



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE  
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN GEOSCIENZE  
CURRICULUM GEOFISICA



# VERIFICA APPLICABILITÀ ABACHI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (MS) DI SECONDO LIVELLO PER I COMUNI DELLA PIANURA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

RELATORI: PROF. VERONICA PAZZI  
PROF. GIOVANNI COSTA

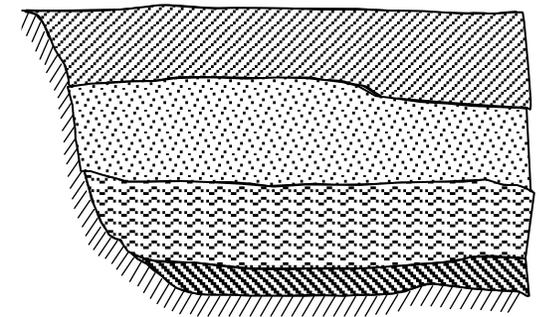
CORRELATORE: DOTT. GABRIELE PERESSI

LAUREANDE:  
PERLA TAVERNA  
CHANTAL BELTRAME

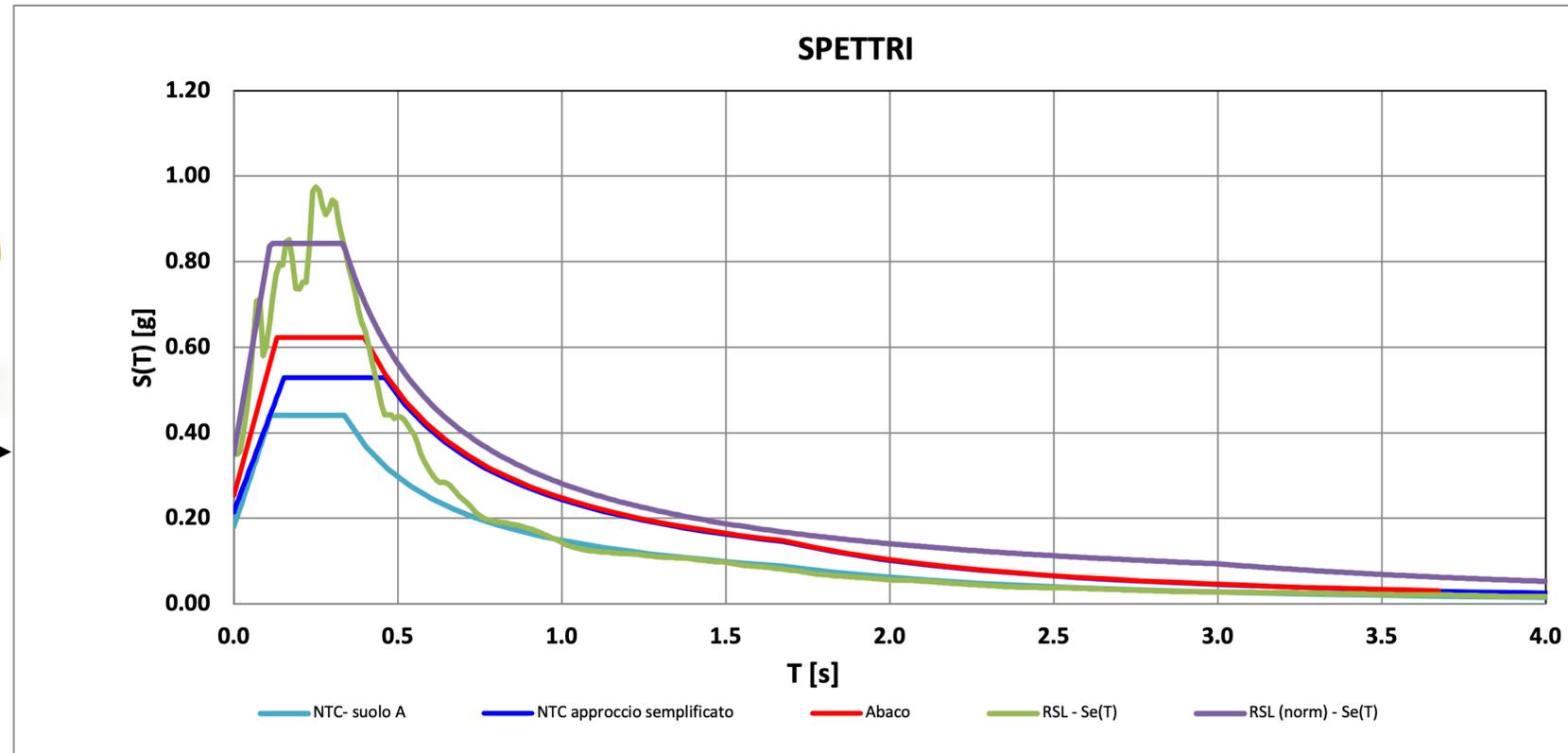
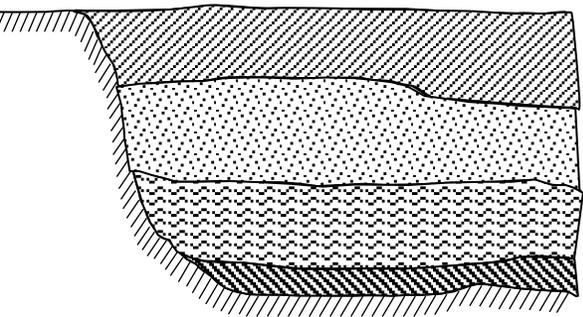
*Anno accademico 2021/2022*

# I fattori di amplificazione sismica ricavati dagli abachi sono rappresentativi dei reali fattori di amplificazione del sito?

Fattore di amplificazione FA	Tipo di terreno Argilla	$a_g$ (g)									
		0.06									
		Profilo di velocità Costante									
		$V_w$ (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5		2.37	1.84	1.56	1.47	1.34	1.22	1.12	1.07	1.02	1.00
10		2.39	2.25	1.99	1.75	1.54	1.38	1.27	1.17	1.08	1.03
15		1.76	2.05	1.99	1.85	1.69	1.53	1.40	1.29	1.13	1.05
20		1.53	1.61	1.80	1.76	1.68	1.57	1.46	1.36	1.19	1.07
25		1.49	1.47	1.49	1.41	1.58	1.52	1.45	1.36	1.21	1.08
30		1.45	1.44	1.40	1.39	1.47	1.44	1.39	1.33	1.21	1.08
35		1.39	1.42	1.40	1.34	1.33	1.36	1.33	1.29	1.18	1.08
40		1.30	1.39	1.36	1.33	1.27	1.25	1.27	1.24	1.16	1.07
50		1.24	1.32	1.32	1.30	1.27	1.22	1.17	1.14	1.10	1.04
60		1.16	1.24	1.26	1.27	1.24	1.22	1.18	1.13	1.06	1.01
70		1.14	1.23	1.23	1.23	1.21	1.19	1.17	1.13	1.06	0.99
80		1.00	1.15	1.19	1.18	1.19	1.16	1.14	1.13	1.06	1.00
90		1.02	1.15	1.17	1.18	1.15	1.14	1.12	1.10	1.06	1.00
100		0.95	1.12	1.12	1.17	1.15	1.11	1.09	1.08	1.05	1.00
110		0.89	1.03	1.11	1.13	1.13	1.14	1.09	1.05	1.03	0.99
120		0.85	1.02	1.11	1.09	1.12	1.12	1.09	1.05	1.01	0.98
130		0.80	0.98	1.06	1.09	1.08	1.09	1.09	1.05	1.00	0.96
140		0.78	0.93	0.99	1.08	1.06	1.08	1.06	1.06	1.00	0.95
150		0.73	0.91	1.00	1.06	1.07	1.04	1.05	1.03	1.00	0.95



# Approccio semplificato da Normativa o da Abaco è rappresentativo dell'effettivo scuotimento del terreno?



# Indice

---

- Microzonazione Sismica ed Effetti di sito
- Sismicità nel Friuli Venezia Giulia
- Raccolta dati
- Procedimento
- Spettri di risposta in accelerazione
  1. Calcolo spettri con approccio semplificato da normativa italiana (NTC 2018)
  2. Calcolo spettri con approccio semplificato da abaco
  3. Calcolo spettri tramite modellazione
- Risultati e conclusioni

# Microzonazione Sismica

- La microzonazione sismica (MS) è la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo
- Pericolosità sismica

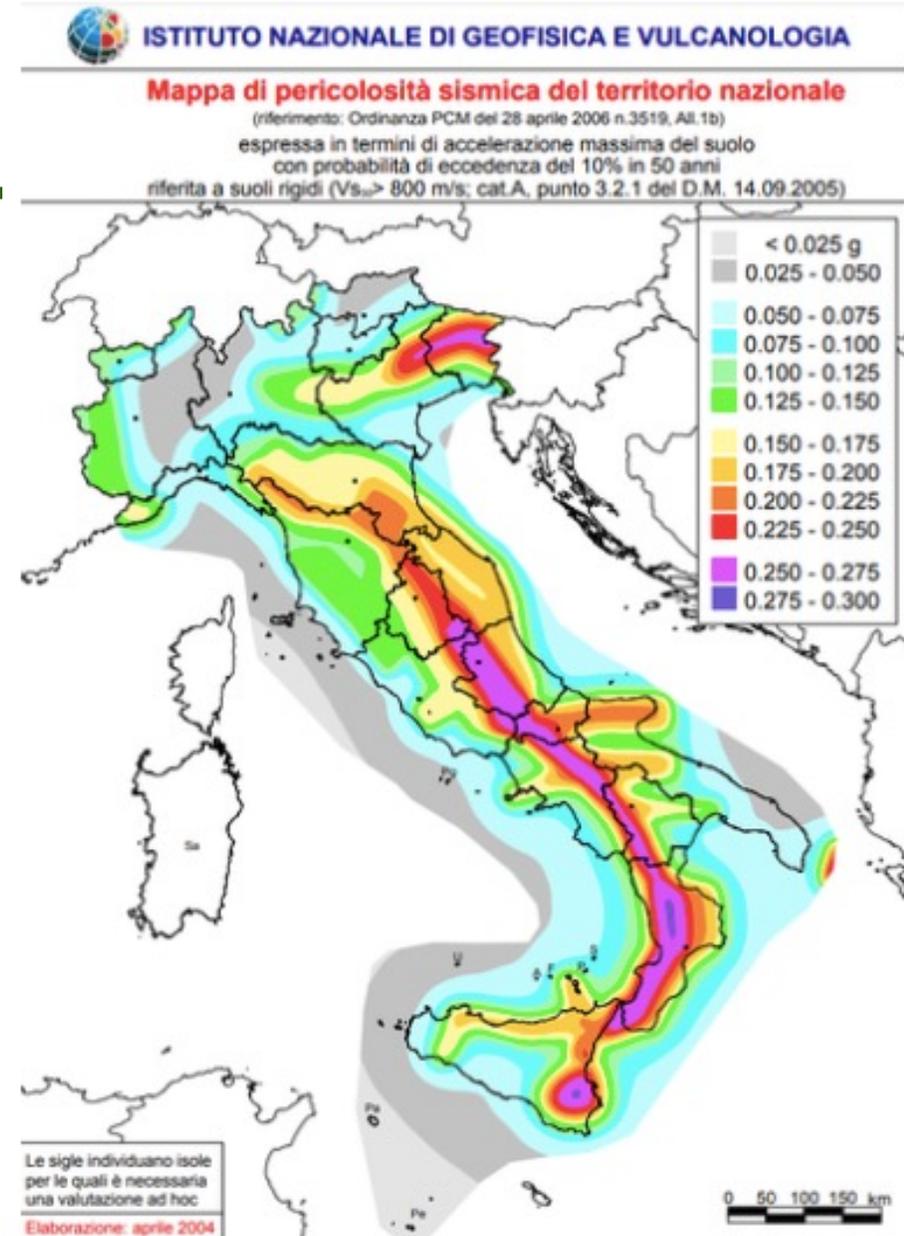


Figura 1: mappa pericolosità sismica di base (INGV)

