

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

POR FESR 2014-2020. Asse 5. Rischio sismico e idraulico. Azione 5.3.1
"Integrazione e sviluppo di sistemi di prevenzione multirischio,
anche attraverso reti digitali interoperabili di coordinamento operativo precoce"



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

Caratterizzazione sismica dei suoli per scenari di scuotimento

⁽¹⁾ *Jacopo Boaga*, ⁽¹⁾ *Valeria Cascone*, ⁽¹⁾ *Fabio Sirch*, ⁽¹⁾ *Benedetta Surian*

⁽¹⁾

Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova

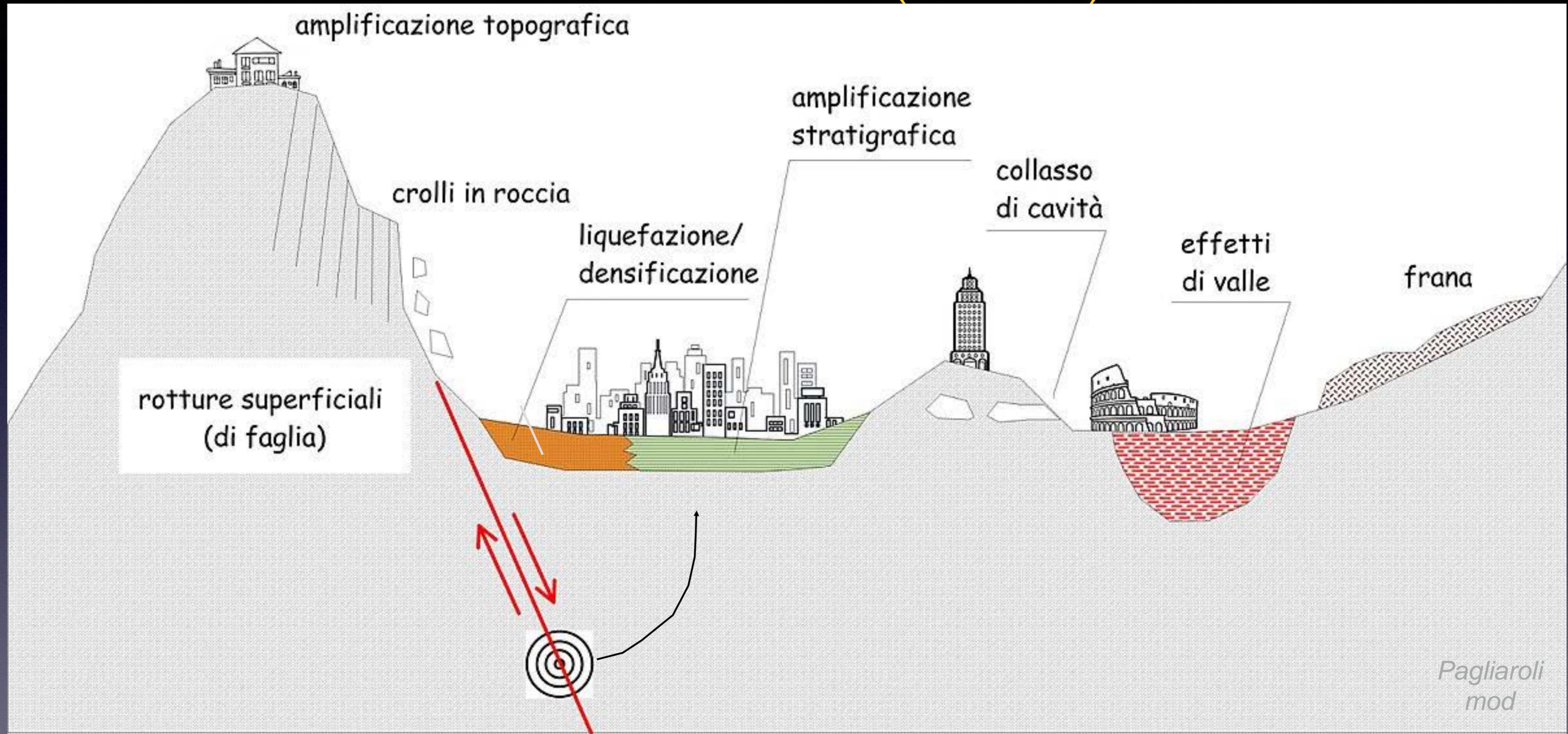


I temi

Accordo ambito POR FESR 2014-2020

- realizzazione di misure di sismica attiva e passiva presso i siti, caratterizzazione della risposta sismica locale e sua schematizzazione in schede
(Project Action Plan - WP2)
- ingegneria sismica: raccolta e utilizzo delle le schede di verifica sismica di livello 1-2 (Spin-off Expin)
(Project Action Plan - WP3)

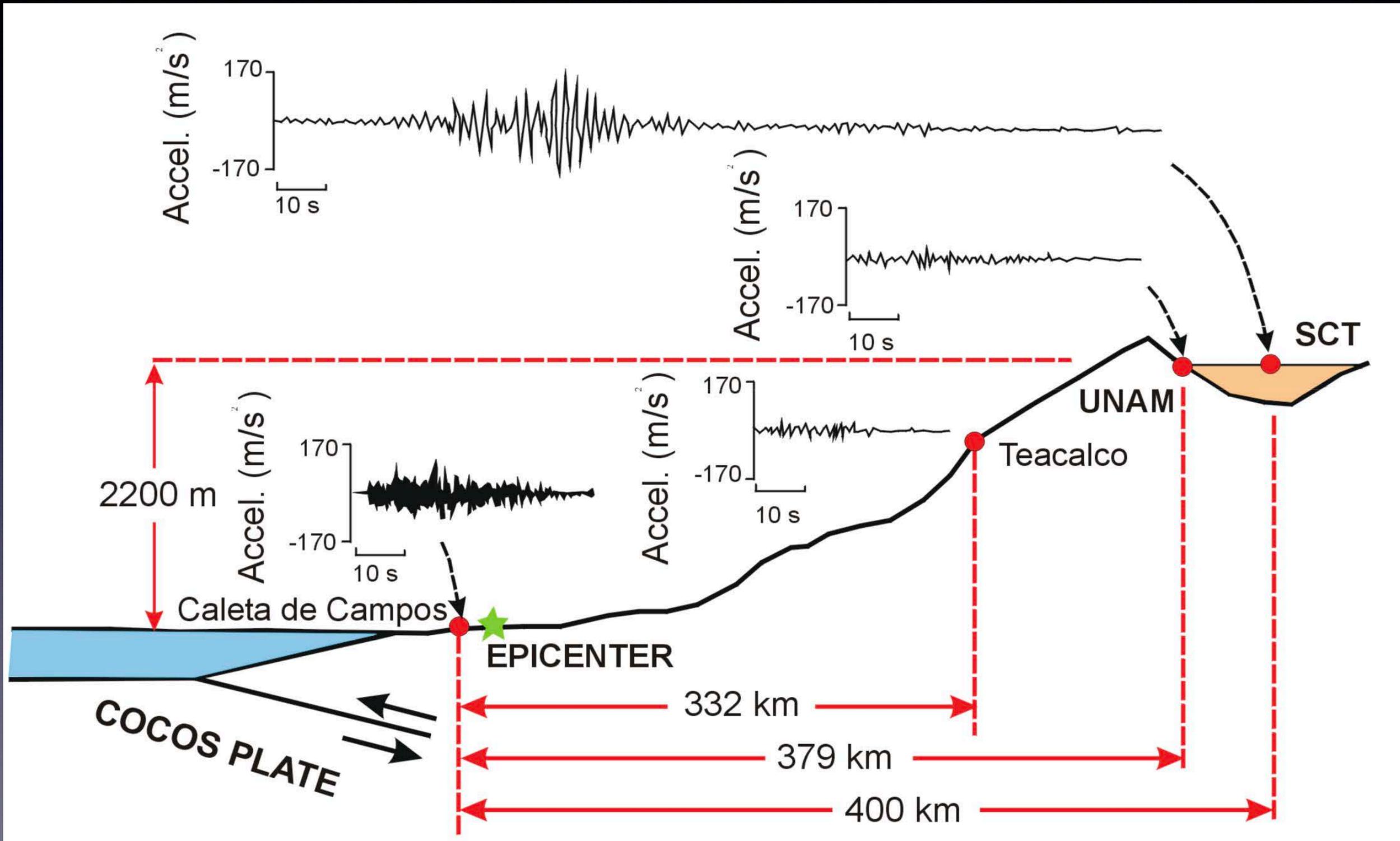
Caratterizzare il suolo per effetti sismici locali (e indotti)



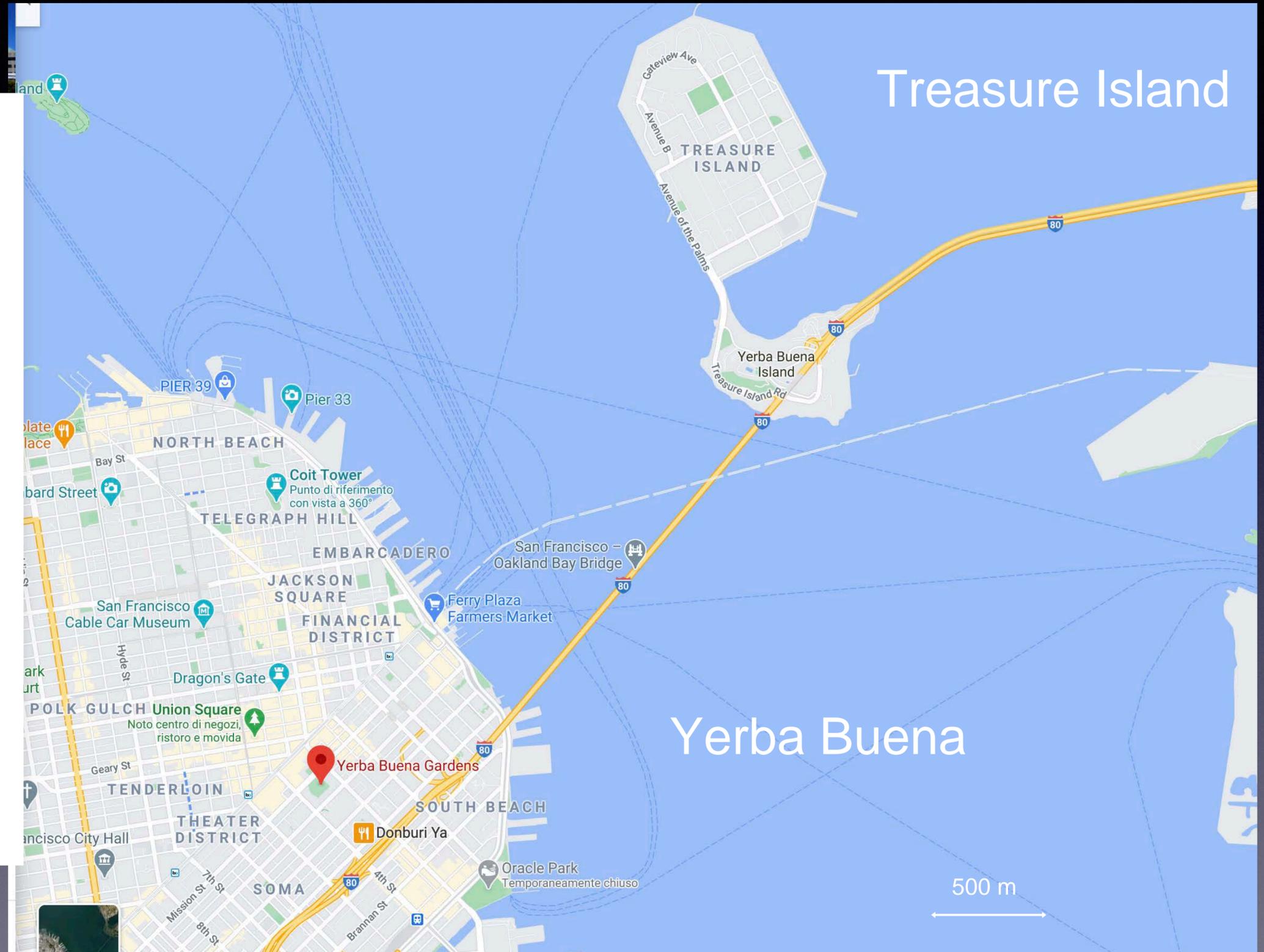
Condizioni locali modificano il moto del suolo

