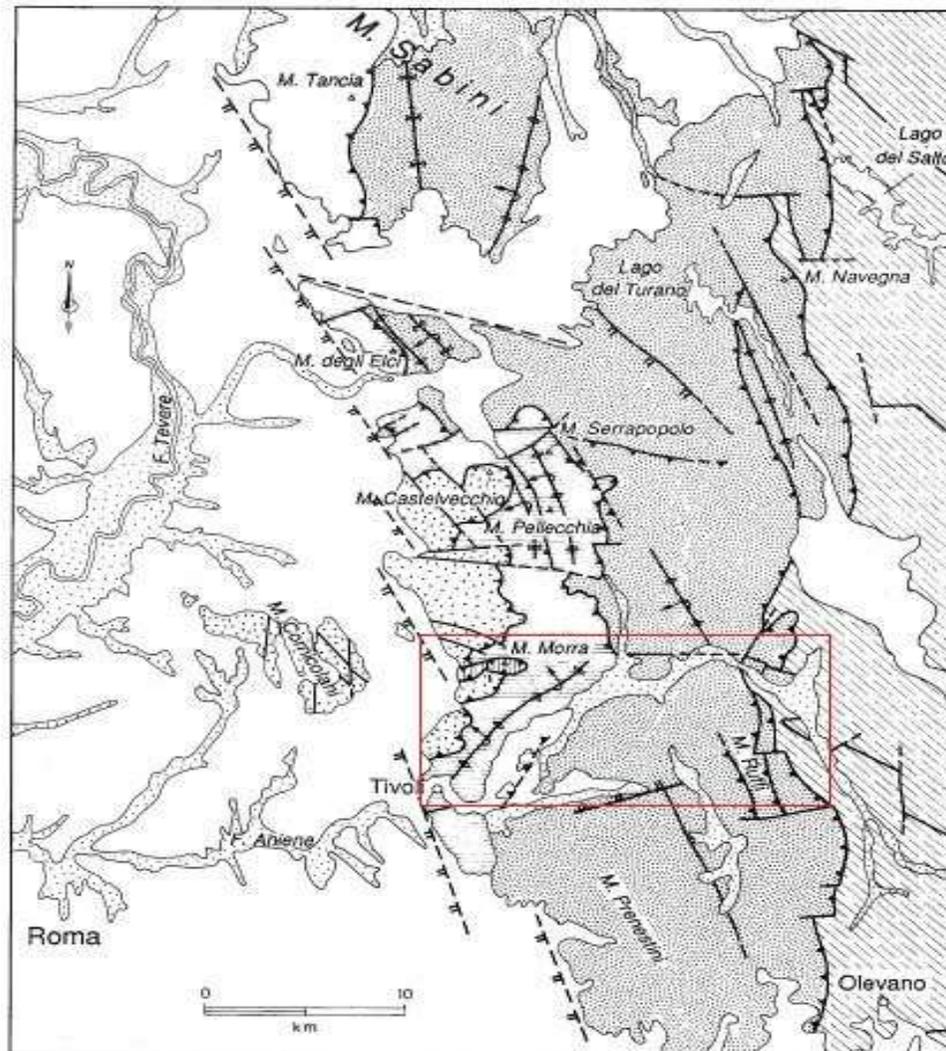
5

Caso di studio





Modellazione 2D in alta valle Aniene (Lazio)



Schema tettonico delle unità strutturali nel settore dei M. Sabini: 1) coperture alluvionali recenti; 2) vulcaniti, depositi marini e continentali del Plio-Pleistocene; 3) Unità 5; 4) Unità 4; 5) Unità 3; 6) Unità 2; 7) Unità 1; 8) faglie a meccanismo non determinato; 9) faglie dirette; 10) Fronti delle singole unità strutturali; 11) assi di pieghe anticlinali (a=dritte, b=rovesce); 12) assi di pieghe sinclinali (a=dritte, b=rovesce) (Cosentino & Parotto, 1992).





Considerazioni conclusive

1. La modellazione 2D ha un grado di affidabilità fortemente condizionato dalla conoscenza del modello geologico-tecnico del sottosuolo
2. La qualità di una modellazione 2D è fortemente condizionata dalla funzionalità dei margini assorbenti laterali e dunque alle interferenze tra onde propagate e riflesse nei domini modellati
3. I modelli numerici 2D sono oggi integrabili nei prodotti di progettazione e negli studi di MS in riferimento alle rispettive norme tecniche e linee guida
4. Le differenze di severità calcolabili dal confronto tra modelli 1D e 2D devono essere gestite alla luce di: i) una stima del grado di incertezza nel modello geologico di riferimento; ii) livello di rischio associato all'azione sismica oggetto dello studio; iii) specifici indirizzi da linee guida





ORDINE DEI GEOLOGI DELLAZIO

Grazie per l'attenzione



salvatore.martino@uniroma1.it



[Geo-slopestabSPZ@](#) [GeoslopestabSPZ](#)



[Geo-slopestability "Sapienza"](#)