# Microzonazione Sismica

- La microzonazione sismica (MS) è la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo
- Pericolosità sismica ed **effetti di sito**

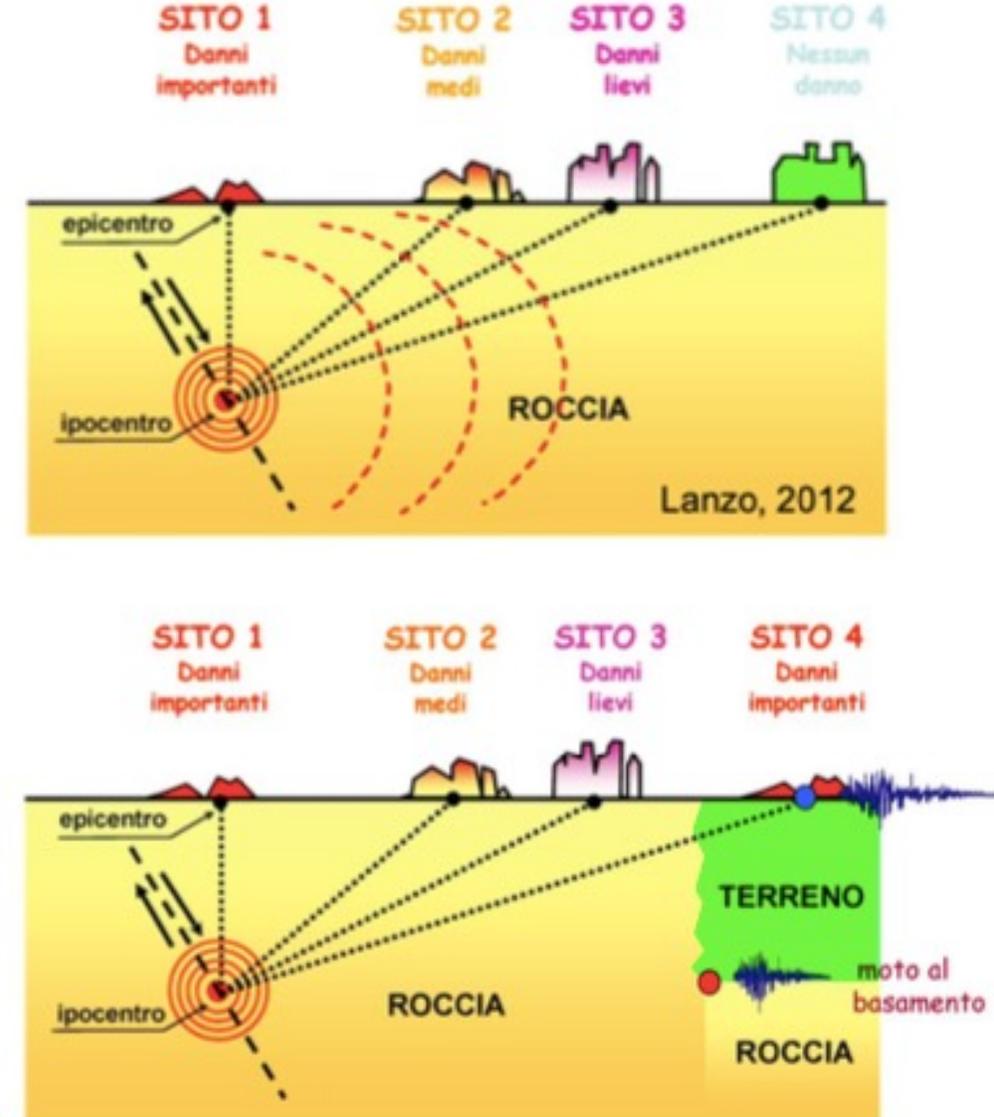


Figura 2: rappresentazione effetti di sito (Lanzo 2012)

# Effetti di sito

Condizioni locali geologiche, geomorfologiche e geotecniche che vanno ad influenzare le caratteristiche del moto del terremoto portando una variazione in ampiezza, durata e frequenza rispetto a quella che si avrebbe sulla roccia sottostante.

## Fenomeni:

- interferenza costruttiva;
- intrappolamento delle onde;
- focalizzazione;
- diffrazione;
- risonanza.

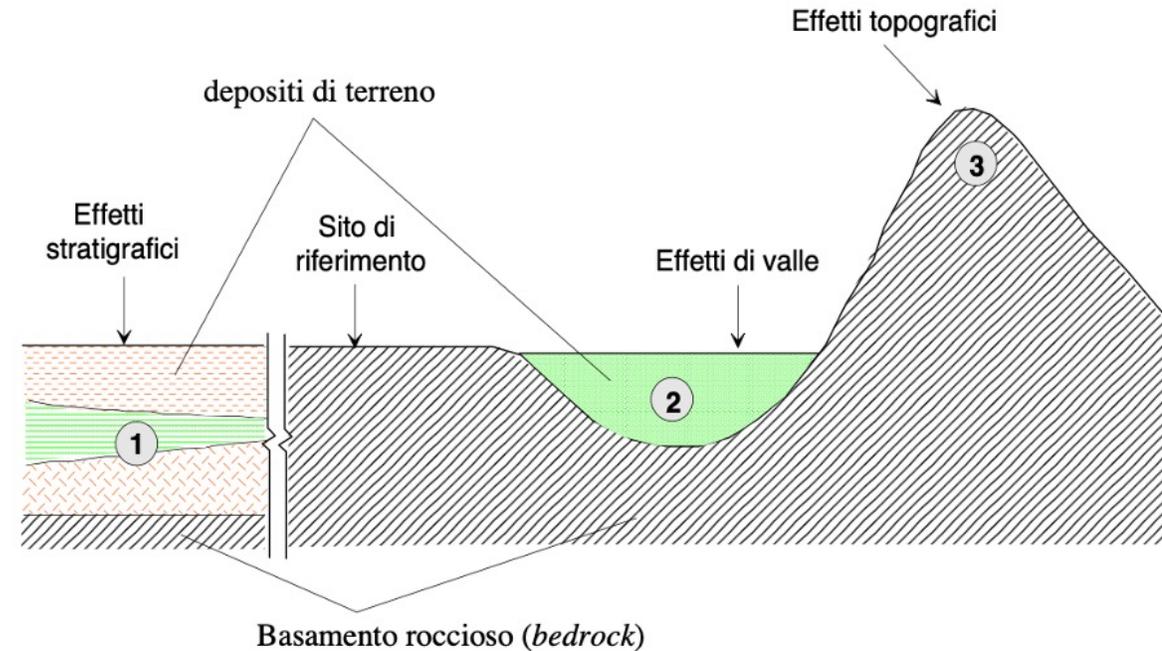


Figura 3: rappresentazione tipologia effetti di sito (Lanzo 2012)

## Tipologia effetti di sito:

- effetti stratigrafici (1D);
- effetti di valle (2D o 3D);
- effetti topografici (2D o 3D).

# Microzonazione Sismica

Livello 1

Livello 2

Livello 3

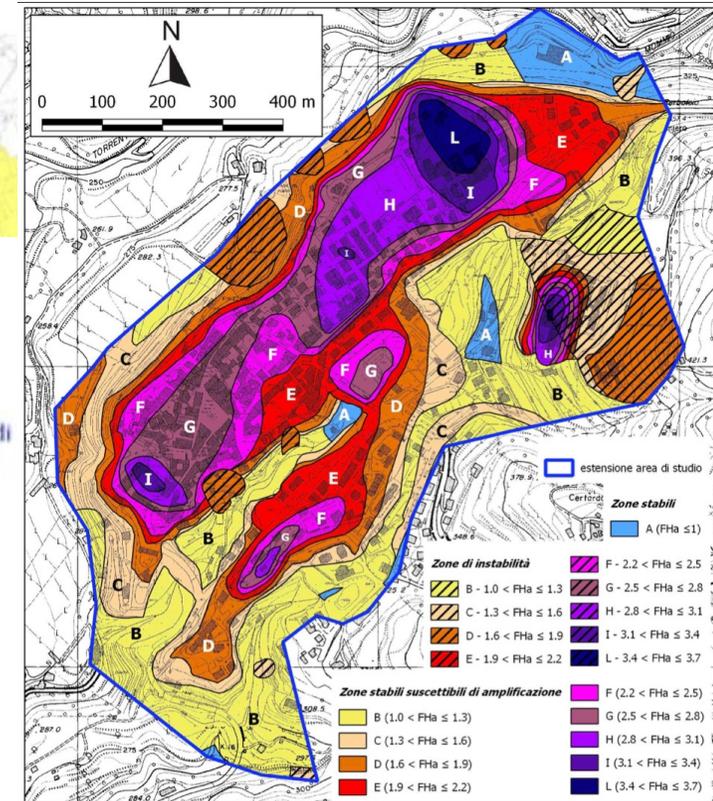
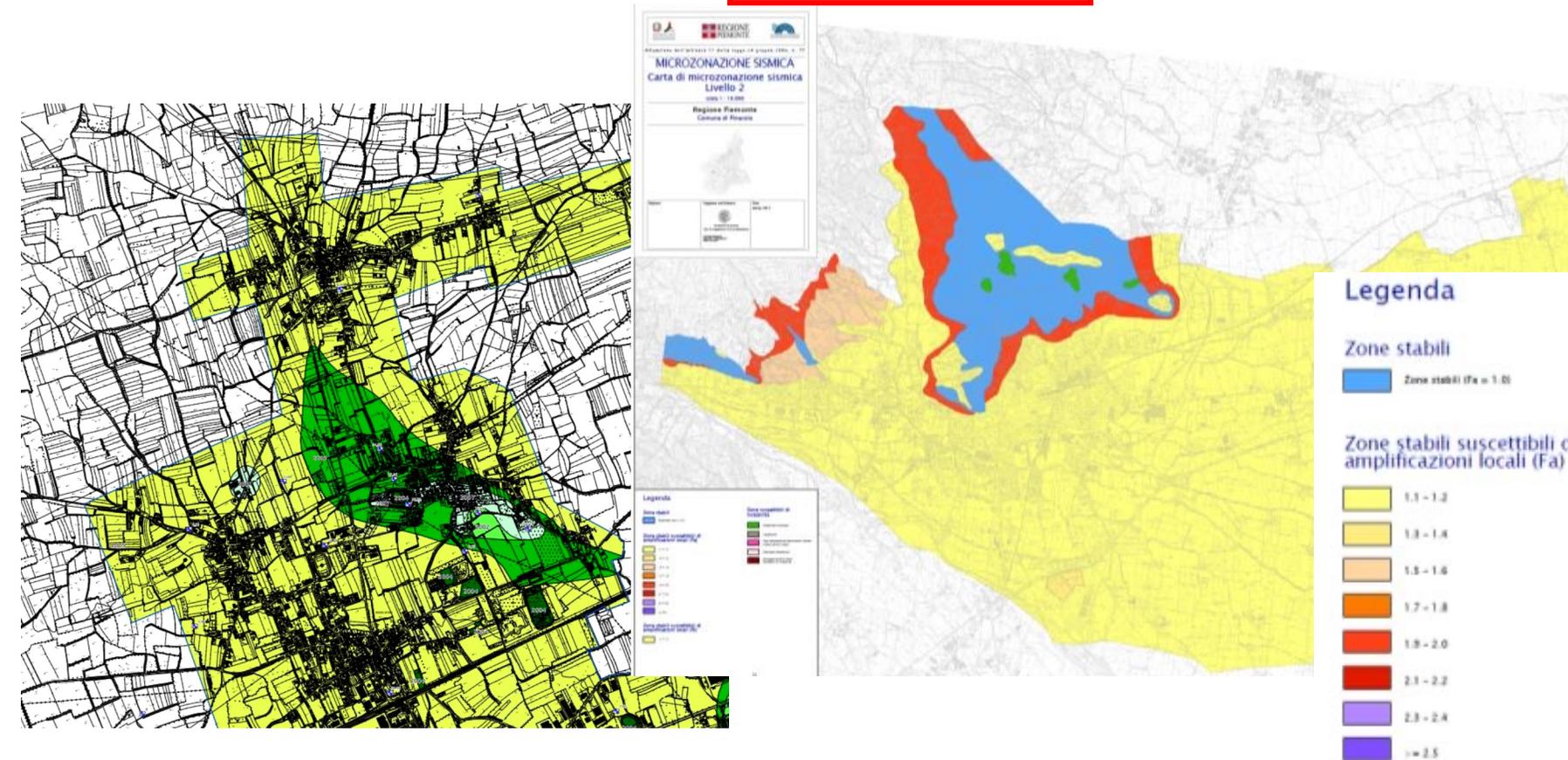
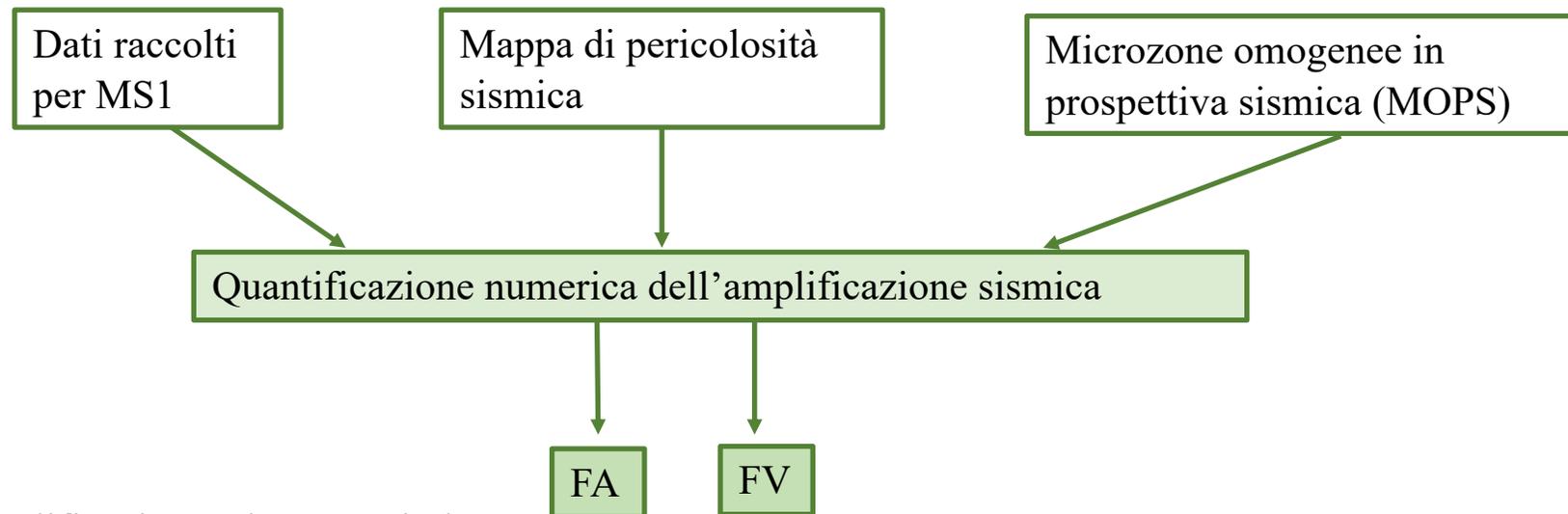