Jacopo Boaga - Caratterizzazione sismica dei suoli per scenari di scuotimento

Mexico City earthquake 19/9/1985 (M= 8.1)

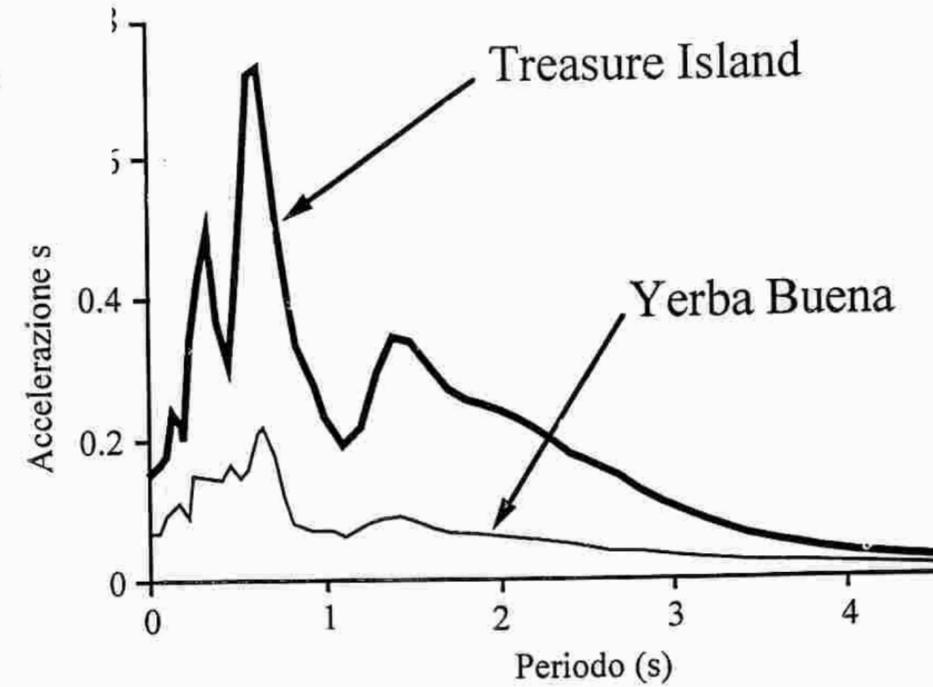
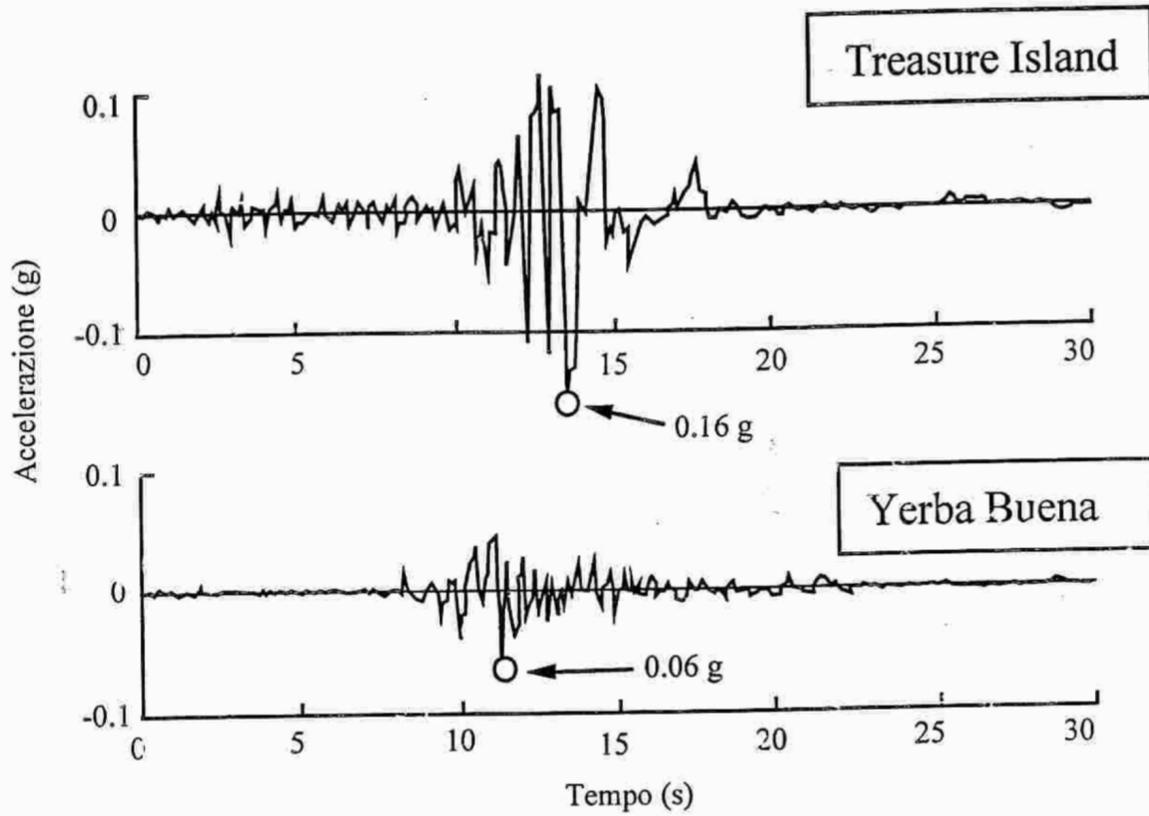


Loma Prieta earthquake 17/1/1989 (M=7.1)

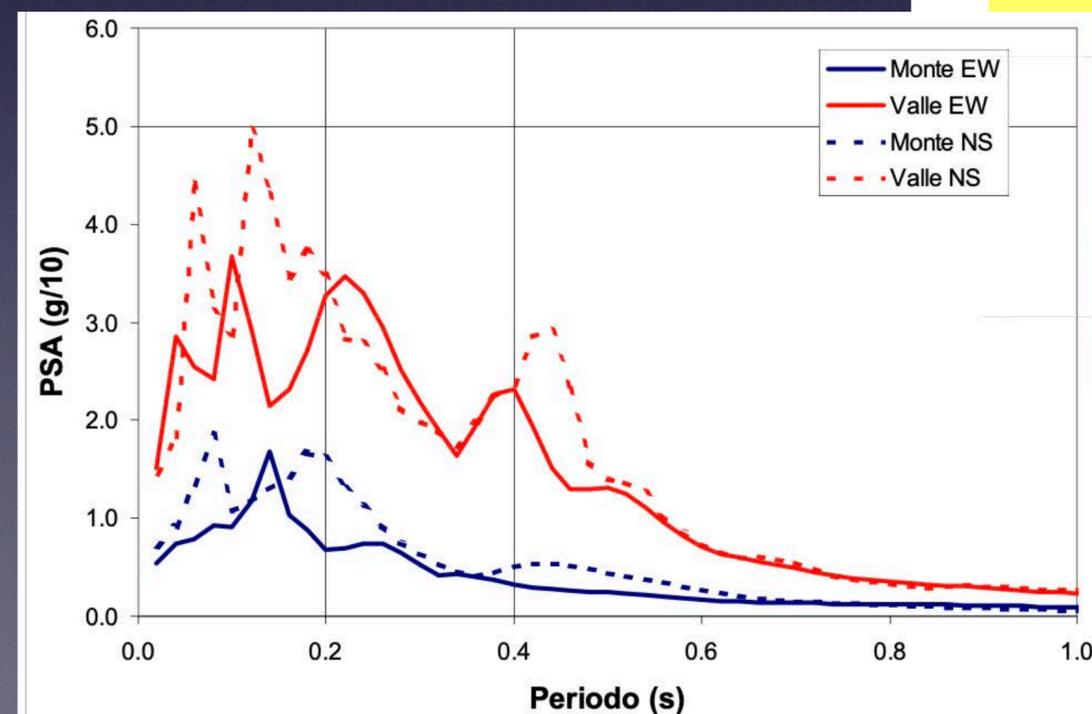
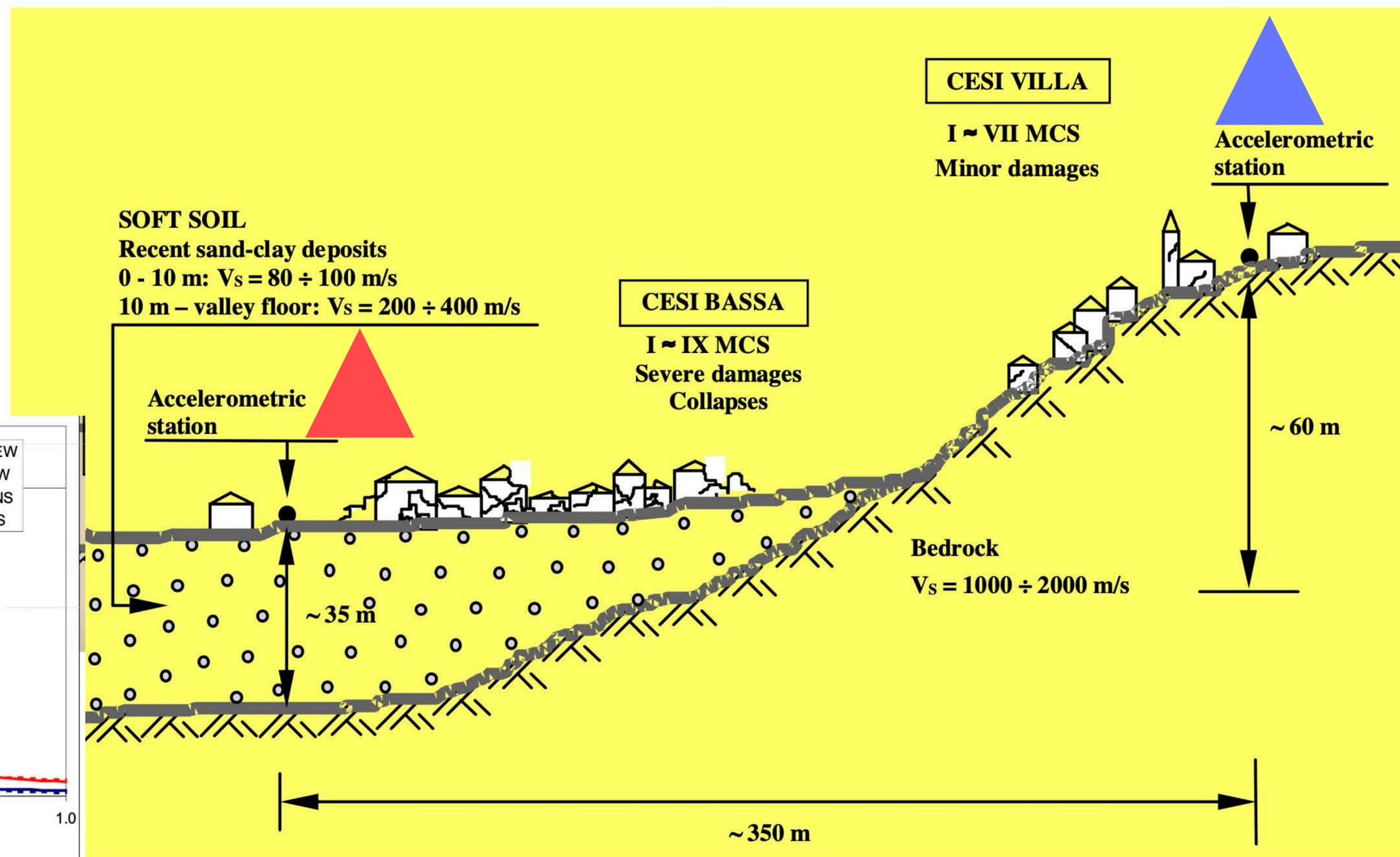