Figura 4: Regione Friuli Venezia Giulia, MOPS Comune Basiliano

Figura 5 E 6 : (<https://www.regione.piemonte.it/web/temi/protezione-civile-difesa-suolo-opere-pubbliche/prevenzione-rischio-sismico/microzonazione-sismica/studi-microzonazione-sismica>)

# Microzonazione Sismica – secondo livello

- Quantificazione numerica della modificazione locale del moto sismico in superficie e dei fenomeni di deformazione permanente con metodi semplificati.



fattore di amplificazione a basso periodo e viene determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione

fattore di amplificazione a periodo proprio per cui si ha la massima risposta in pseudo velocità.

# Abachi

Argilla  
Ghiaia  
Sabbia

0.06  
0.18  
0.26

Costante  
Intermedio  
Massimo

Fattore di amplificazione  
FA

Tipo di terreno  
Argilla

$a_g$  (g)  
0.06

Profilo di velocità  
Costante

H	$V_{eff}$ (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
5	2.37	1.84	1.56	1.47	1.34	1.22	1.12	1.07	1.02	1.00	
10	2.39	2.25	1.99	1.75	1.54	1.38	1.27	1.17	1.08	1.03	
15	1.76	2.05	1.99	1.85	1.69	1.53	1.40	1.29	1.13	1.05	
20	1.53	1.61	1.80	1.76	1.68	1.57	1.46	1.36	1.19	1.07	
25	1.49	1.47	1.49	1.61	1.58	1.52	1.45	1.36	1.21	1.08	
30	1.45	1.44	1.40	1.39	1.47	1.44	1.39	1.33	1.21	1.08	
35	1.39	1.42	1.40	1.34	1.33	1.36	1.33	1.29	1.18	1.08	
40	1.30	1.39	1.36	1.33	1.27	1.25	1.27	1.24	1.16	1.07	
50	1.24	1.32	1.32	1.30	1.27	1.22	1.17	1.14	1.10	1.04	
60	1.16	1.24	1.26	1.27	1.24	1.22	1.18	1.13	1.06	1.01	
70	1.14	1.23	1.23	1.23	1.21	1.19	1.17	1.13	1.06	0.99	
80	1.00	1.15	1.19	1.18	1.19	1.16	1.14	1.13	1.06	1.00	
90	1.02	1.15	1.17	1.18	1.15	1.14	1.12	1.10	1.06	1.00	
100	0.95	1.12	1.12	1.17	1.15	1.11	1.09	1.08	1.05	1.00	
110	0.89	1.03	1.11	1.13	1.13	1.14	1.09	1.05	1.03	0.99	
120	0.85	1.02	1.11	1.09	1.12	1.12	1.09	1.05	1.01	0.98	
130	0.80	0.98	1.06	1.09	1.08	1.09	1.09	1.05	1.00	0.96	
140	0.78	0.93	0.99	1.08	1.06	1.08	1.06	1.06	1.00	0.95	
150	0.73	0.91	1.00	1.06	1.07	1.04	1.05	1.03	1.00	0.95	

Fattore di amplificazione  
FV

Tipo di terreno  
Argilla

$a$  (g)  
0.06

Profilo di velocità  
Costante

H	$V_{eff}$ (m/s)										
	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	
5	1.46	1.17	1.11	1.08	1.03	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	
10	3.03	2.05	1.51	1.27	1.18	1.12	1.09	1.04	1.02	1.01	
15	3.19	2.79	2.16	1.67	1.42	1.28	1.19	1.12	1.07	1.01	
20	2.82	2.75	2.44	2.04	1.71	1.47	1.32	1.23	1.10	1.02	
25	2.50	2.50	2.39	2.15	1.90	1.65	1.45	1.32	1.16	1.06	
30	2.44	2.34	2.29	2.12	1.95	1.74	1.55	1.40	1.20	1.08	
35	2.40	2.16	2.15	2.08	1.91	1.77	1.61	1.45	1.24	1.09	
40	2.32	2.11	2.00	1.95	1.88	1.74	1.61	1.49	1.26	1.10	
50	2.37	2.05	1.85	1.76	1.73	1.66	1.58	1.48	1.29	1.12	
60	2.36	2.02	1.81	1.66	1.58	1.55	1.49	1.43	1.27	1.11	
70	2.31	2.08	1.78	1.66	1.51	1.42	1.41	1.37	1.25	1.10	
80	2.02	2.06	1.77	1.59	1.50	1.38	1.30	1.27	1.23	1.10	
90	1.86	2.04	1.85	1.60	1.45	1.39	1.28	1.21	1.16	1.09	
100	1.72	1.92	1.83	1.62	1.47	1.37	1.29	1.20	1.11	1.05	
110	1.55	1.72	1.80	1.66	1.47	1.35	1.27	1.18	1.08	1.03	
120	1.54	1.66	1.71	1.64	1.49	1.36	1.26	1.19	1.08	1.02	
130	1.50	1.56	1.63	1.62	1.50	1.38	1.25	1.18	1.06	1.01	
140	1.48	1.47	1.53	1.57	1.48	1.38	1.29	1.18	1.06	1.00	
150	1.51	1.41	1.44	1.52	1.47	1.38	1.30	1.20	1.07	1.00	

# Friuli Venezia Giulia

- Porzione nord orientale della microplacca Adria
- Catena alpina con andamento E-W
- Sistema dinarico con andamento NW-SE
- Sovrascorrimenti NE-SW

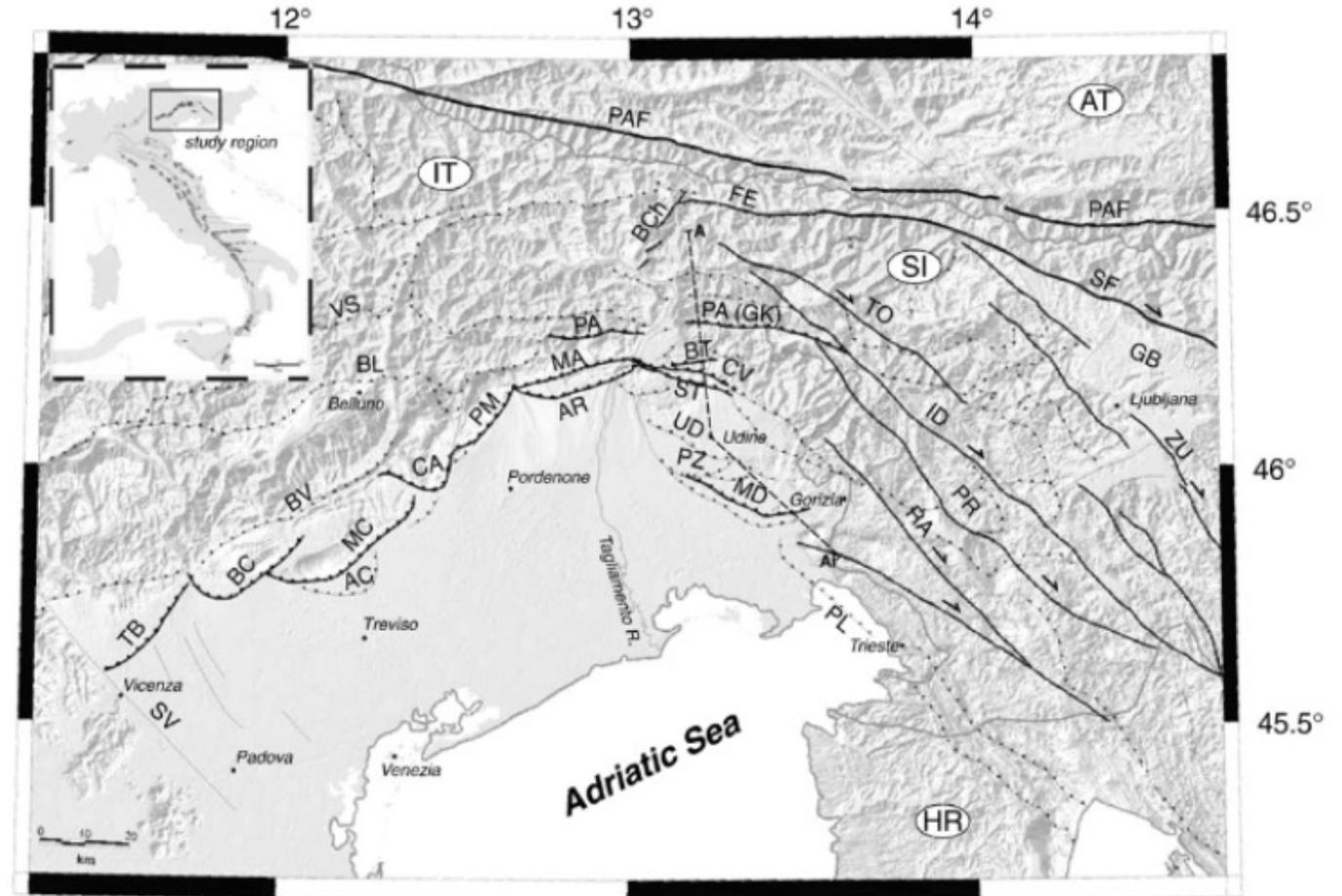


Figura 7: tettonica regionale dell'Italia nord orientale (Burrato et al, 2008)