PGA 0.16 g

PGA 0.06 g



Sequenza sismica Umbria- Marche del 1997: il caso di Cesi



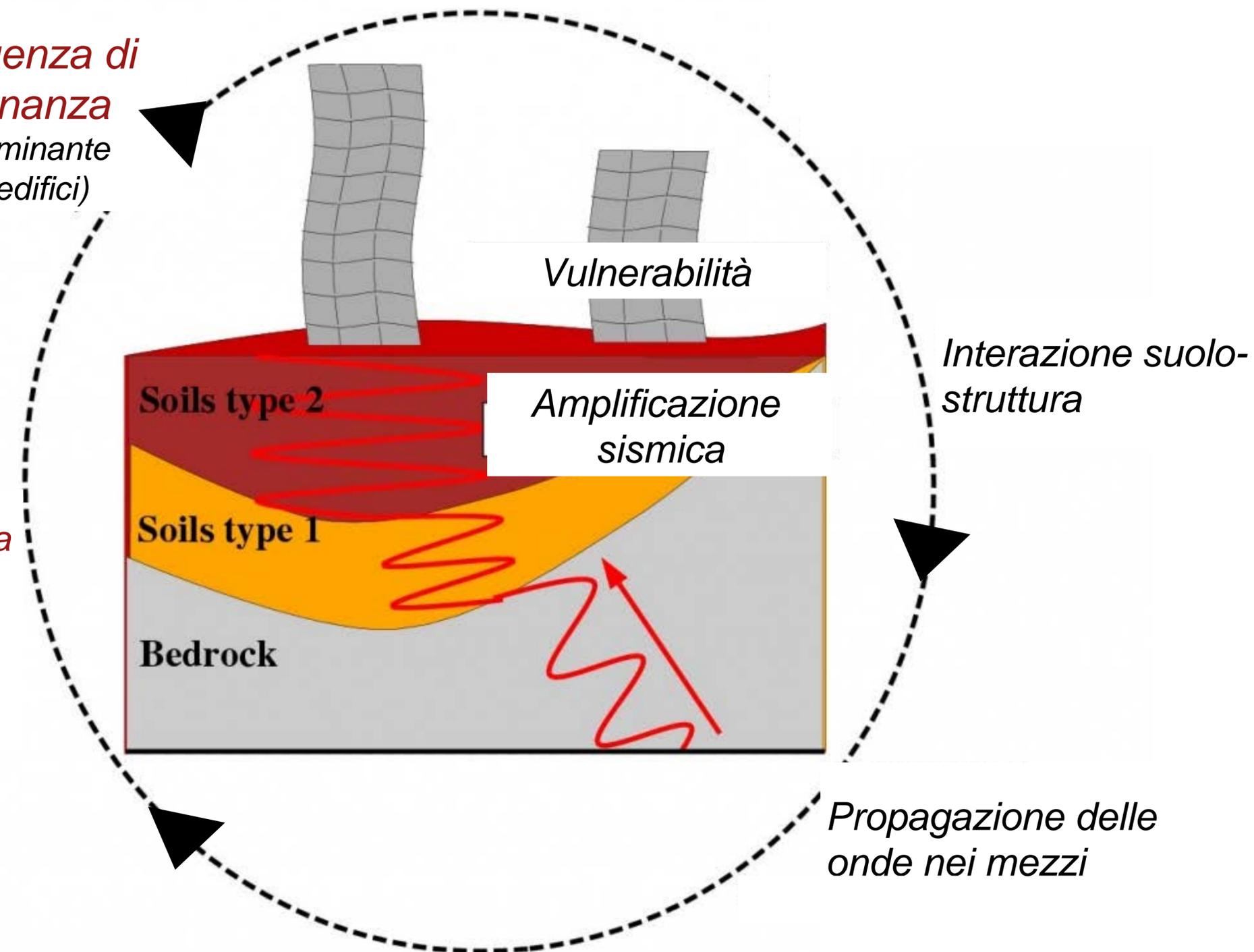
Risposta di sito

Comportamento
strutturale sotto
carichi ciclici

Frequenza di
risonanza
(determinante
per edifici)

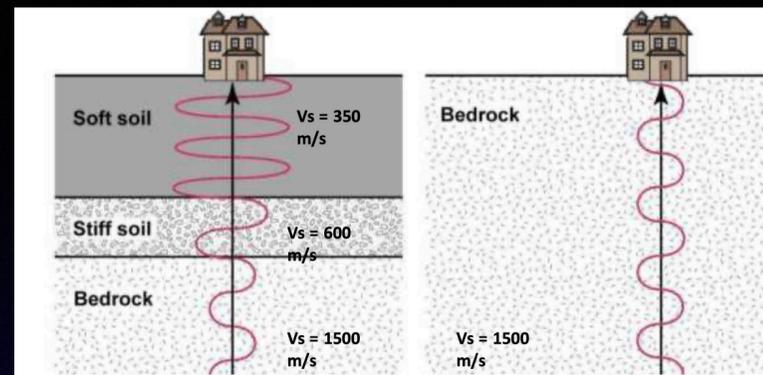
Suolo agisce
come un **FILTRO**
che può
modificare il moto
del sisma,

Comporta-
mento
dinamico
dei suoli



Caratterizzare il suolo

Cosa



Comportamento dinamico dei suoli



Rigidità al taglio
(Velocità sismica V_s , classe
di suolo V_{s30})

*Frequenza di risonanza propria
del suolo*



F_0

Stima di amplificazione



Fattore amplificativo
 F_a

Caratterizzare il suolo

Come

*Rigidità al taglio
(V_s , classe di suolo
 V_{s30})*



*Misure geofisiche
attive (passive), es. dispersione di
onde superficiali
(FTAN/MASW/REMI ecc.)*

*Frequenza di
Risonanza F_0*



*Misure geofisiche
passive a stazione singola
(HVSR)*

*Fattore amplificativo
 F_a*



*Scenari di scuotimento,
Abachi di Amplificazione
Regione Veneto*

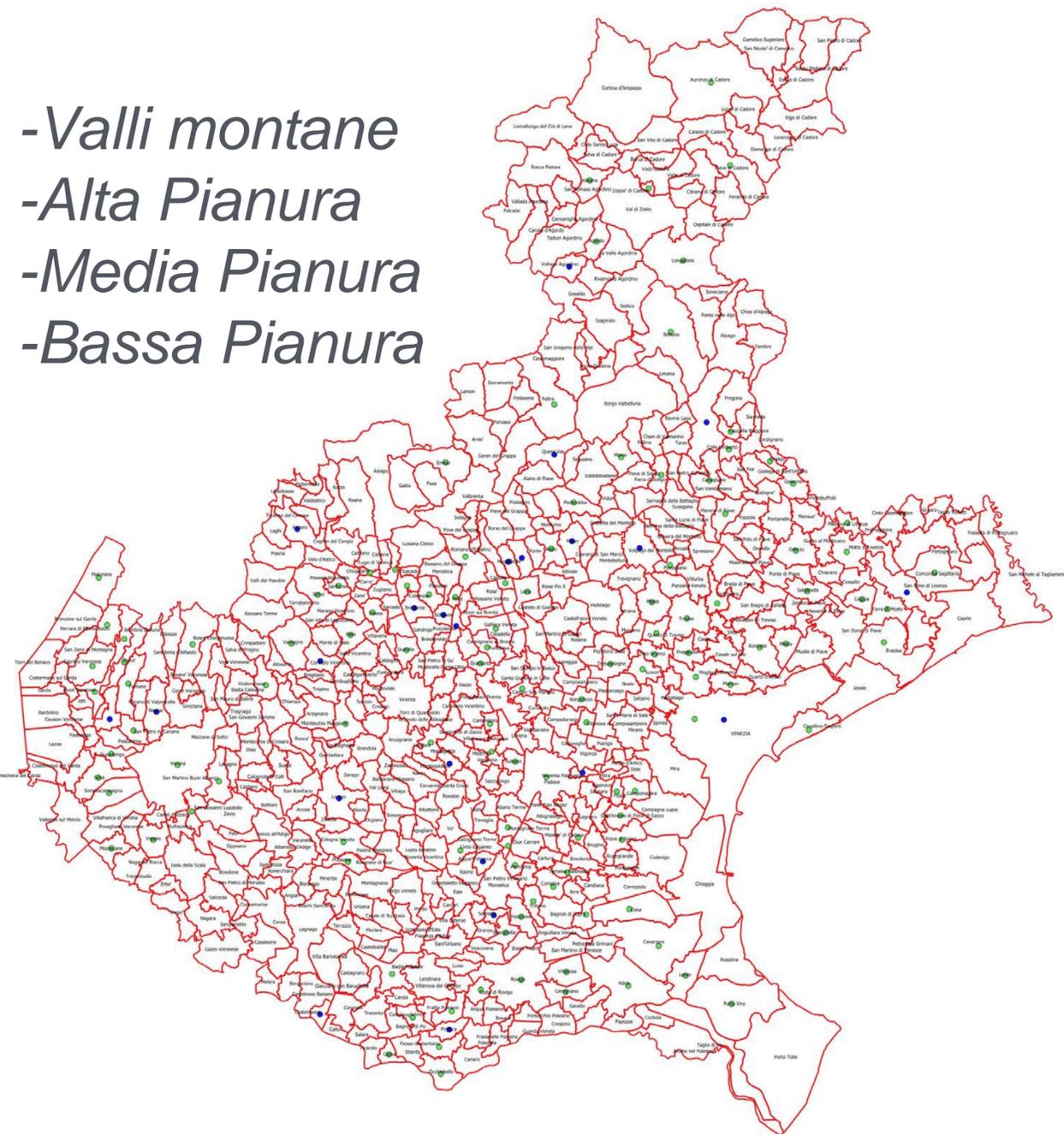
100 siti

(Sedi protezione civile che ospiteranno i sensori)

- *Vs, classe di suolo*

- *Frequenza di Risonanza F_0*

- *Fattore amplificativo F_a*





Jacopo Boaga - Caratterizzazione sismica dei suoli per scenari di scuotimento

Es. Pieve di Soligo (Tv)

CARATTERIZZAZIONE SITO ED EDIFICIO

Descrizione: superficie pianeggiante

Pendenza: 3°

Caratteristiche della superficie topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Vs30: 320 m/s

Tipologia stima Vs30: FTAN

Classe EC8: C

f0: 1.3 Hz

Fattore di Amplificazione 1.4-

Fonte o operatore: -

Data rilevazione: 26/05/2021

Note: -

Numero piani edificio: -

Note caratterizzazione edificio: -



Es. Pieve di Soligo (Tv)

CARATTERIZZAZIONE SITO ED EDIFICIO

Descrizione: superficie pianeggiante

Pendenza: 3°

Caratteristiche della superficie topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Vs30: 320 m/s

Tipologia stima Vs30: FTAN

Classe EC8: C

f0: 1.3 Hz

Fattore di amplificazione = 1.4

?