# Friuli Venezia Giulia

- Porzione nord orientale della microplacca Adria
- Catena alpina con andamento E-W
- Sistema dinarico con andamento NW-SE
- Sovrascorrimenti NE-SW
- Faglie principali:
  - Faglia di Sauris (Carnia)
  - Faglia Barcis – Staro Selo (Prealpi carniche e giulie)

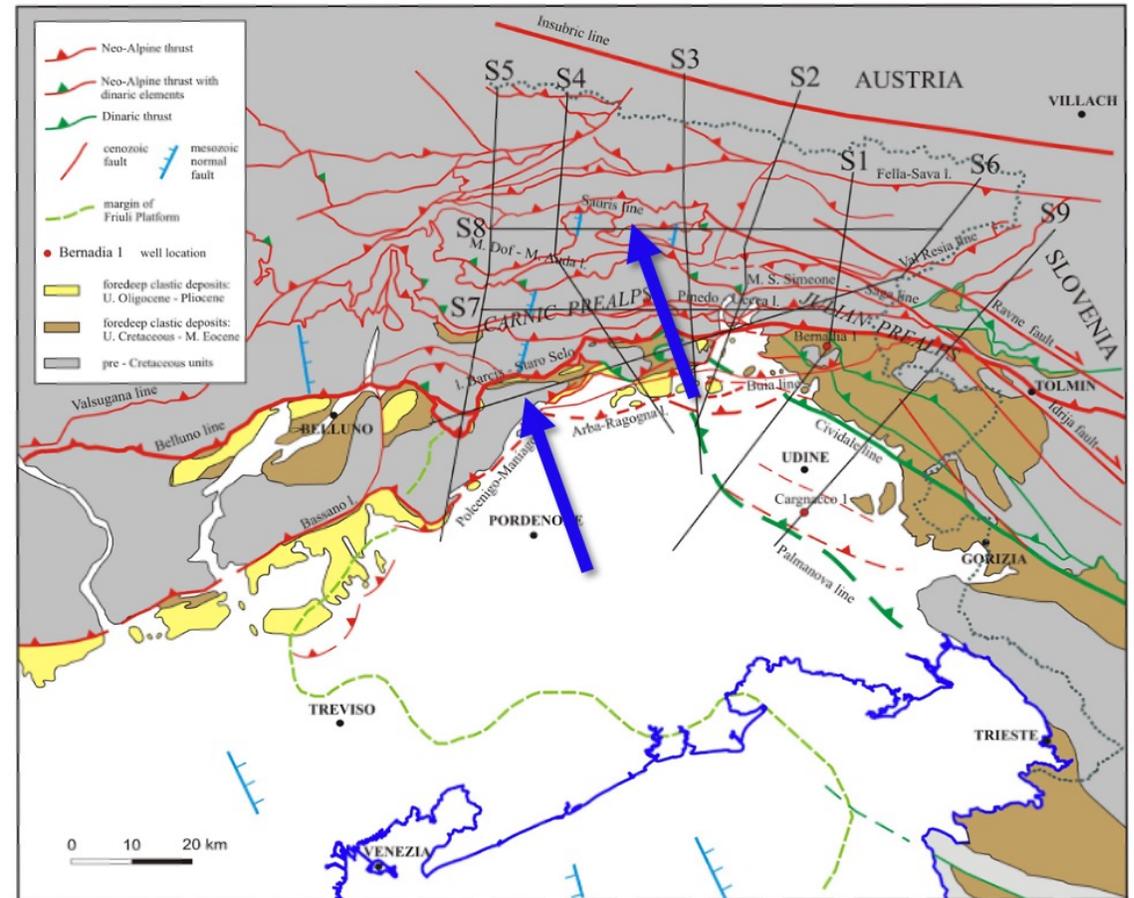


Figura 8: tettonica regionale (Brussan et al, 2016)

# Friuli Venezia Giulia - Sismicità

- Tra le aree più attive in Italia dal punto di vista sismico

Data	Località	Magnitudo (Mw)
25/01/1344	Alpi giulie	6.63
26/03/1511	Friuli-Slovenia	6.32
10/07/1776	Prealpi Friulane	5.82
07/06/1794	Prealpi Friulane	5.96
27/03/1928	Carnia	6.02
06/05/1976	Friuli	6.45
14/02/2002	Carnia	4.67

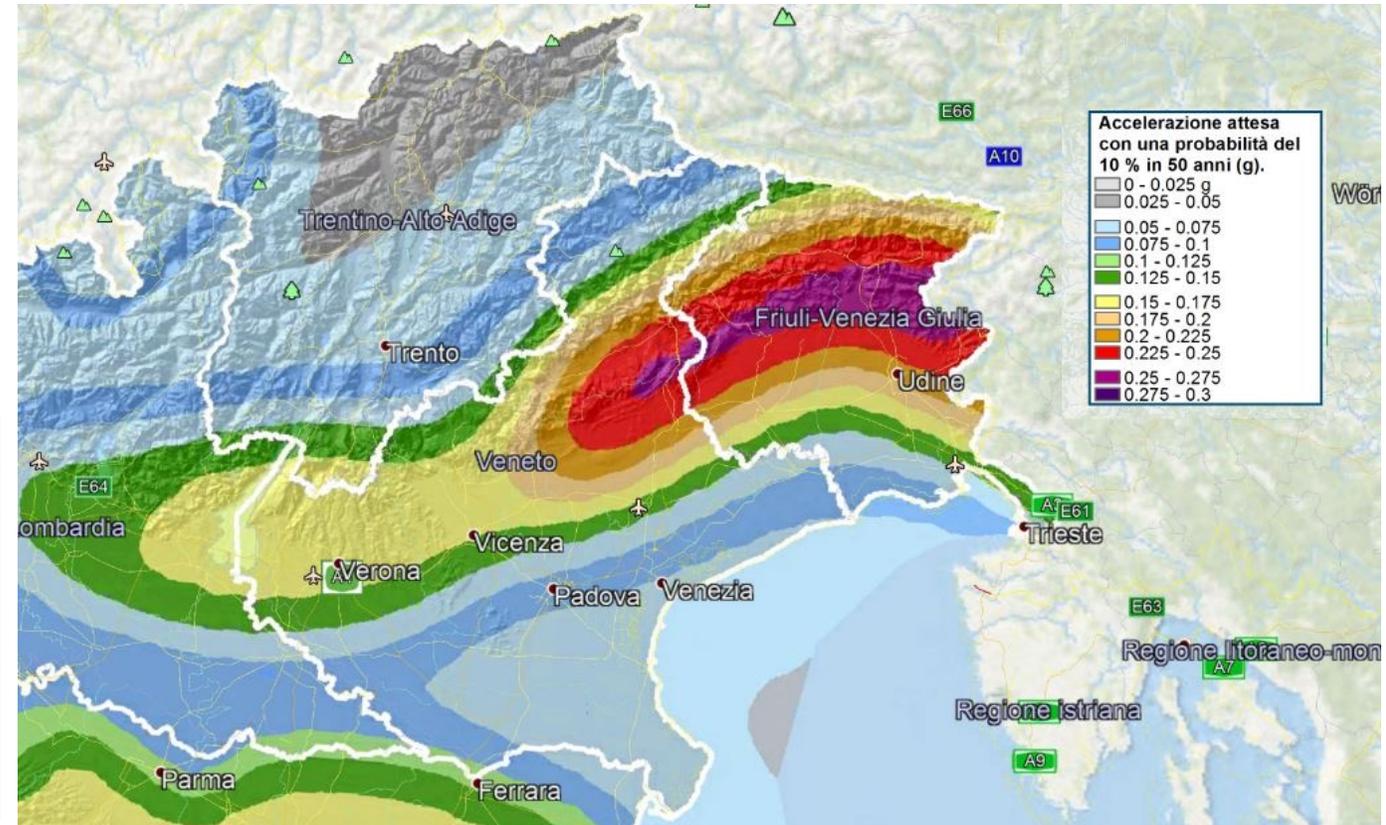


Figura 9: pericolosità sismica di base (INGV)

# Friuli Venezia Giulia - Sismicità

- Tra le aree più attive in Italia dal punto di vista sismico
- Zona sismogenetica n° 905 che interessa la fascia pedemontana

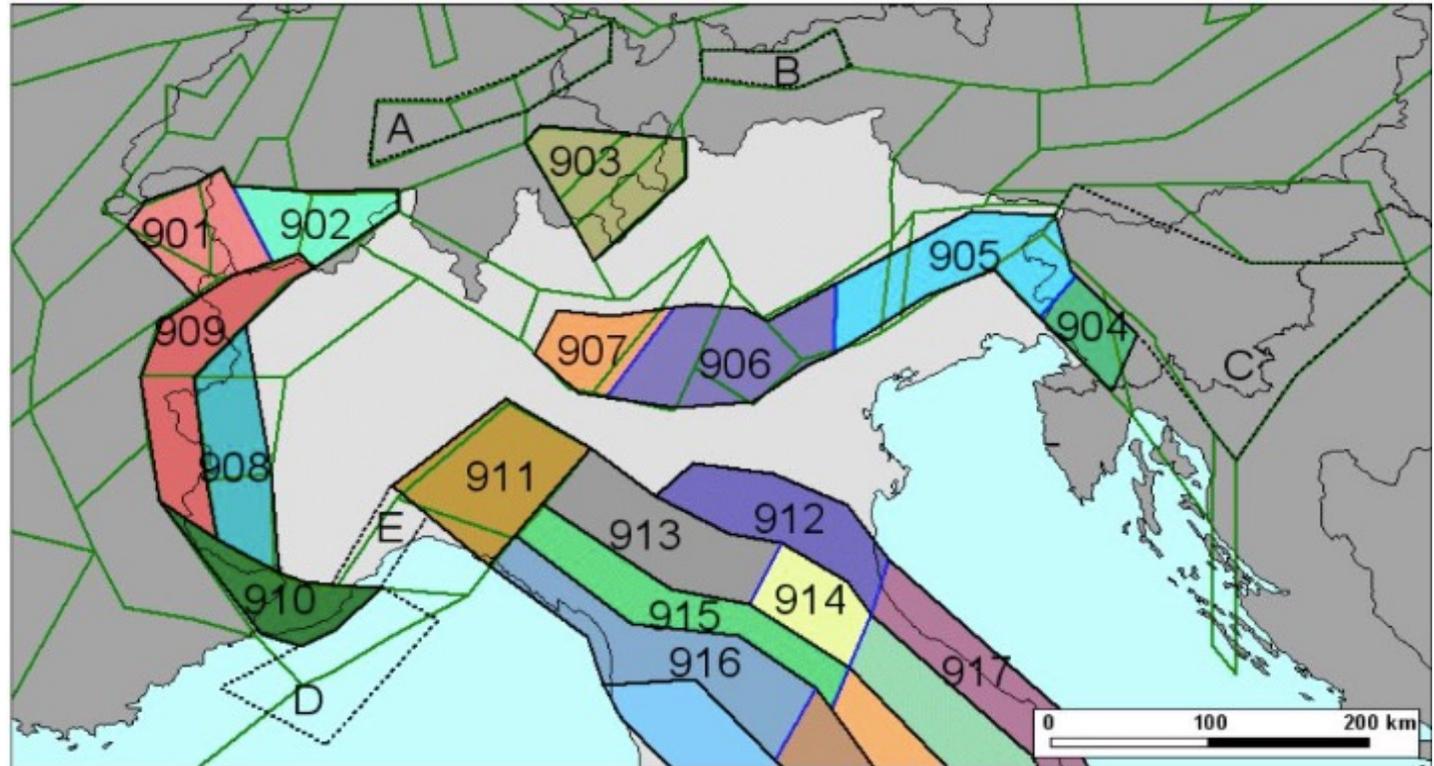


Figura 10: zone sismogenetiche (INGV)

# Friuli Venezia Giulia - Sismicità

- Tra le aree più attive in Italia dal punto di vista sismico
- Zona sismogenetica n° 905 che interessa la fascia pedemontana
- Rete di monitoraggio RAF

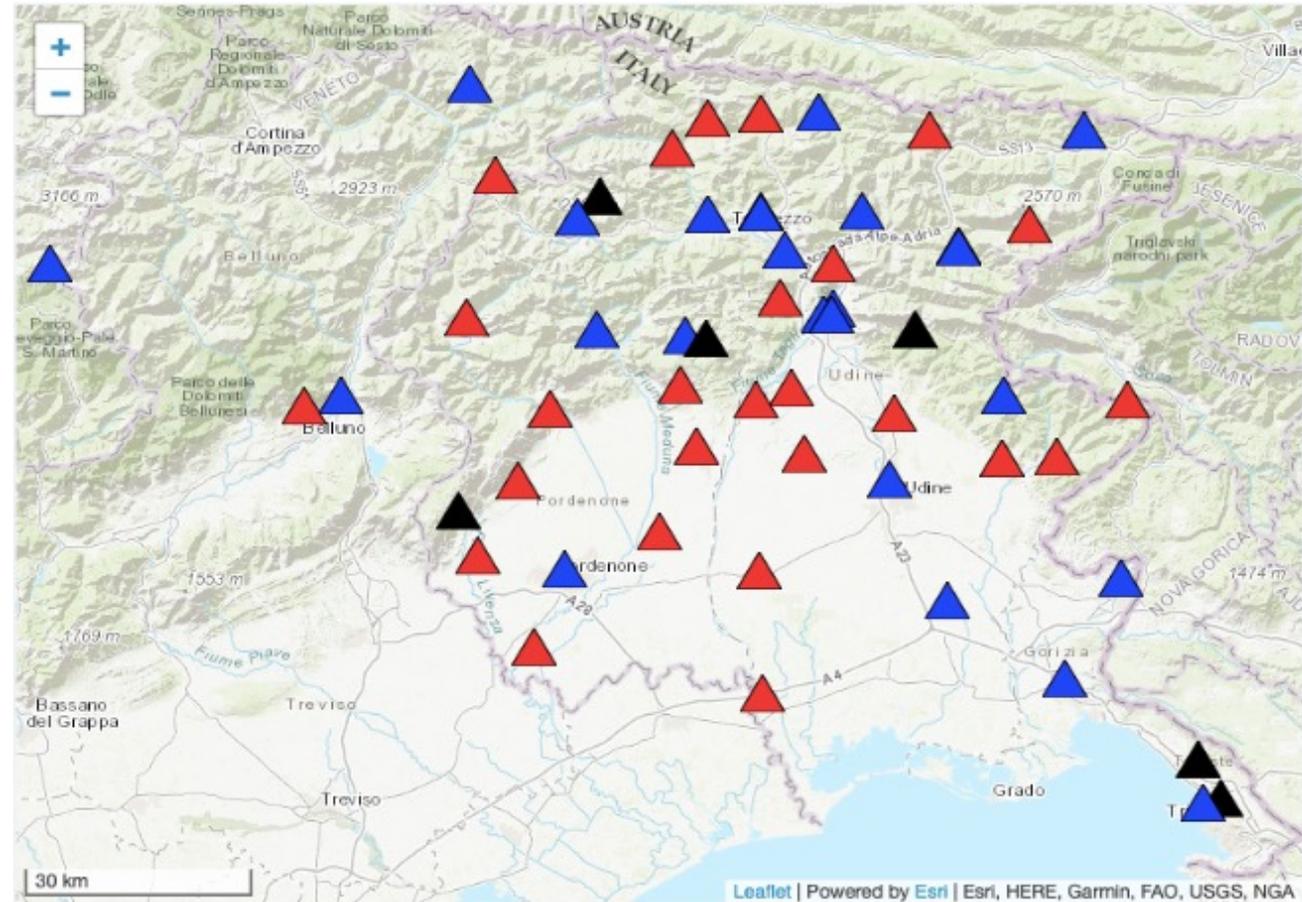


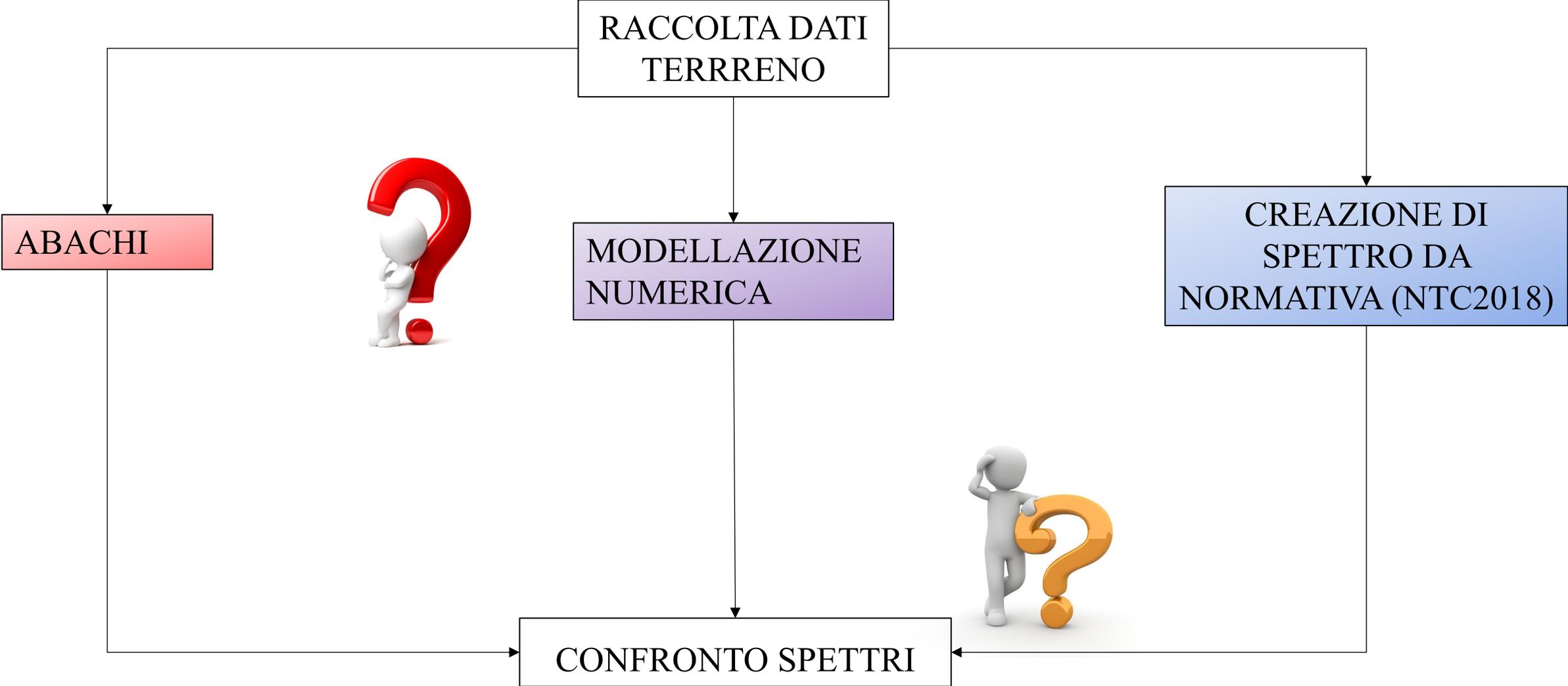
Figura 11: reti di monitoraggio in Friuli Venezia Giulia, in rosso stazioni della RAN (Protezione Civile Nazionale), in blu stazioni della RAF e in nero alcune stazioni NI (OGS)

# Indice

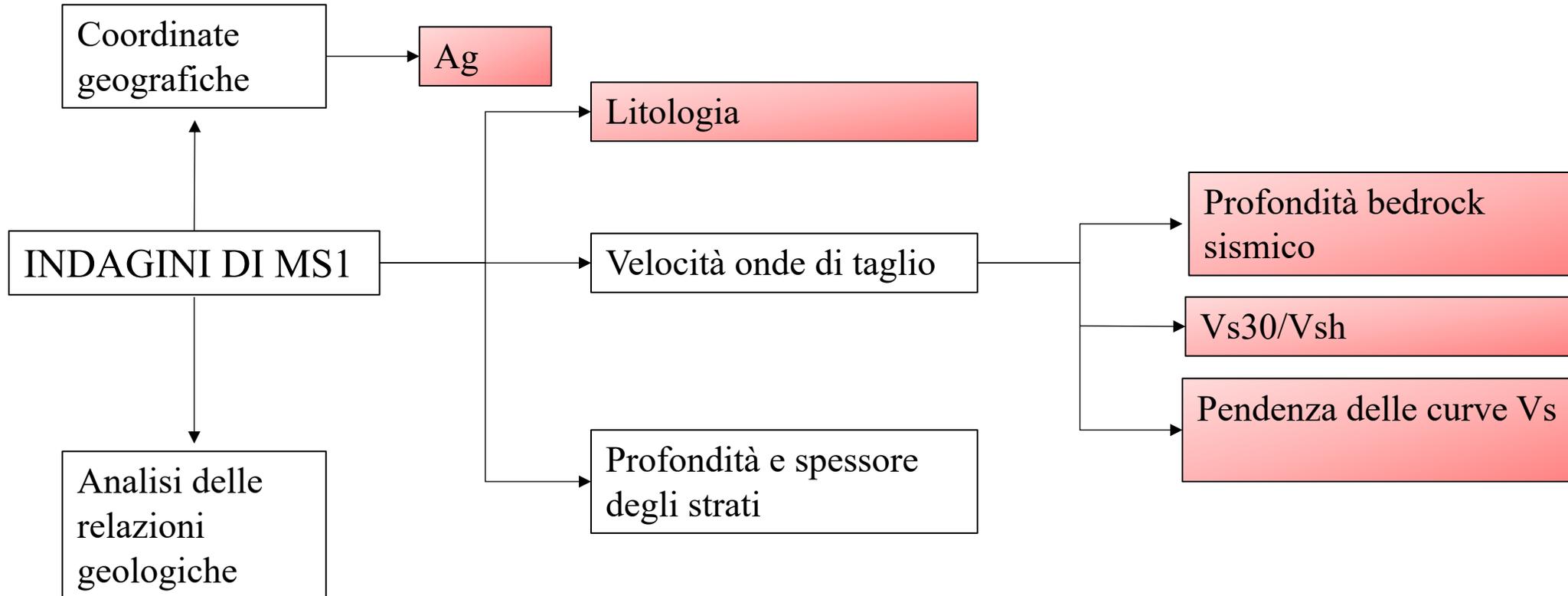
---

- Microzonazione Sismica ed Effetti di sito
- Sismicità nel Friuli Venezia Giulia
- Raccolta dati
- Procedimento
- Spettri di risposta in accelerazione
  1. Calcolo spettri con approccio semplificato da normativa italiana (NTC 2018)
  2. Calcolo spettri con approccio semplificato da abaco
  3. Calcolo spettri tramite modellazione
- Risultati e conclusioni