Fonte o operatore: -

Data rilevazione: 26/05/2021

Note: -

Numero piani edificio: -

Note caratterizzazione edificio: -



In corso test su Vr40.....

Fattori di Amplificazione

ABACHI DI AMPLIFICAZIONE

STEP 1

- 1.1 Identificare unità lito-stratigrafiche
- 1.2 Parametrizzazione geofisica unità
- 1.3 Selezione input sismico

STEP 2

- 2.1 Generazioni random di profili
- 2.2 Simulazioni di scuotimento
- 2.2 Stima dei fattori di amplificazione

STEP 3

- 3.1 Realizzazione abachi

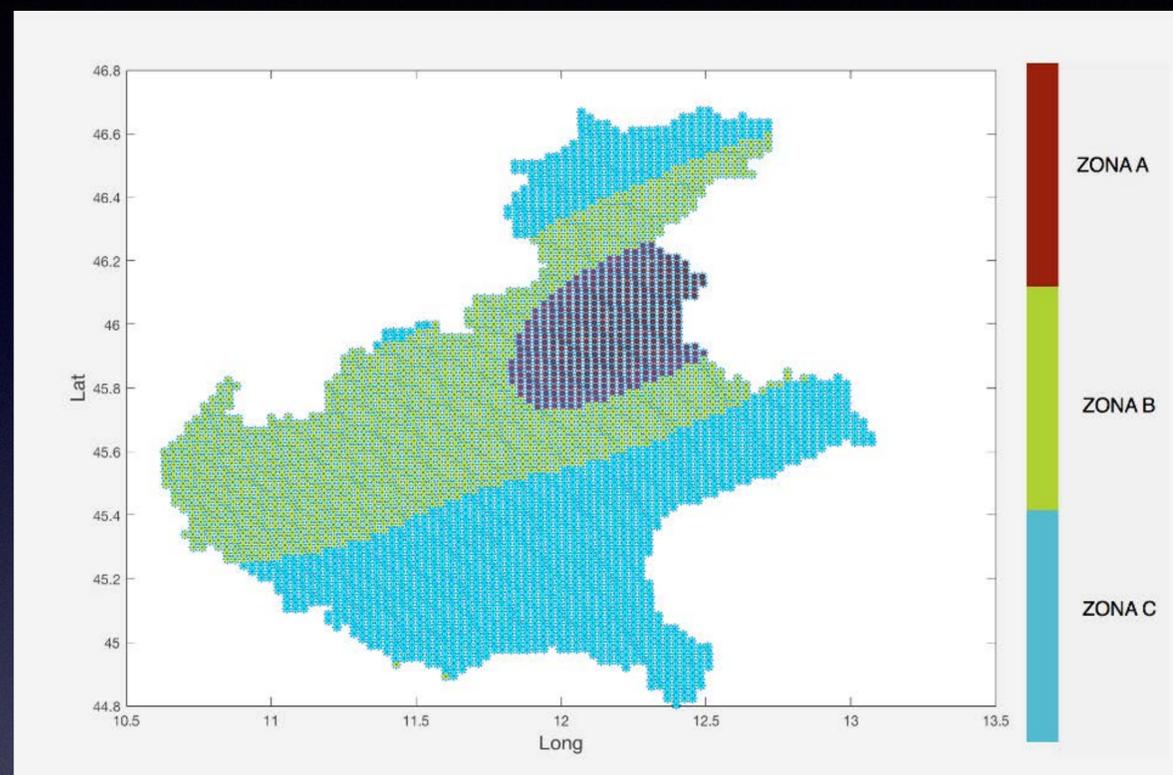


REGIONE DEL VENETO

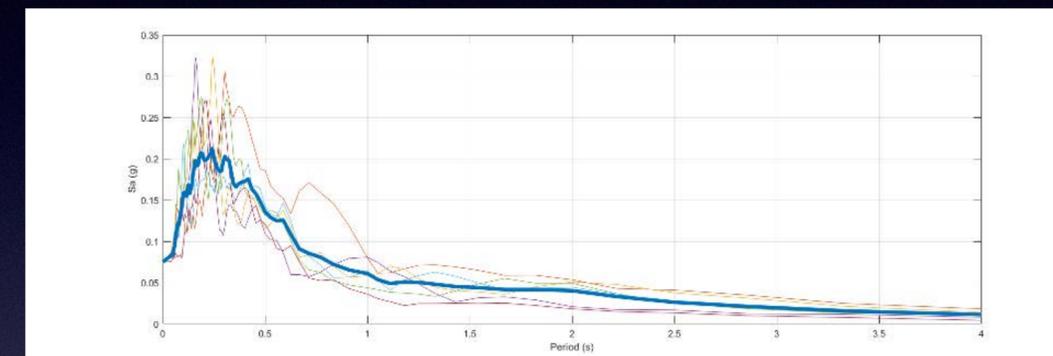


ABACHI DI AMPLIFICAZIONE REGIONE DEL VENETO

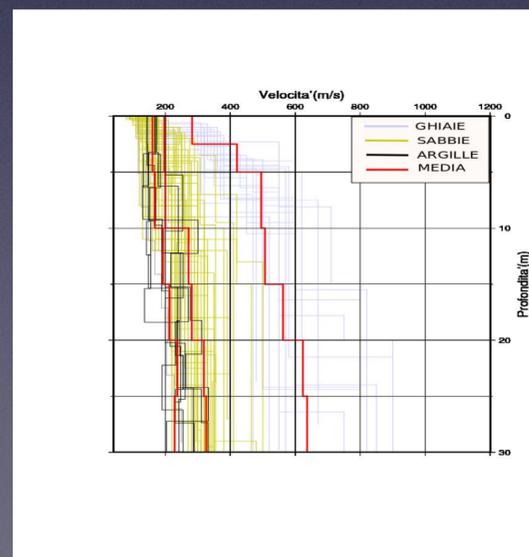
Pericolosità di base



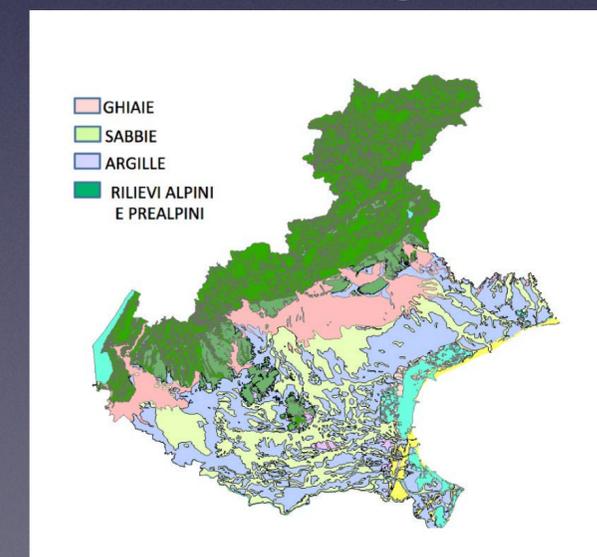
Input spettro compatibile
rappresentativo



Analisi tipologica suoli



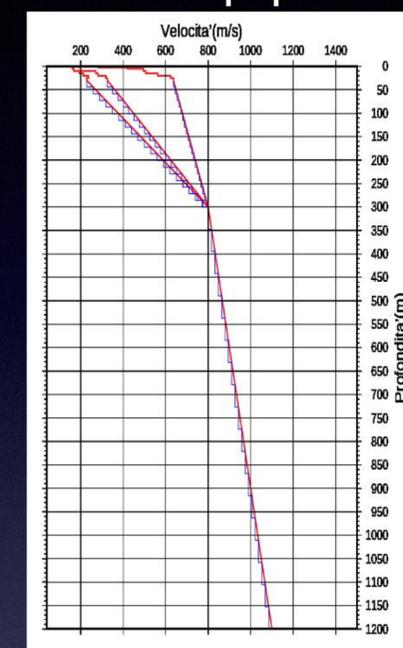
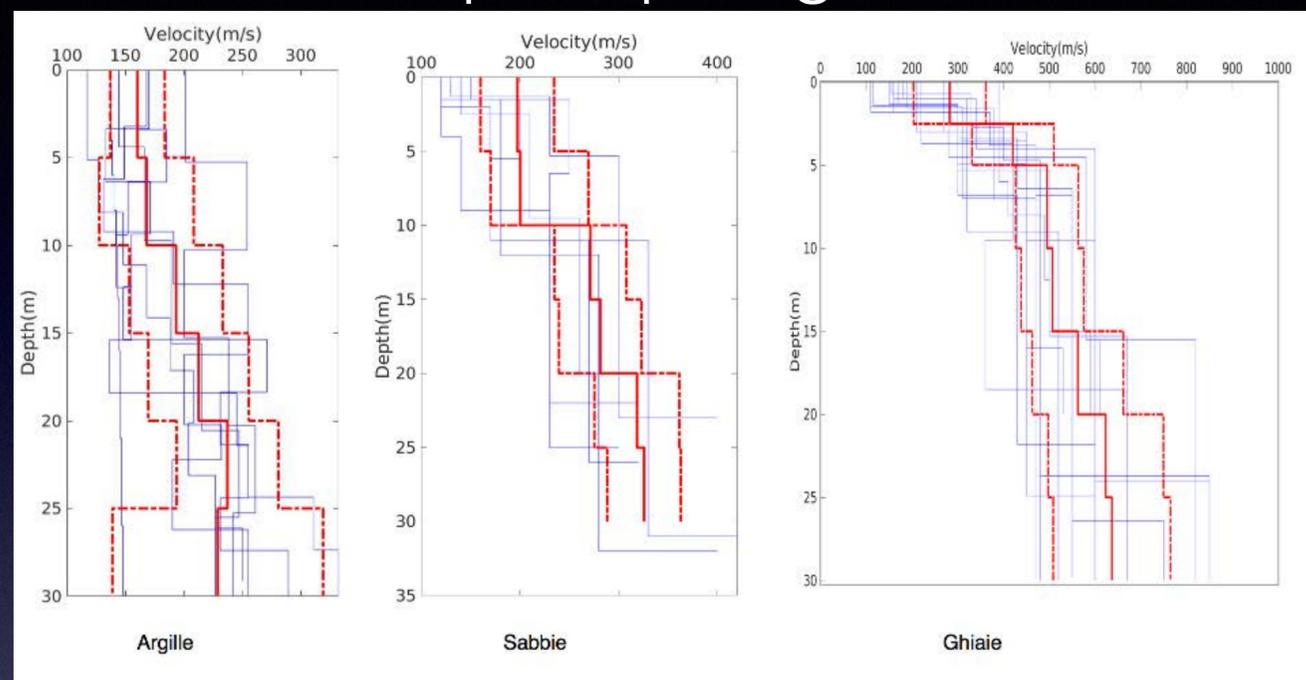
Profili Vs tipo