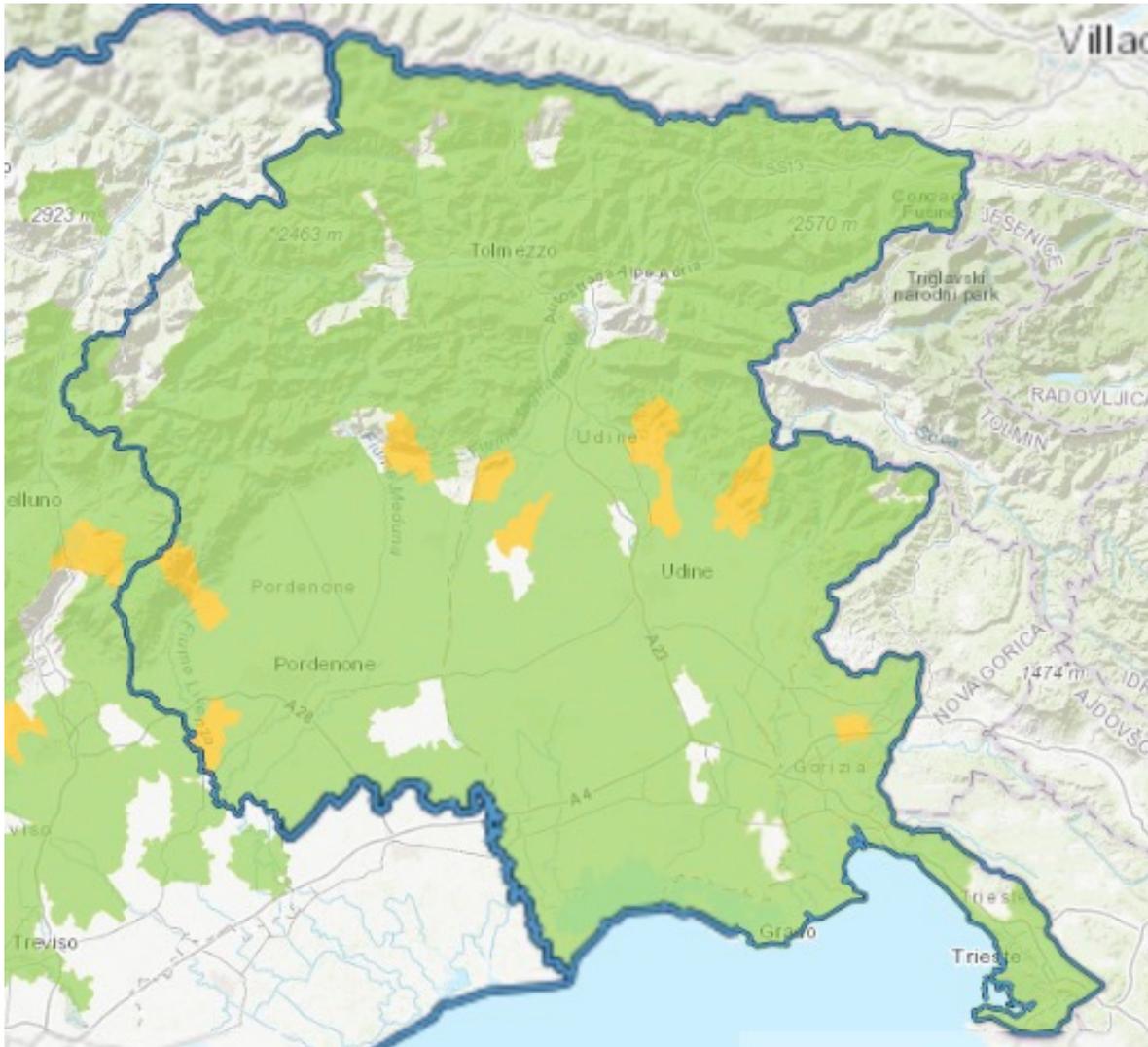
# Flow chart



# Procedimento - ABACHI



# Indagini da MS1



- Situazione attuale sul Web-Gis

(Portale informativo cartografico della Microzonazione Sismica e della Condizione Limite per l'Emergenza)

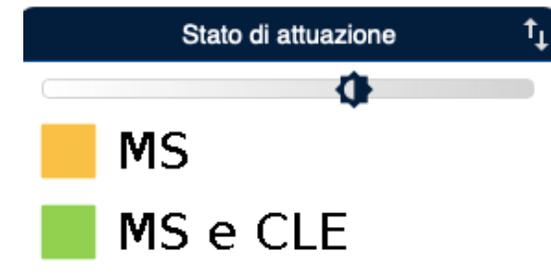
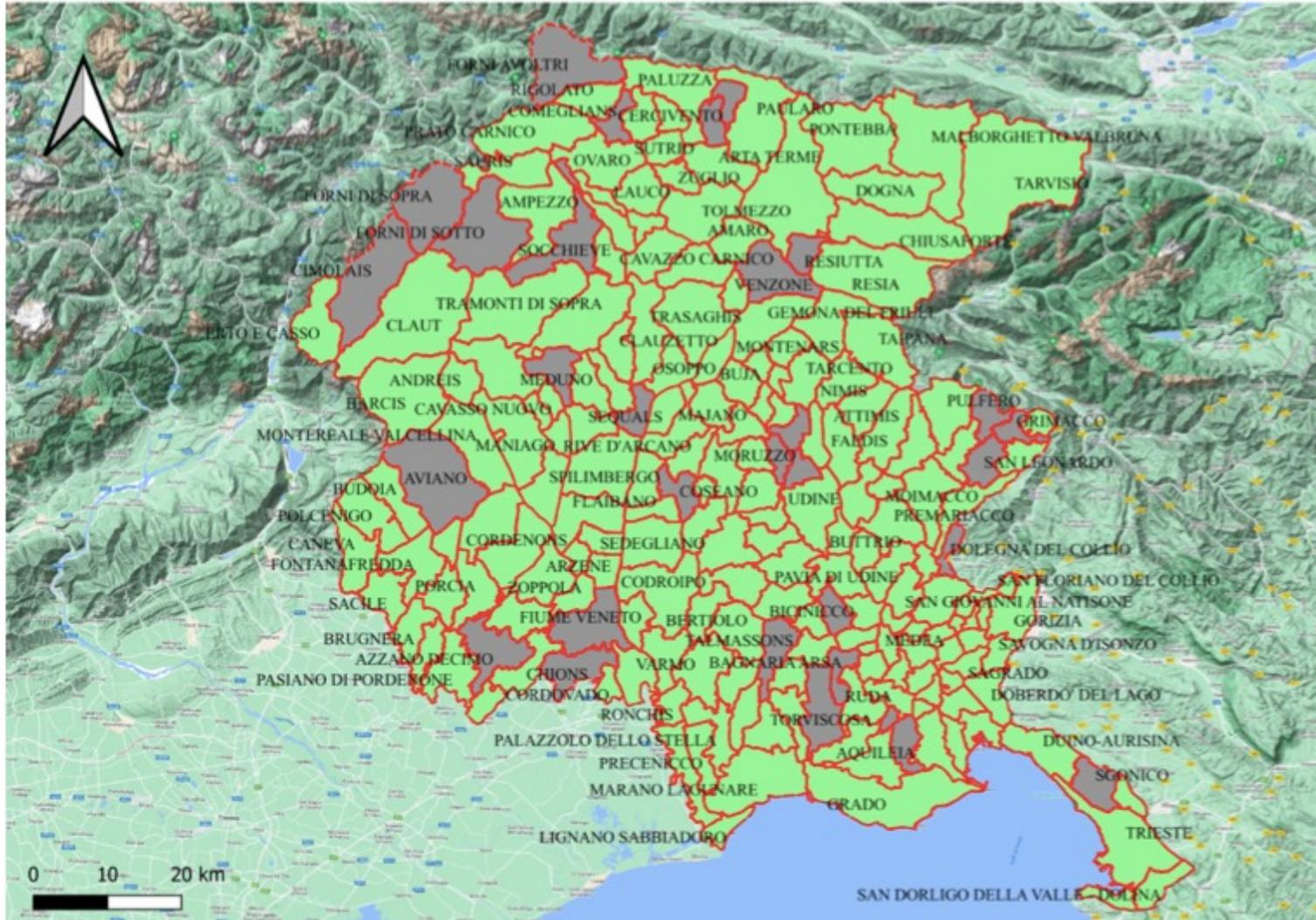


Figura 12 : situazione attuale del FVG dal portale MS  
<https://www.webms.it/servizi/viewer.php>

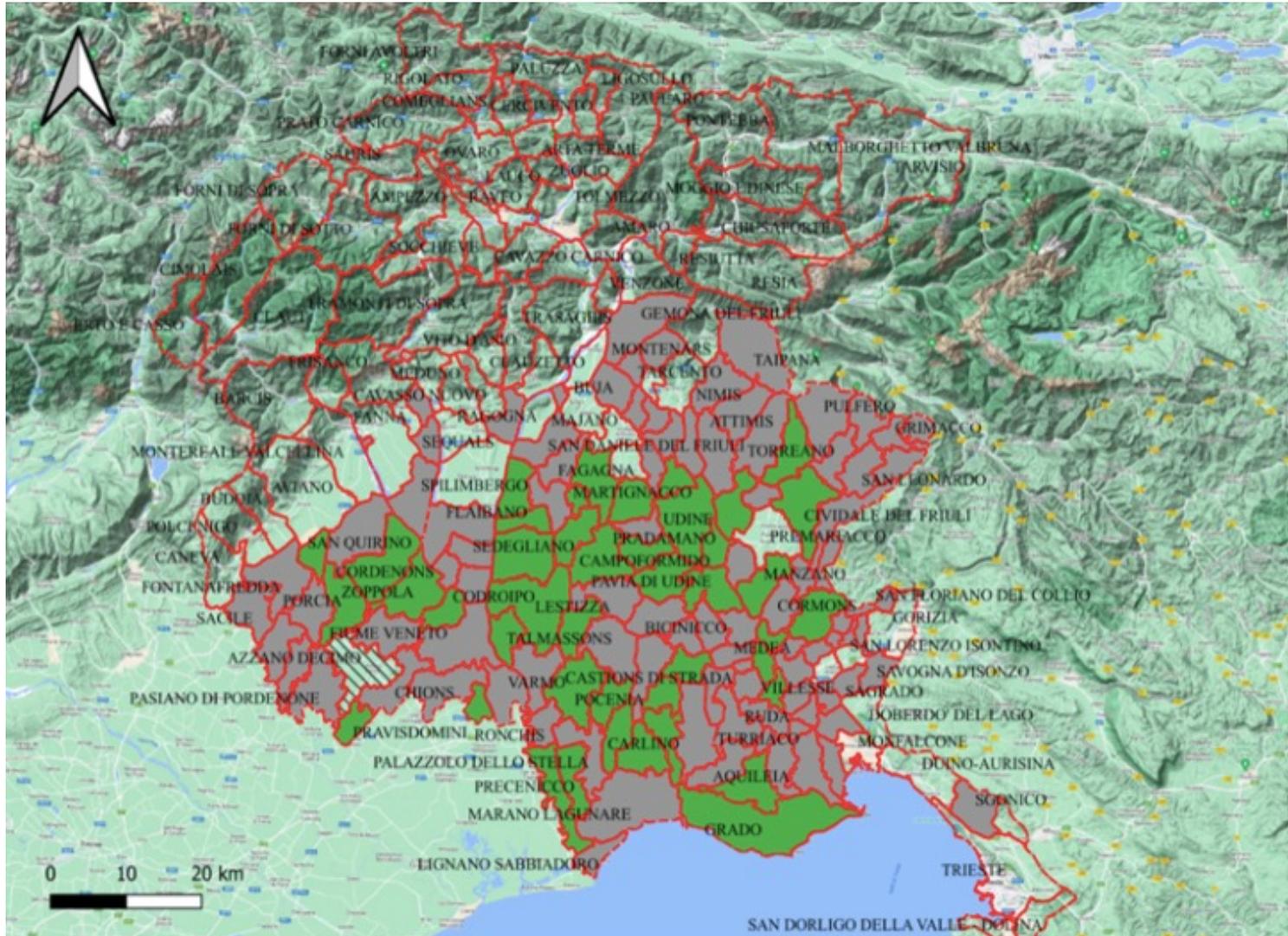
# Indagini da MS1



- 190 comuni su 224 (fino a settembre 2022)