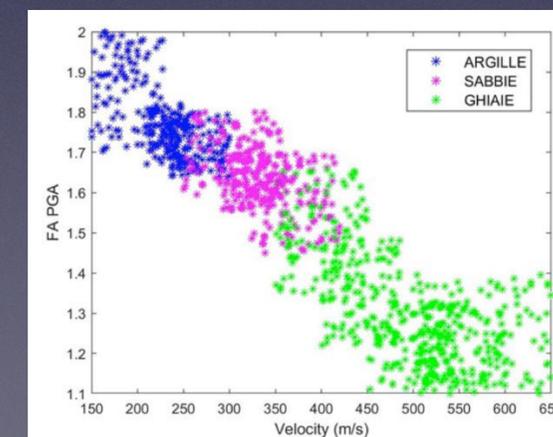
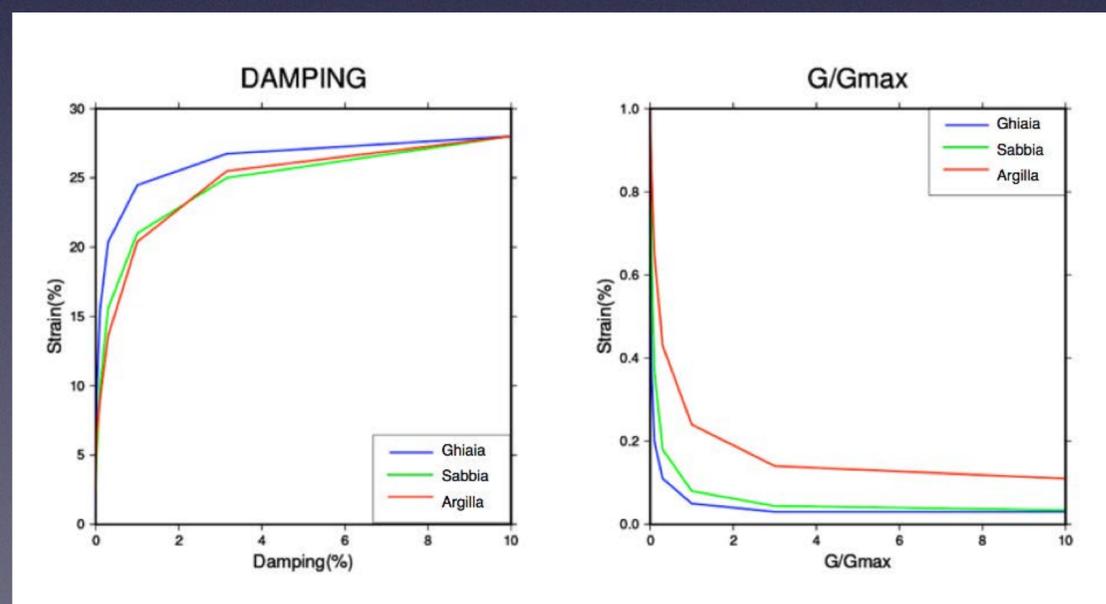
ABACHI DI AMPLIFICAZIONE REGIONE DEL VENETO

Strutture per tipologie di suolo

Profili profondi rappresentativi



N Simulazioni di scuotimento



ABACHI DI AMPLIFICAZIONE REGIONE DEL VENETO

Materiali prevalentemente argillosi

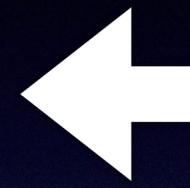
F.A. PGA			
Vs30(m/s)	200	250	300
F.A. PGA	1.8	1.7	1.6
F.A. S1	2.4	2.5	2.2
F.A. S2	2.4	2.4	2.3
F.A. S3	2.5	2.6	2.4

Materiali prevalentemente sabbiosi

F.A. PGA			
Vs30(m/s)	250	300	350
F.A. PGA	1.5	1.4	1.2
F.A. S1	1.6	1.5	1.5
F.A. S2	2.4	2.1	2.1
F.A. S3	2.5	2.3	2.2

Materiali prevalentemente ghiaiosi

F.A. PGA					
Vs30(m/s)	400	450	500	550	600
F.A. PGA	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1
F.A. S1	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2
F.A. S2	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3
F.A. S3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2



Es. Terreno di pianura
prevalentemente argilloso

Es. Fa PGA,
Housner Intensity
Per vari periodi

$$S_I(\xi) = \int_{0.1}^{2.5} S_v(\xi, T) dT$$

S_v → Spectral Velocity

ξ → Damping Ratio (5%)

T → Period

T_1 : 0.1 - 0.5 s ←

T_2 : 0.4 - 0.8 s

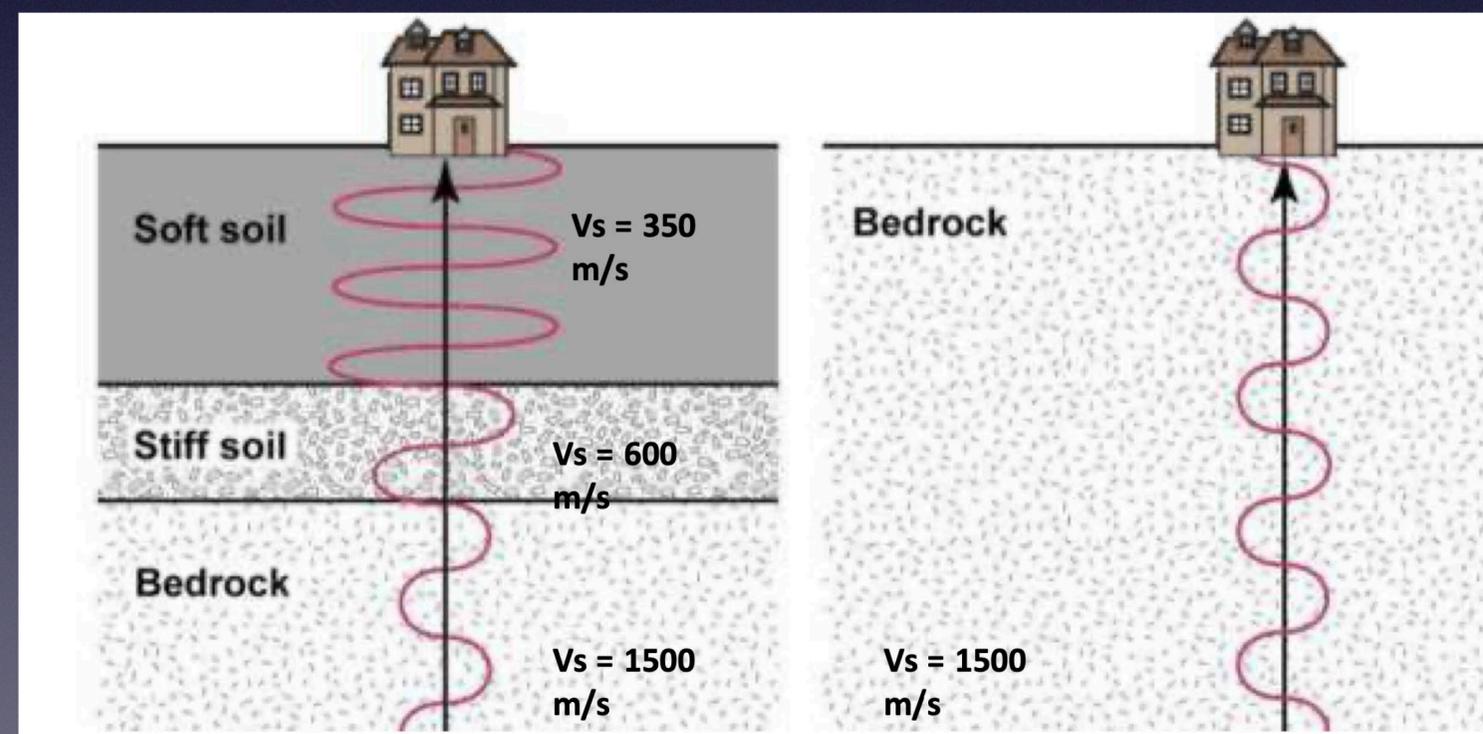
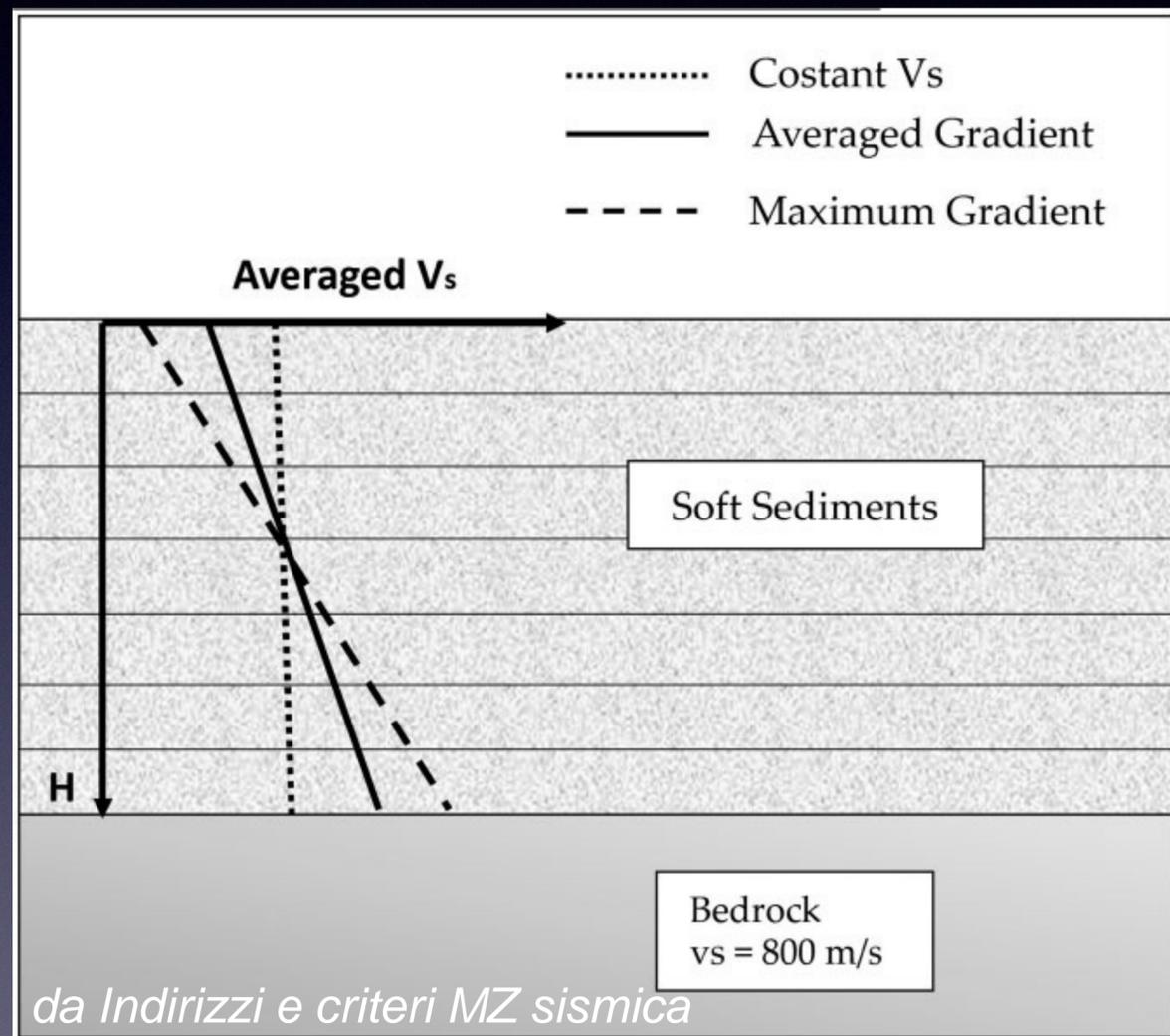
T_3 : 0.7 - 1.1 s