Figura 13: mappa QGIS dei comuni in verde con MS1

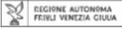
# Indagini da MS1



- 190 comuni su 224 (fino a settembre 2022)
- Analizzate le indagini sismiche lineari (MASW o ReMi) dei comuni che rispettavano la condizione di monodimensionalità (limite per abachi) 201 prove su 43 comuni

Figura 14: mappa QGIS dei comuni con MASW e ReMi

# Pozzuolo del Friuli - dati a disposizione


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

## MICROZONAZIONE SISMICA

### Relazione illustrativa

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia  
Comune di Pozzuolo del Friuli



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Friuli Venezia Giulia	Dott. Geol. Davide Fusetti Dott. Geol. Luca Bincoletto Dott. Giancarlo Dal Moro Dott. Geol. Alessandro Riccio	Giugno 2016

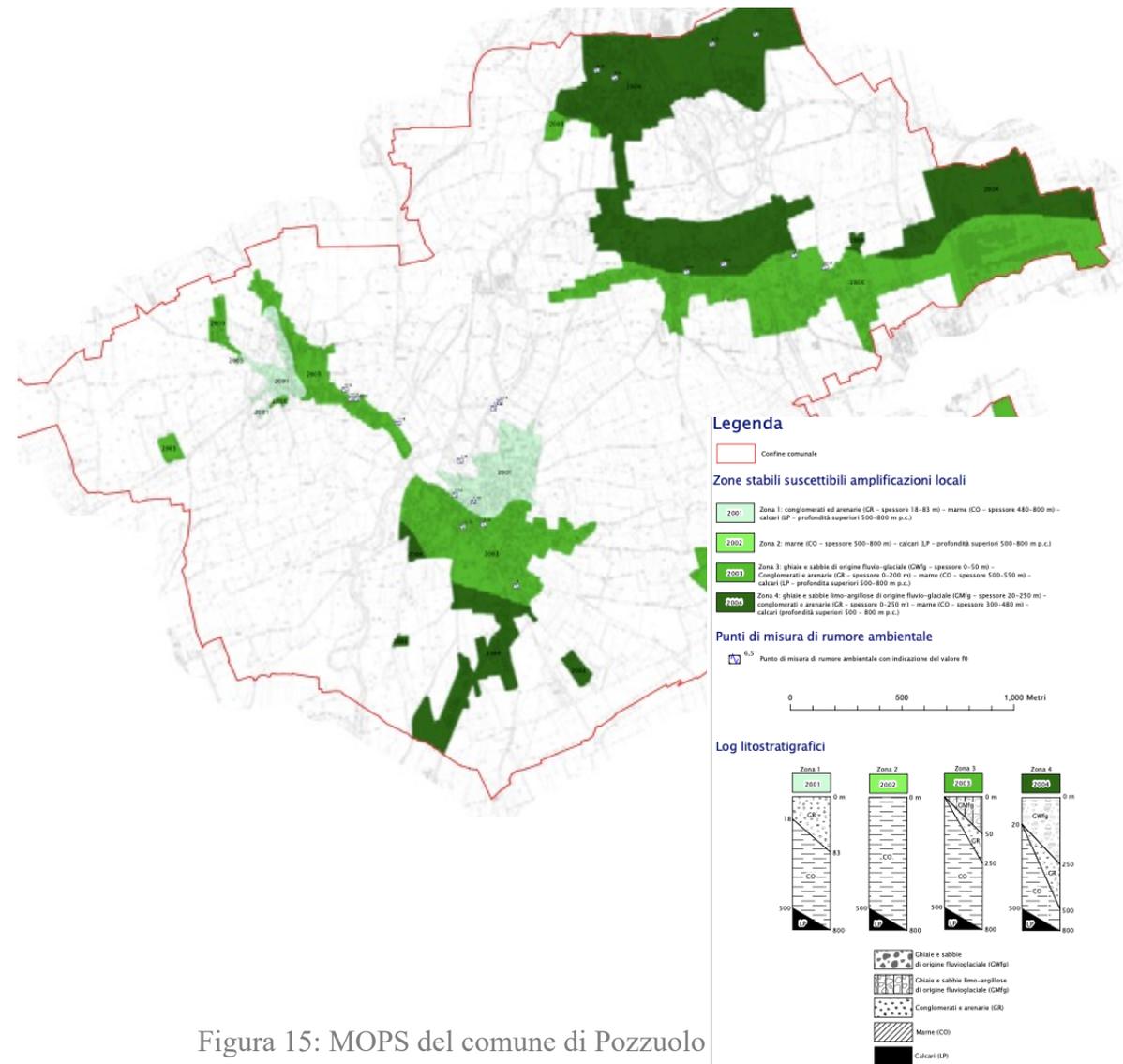
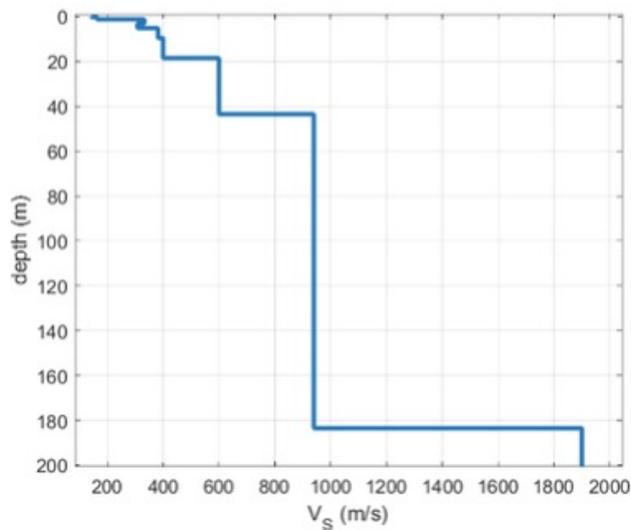
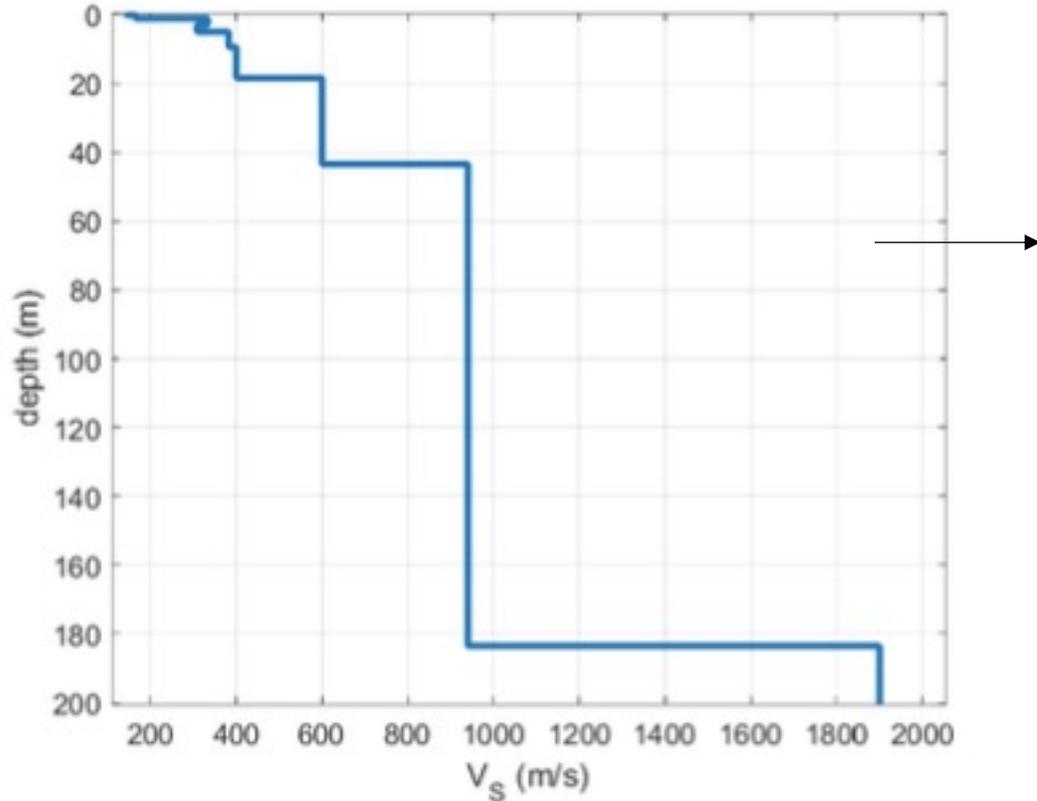


Figura 15: MOPS del comune di Pozzuolo



# Pozzuolo del Friuli - MASW



N. strato	Profondità	Spessore	Tipo di suolo	Vs	valore profondità grafico
1	0	0.2		143	0
2	0.20	1		164	-0.20
3	1.20	1.9		333	-1.20
4	3.10	2		308	-3.10
5	5.10	4.4		382	-5.10
6	9.50	9		400	-9.50
7	18.50	25		600	-18.50
8	43.50	140		940	-43.50
9	183.50	90		1900	-183.50
10	273.50	600		1800	-273.50
11	873.50			4000	-873.50

Bedrock sismico con  $v_s = 800$  m/s

## Model

$V_s$  (m/s): 143 164 333 308 382 400 600 940 1900 1800 4000

Thickness (m): 0.2 1.0 1.9 2.0 4.4 9.0 25.0 140.0 90.0 600.0

$V_{s30}$  (m/s): 412

# $V_{s30}/V_{sh}$ → categorie di sottosuolo (NTC2018)

## Campolongo Tapogliano

N. strato	Profondità	Spessore	Tipo di suolo	Vs	valore profondità grafico
1	0	4.6		249.00	0
2	4.60	4		494.00	-4.60
3	8.6	5		546.00	-8.60
4	13.6	8		654.00	-13.60
5	21.6	9		813.00	-21.60
6	30.6			1330.00	-30.60

→ Vsh

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}}$$

## Aquileia

N. strato	Profondità	Spessore	Tipo di suolo	Vs	valore di profondità per il grafi
1	0	0.2		59	0
2	0.20	0.8		121	-0.20
3	1	2.5		93	-1.00
4	3.5	2.9		179	-3.50
5	6.4	6.8		239	-6.40
6	13.2	3.2		319	-13.20
7	16.4	1.5		195	-16.40
8	17.9	13		359	-17.90
9	30.9	18		449	-30.90
10	48.9	290		650	-48.90
11	338.9			1380	-338.90