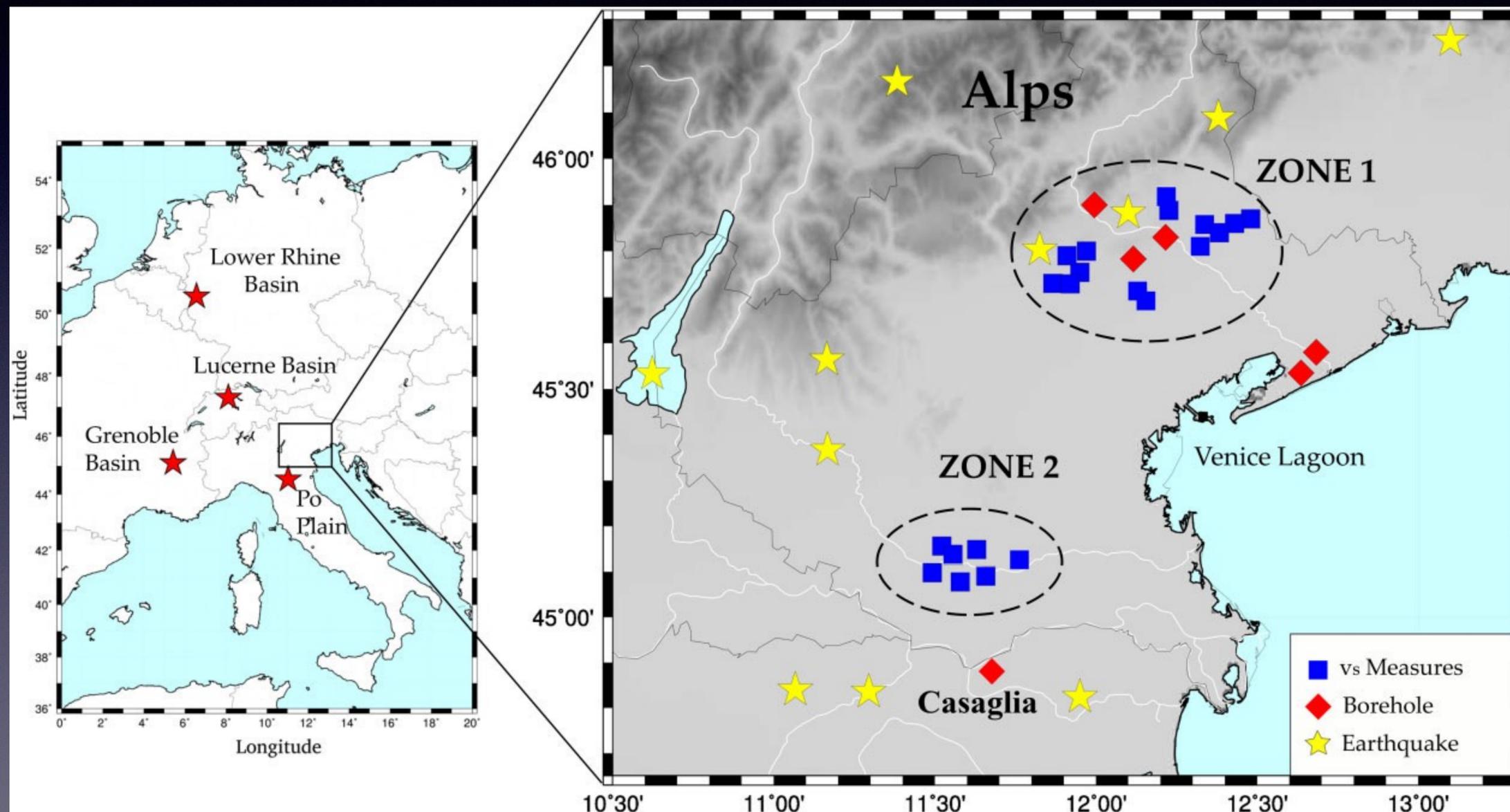
REGIONE DEL VENETO

Scenari di scuotimento in pianura e gradienti di velocità

Scenari di scuotimento necessitano di modellazione sino a suolo rigido !
(Bedrock sismico $V_s > 800$ m/s)



Scenari di scuotimento in pianura e gradienti di velocità



Possibile usare
Gradienti di velocità,
Ma quali ?

$$V_s(z) = V_0(1 + z)^x,$$

Budny et al

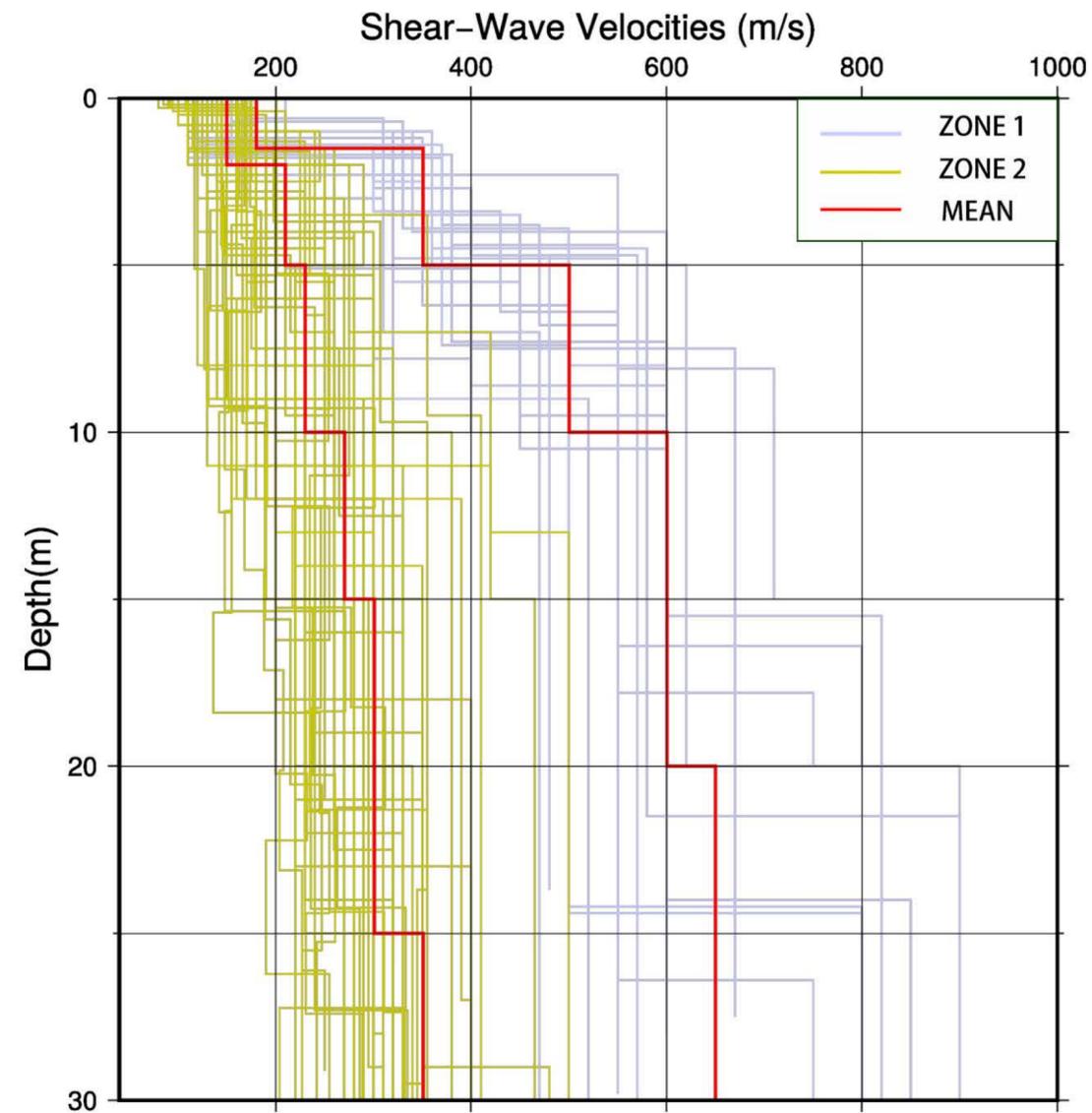
$$V_s(z) = V_0 \sigma_{v0}^p,$$

Santamarina et al

$$V_s(z) = (V_{s \max} - V_{s \min}) \left[1 - a^{\frac{z_0 - z}{b}} \right] + V_{s \min}.$$

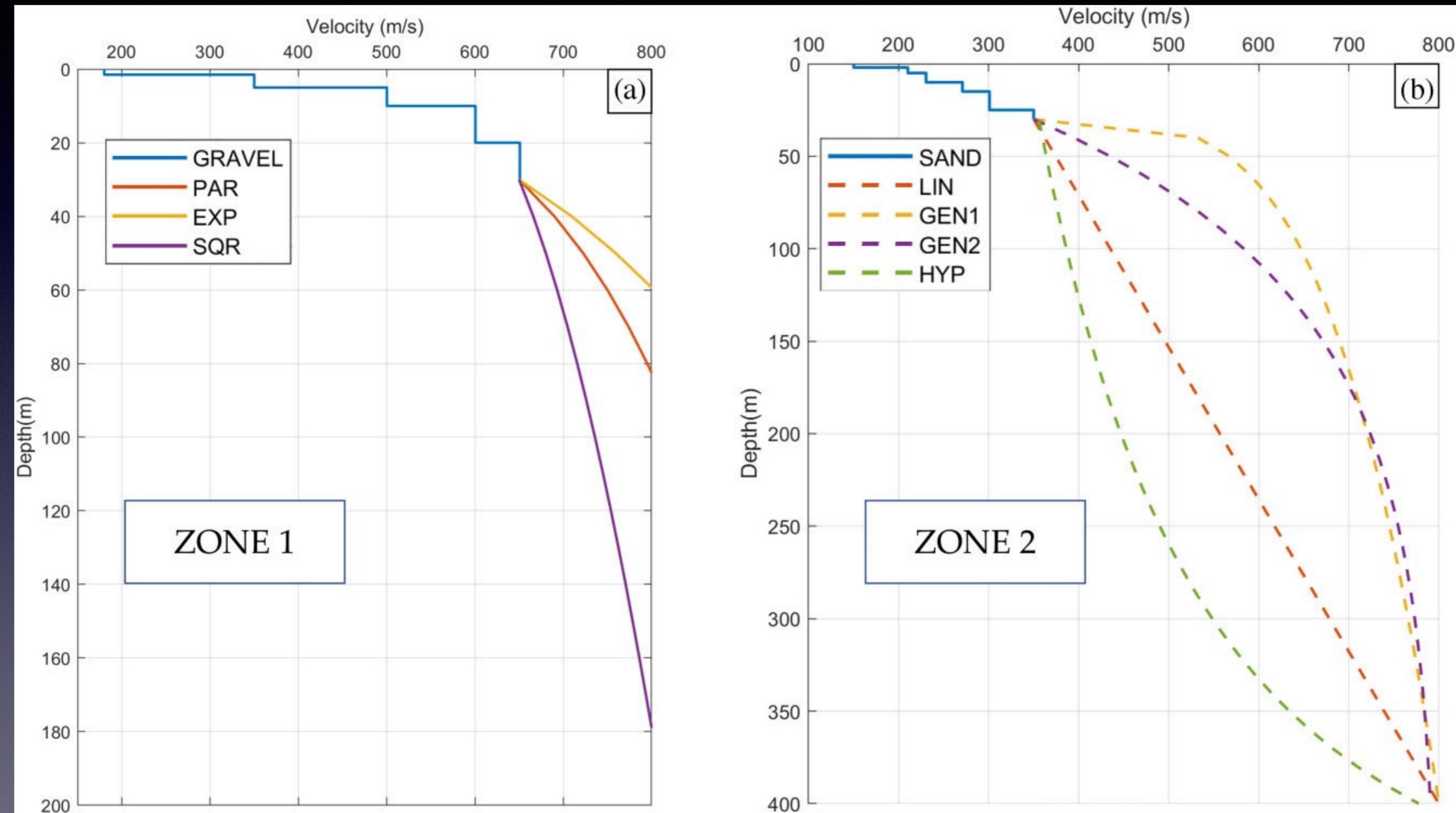
Poggi et al

Scenari di scuotimento in pianura e gradienti di velocità



Profili di velocità
delle macro-regioni
Medio, alta, bassa pianura

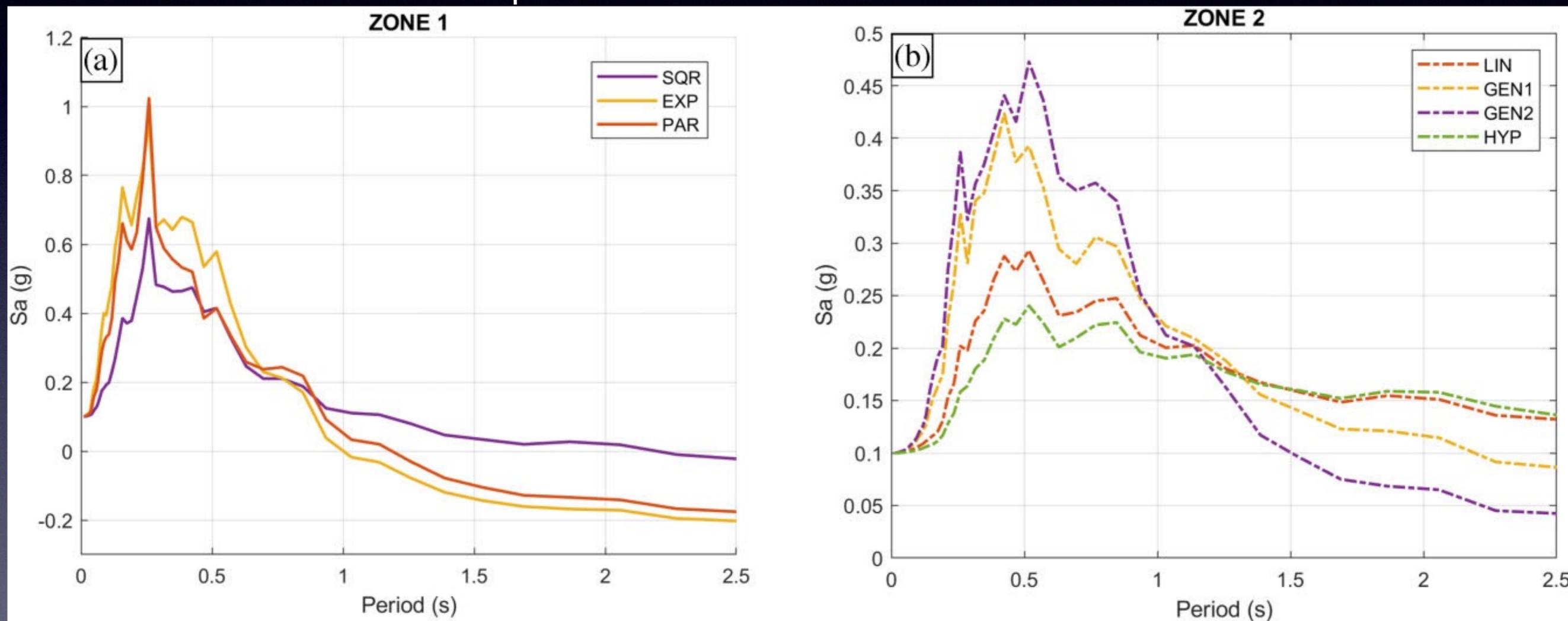
Scenari di scuotimento in pianura e gradienti di velocità



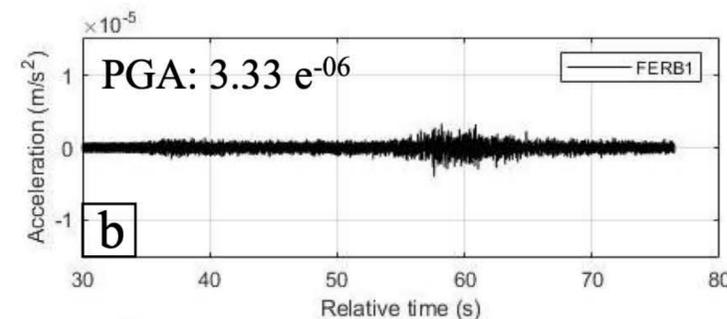
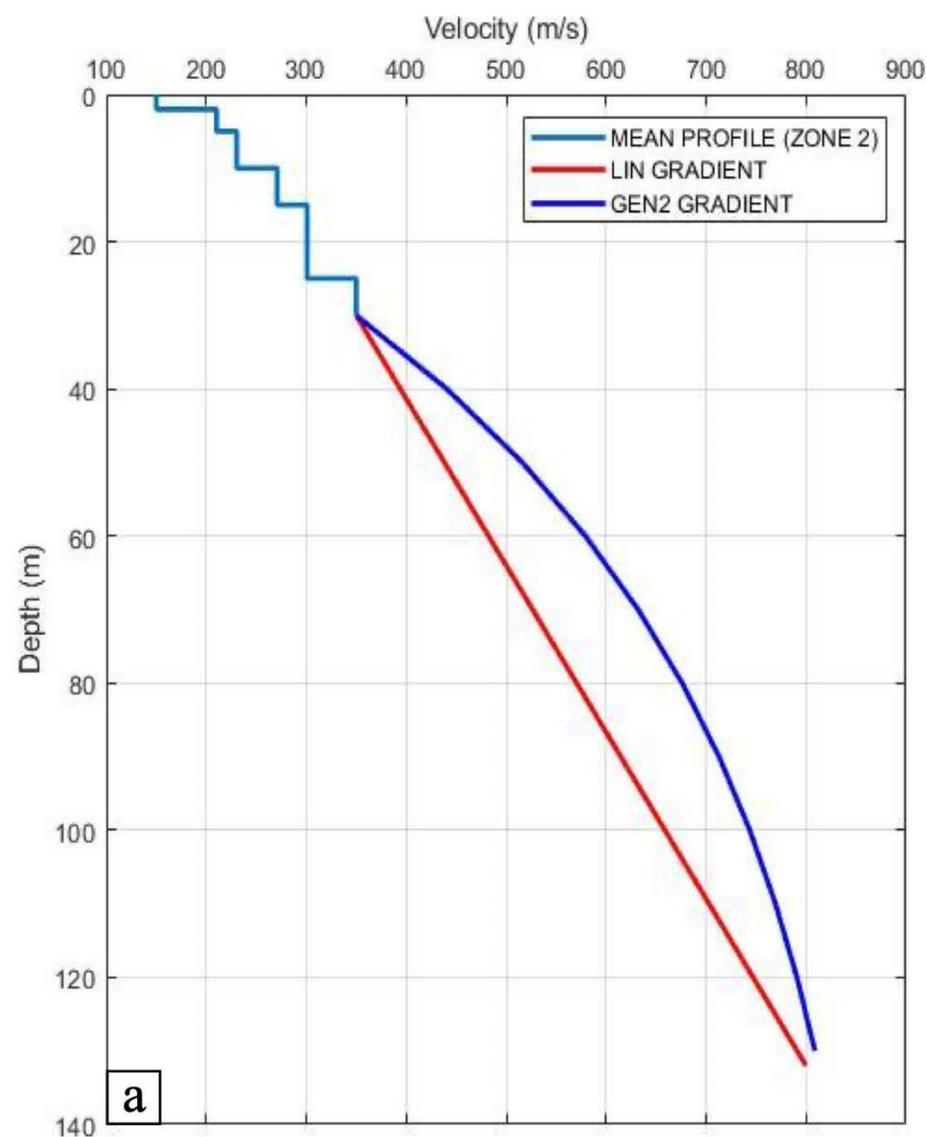
Test di simulazione
con
diversi gradienti
di letteratura

Scenari di scuotimento in pianura e gradienti di velocità

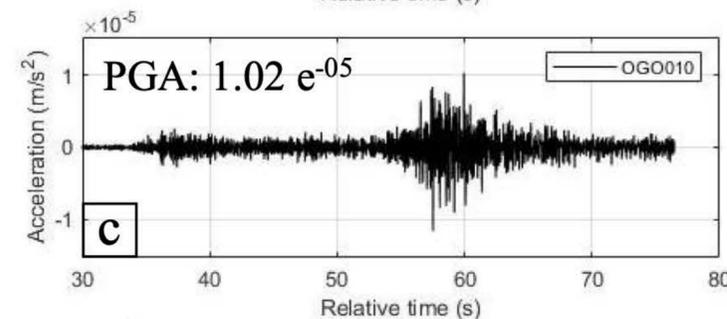
Risposte sismiche molto diverse



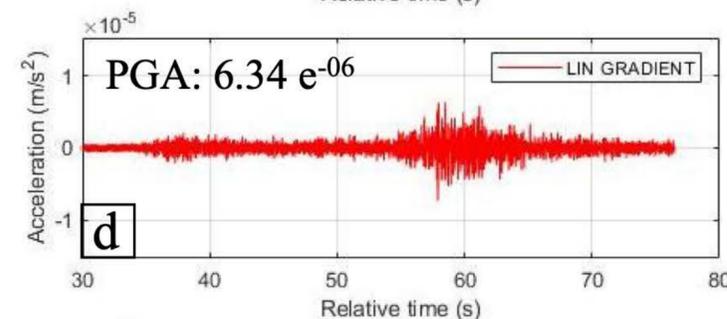
Scenari di scuotimento in pianura e gradienti di velocità



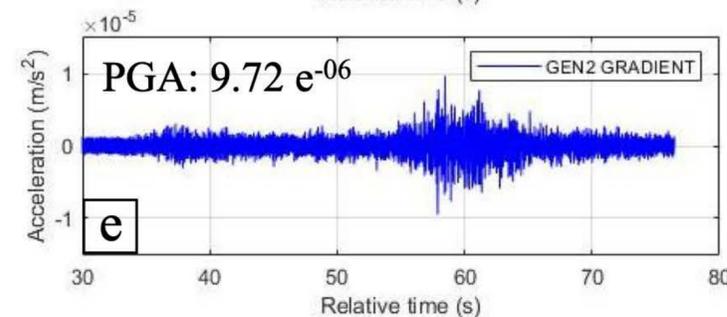
Sisma base pozzo



Sisma testa pozzo



Sisma simulato Lin

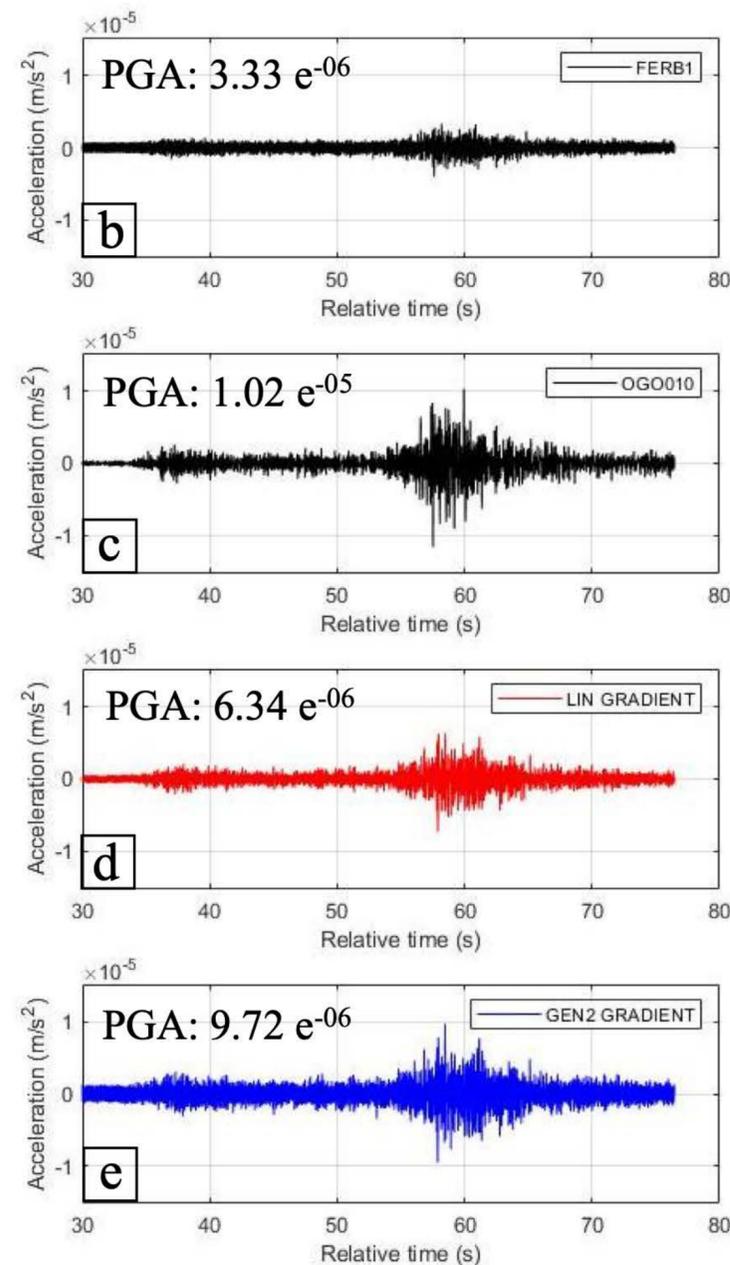
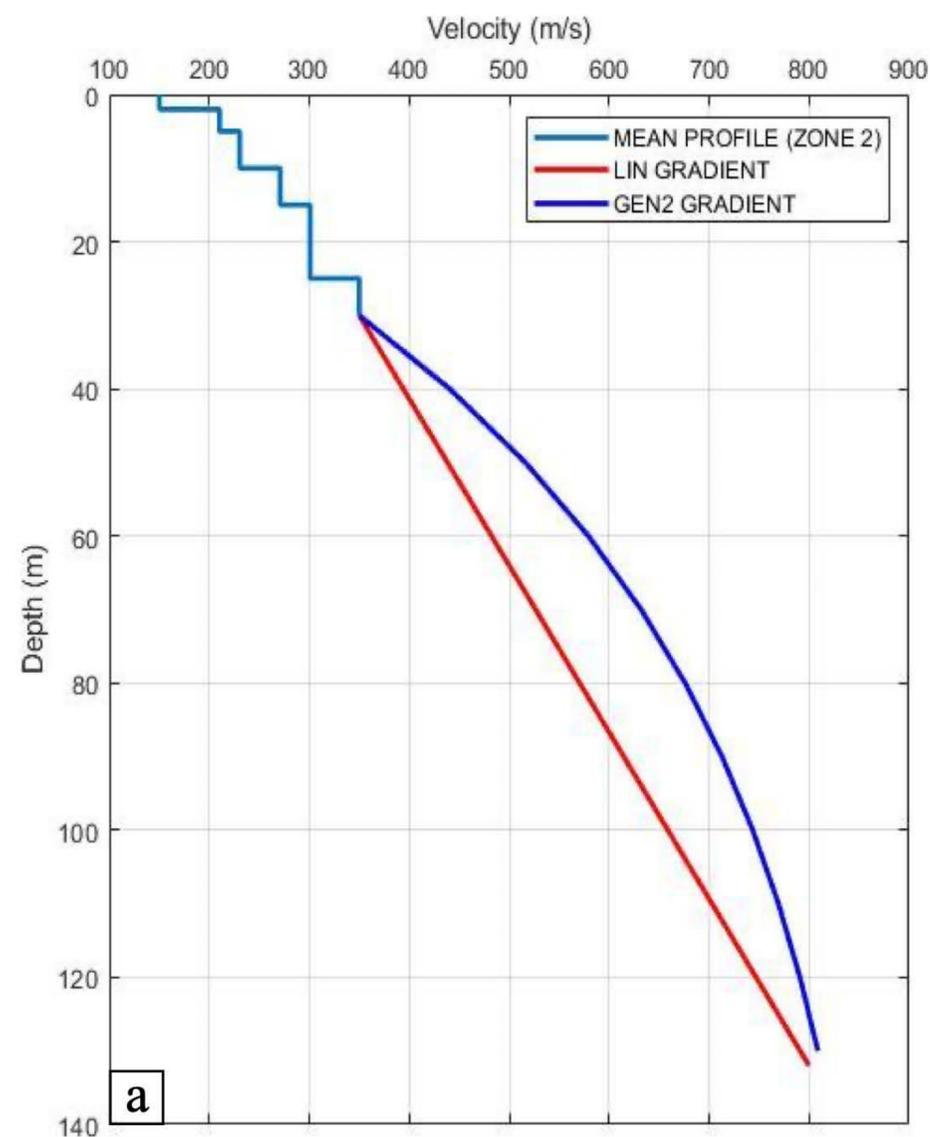


Sisma simulato Grad

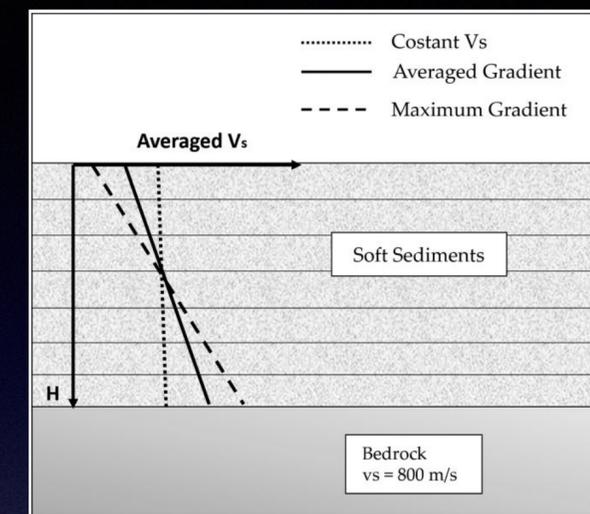
Verifica per caso
bassa pianura
padana

(borehole data D. Pesaresi, OGS)

Scenari di scuotimento in pianura e gradienti di velocità



Gradiente
Lineare (norma)
sottostima
amplificazione!



Best fit bassa pianura
con **gradiente** di
Poggi et al 2012 !

$$V_s(z) = (V_{s \max} - V_{s \min}) \left[1 - a \frac{z_0 - z}{b} \right] + V_{s \min}$$

Scenari di scuotimento in pianura e gradienti di velocità



Journal of Geophysics and Engineering

Journal of Geophysics and Engineering (2022) 19, 1–13

<https://doi.org/10.1093/jge/gxab067>

Velocity gradients choice affecting seismic site response in deep alluvial basins: Application to the Venetian Plain (Northern Italy)

Valeria Cascone , Ilaria Barone and Jacopo Boaga

Geoscience Department, University of Padova, Via G. Gradenigo 6, Padova, 35131, Padova, Italy

Gradiente Lineare
sottostima
amplificazione!

Best fit padano con
gradiente di
Poggi et al 2012!

$$V_s(z) = (V_{s \max} - V_{s \min}) \left[1 - a^{\frac{z_0 - z}{b}} \right] + V_{s \min}$$



POR FESR 2014-2020. Asse 5. Rischio sismico e idraulico. Azione 5.3.1
"Integrazione e sviluppo di sistemi di prevenzione multirischio,
anche attraverso reti digitali interoperabili di coordinamento operativo precoce"



Grazie per l'attenzione....

Onoring



REGIONE DEL VENETO





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