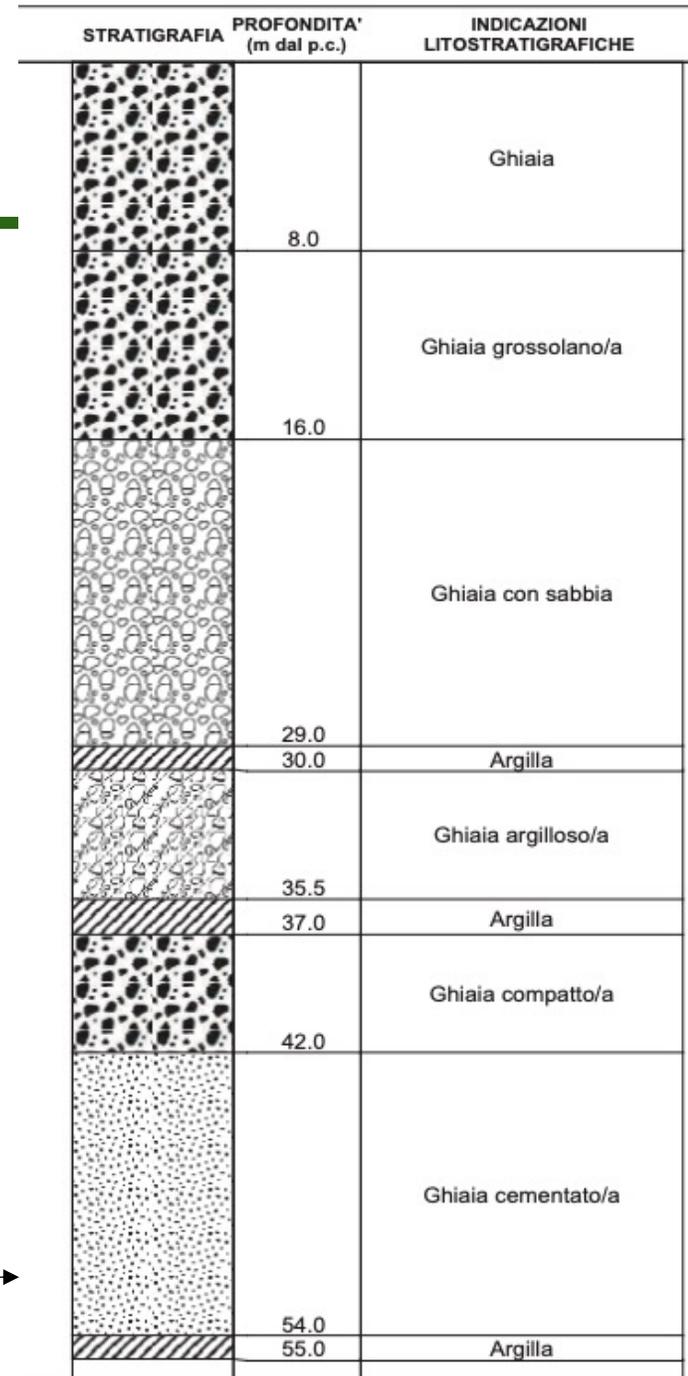
→ Vs30

$H > 30 \text{ m} \rightarrow V_{s30}$

$H < 30 \text{ m} \rightarrow V_{sh}$

# Pozzuolo del Friuli - MASW

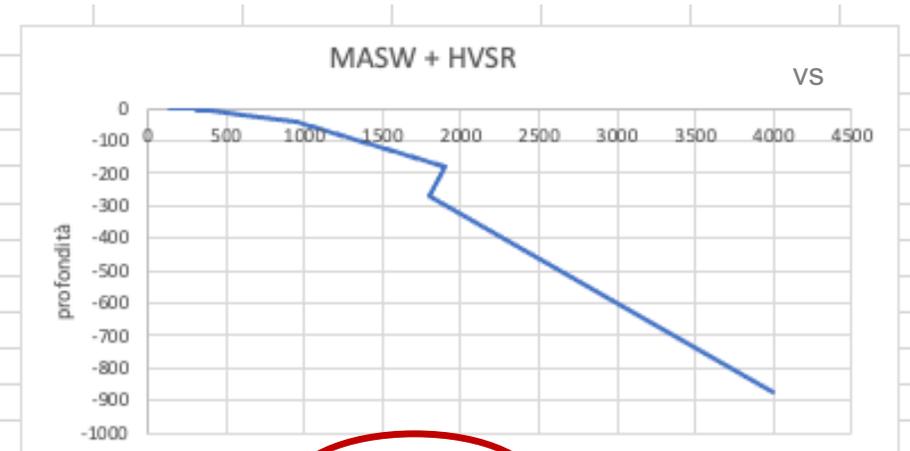
1 Pozzuolo del Friuli					
		030079L1	MASW + HVSR		
<b>NOTE:</b>					
N. strato	Profondità	Spessore	Tipo di suolo	Vs	valore profondità grafico
1	0			143	0
2	0.20			164	-0.20
3	1.20			333	-1.20
4	3.10			308	-3.10
5	5.10			382	-5.10
6	9.50			400	-9.50
7	18.50			600	-18.50
8	43.50			940	-43.50
9	183.50			1900	-183.50
10	273.50			1800	-273.50
11	873.50			4000	-873.50
		<b>Bedrock geo</b>	/		
		<b>bedrock sismico</b>	43.5		
		<b>accelerazione</b>	0.150- 0.175 -- 0.175 - 0.200		
		<b>vs (30)</b>	412	411.633499	calcolata
		<b>Vsh</b>	456.0687057		
		<b>MOPS</b>	vicino alla 2001 ma non rientra nella 2001		
		<b>indicazioni litostratigrafiche</b>	pozzo (030079P8PA8) fino a 55 metri di profondità con predominanza di ghiaia		



# Indagini da MS1

1 Pozzuolo del Friuli						
030079L1 MASW + HVSR						
NOTE:						
N. strato	Profondità	Spessore	Tipo di suolo	Vs	valore profondità grafico	
1	0			143	0	
2	0.20			164	-0.20	
3	1.20			333	-1.20	
4	3.10			308	-3.10	
5	5.10			382	-5.10	
6	9.50			400	-9.50	
7	18.50			600	-18.50	
8	43.50			940	-43.50	
9	183.50			1900	-183.50	
10	273.50			1800	-273.50	
11	873.50			4000	-873.50	
	Bedrock geo	/				
	bedrock sismico	43.5				
	accelerazione	0.150- 0.175 -- 0.175 - 0.200				
		412	411.633499	calcolata		
		456.0687057				
		vicino alla 2001 ma non rientra nella 2001				
		pozzo (030079P8PA8) fino a 55 metri di profondità con predominanza di ghiaia				

- 62 categoria B
- 29 categoria C
- 12 categoria E



ghiaia

# Limiti di utilizzo abachi

- Modello sottosuolo assimilabile a condizione 1D (ICMS08):

$h$  = profondità valle,  $l$  = semi ampiezza

$c_v$  = rapporto tra velocità di taglio del basamento sismico e la media dei terreni di riempimento della valle

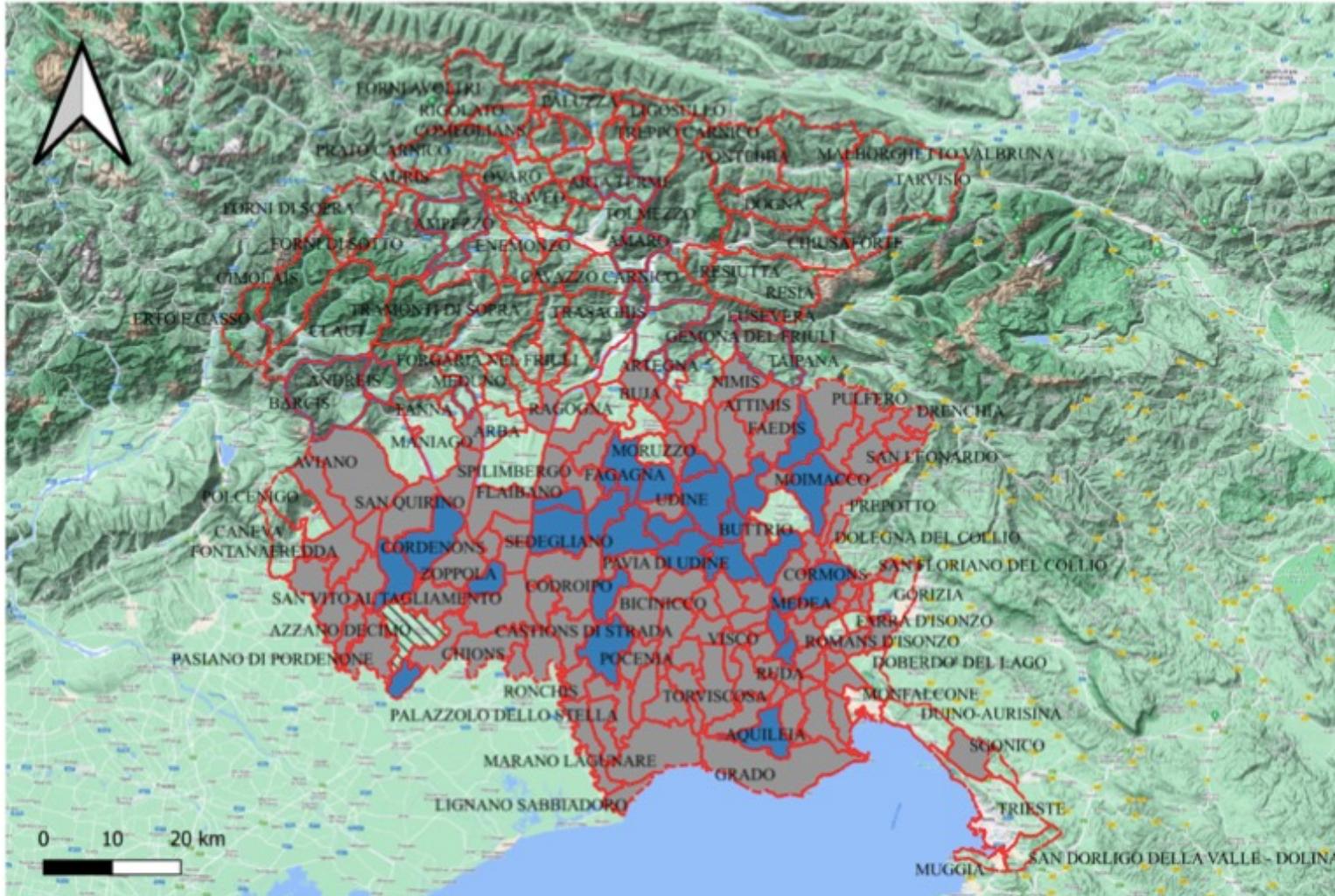
$$\frac{h}{l} \leq 0.65 / \sqrt{c_v - 1}$$

- Presenza inversione → velocità di un terreno rigido su velocità terreno morbido  $> 2$ .  
→ L'utilizzo degli abachi è consentito solo se lo spessore dello strato rigido è minore al rapporto della velocità media sopra il basamento sismico  $(V_s)/60$ .

1 Cividale del Friuli							
		030026L7	MASW7				sembrerebbe inversione MA rapporto tra strato rigido e morbido non raggiunge 2
NOTE:							
N. strato	Profondità	Spessore	Tipo di suolo	Vs	valore profondità grafico		
1	0.00		1.5	147	0.00		
2	1.50		2.8	705	-1.50		
3	4.30		9	809	-4.30		1.35284281 vrigido/vmorbido < 2
4	13.30		4.9	598	-13.30		
5	18.20		6.4	696	-18.20		
6	24.60			1073	-24.60		



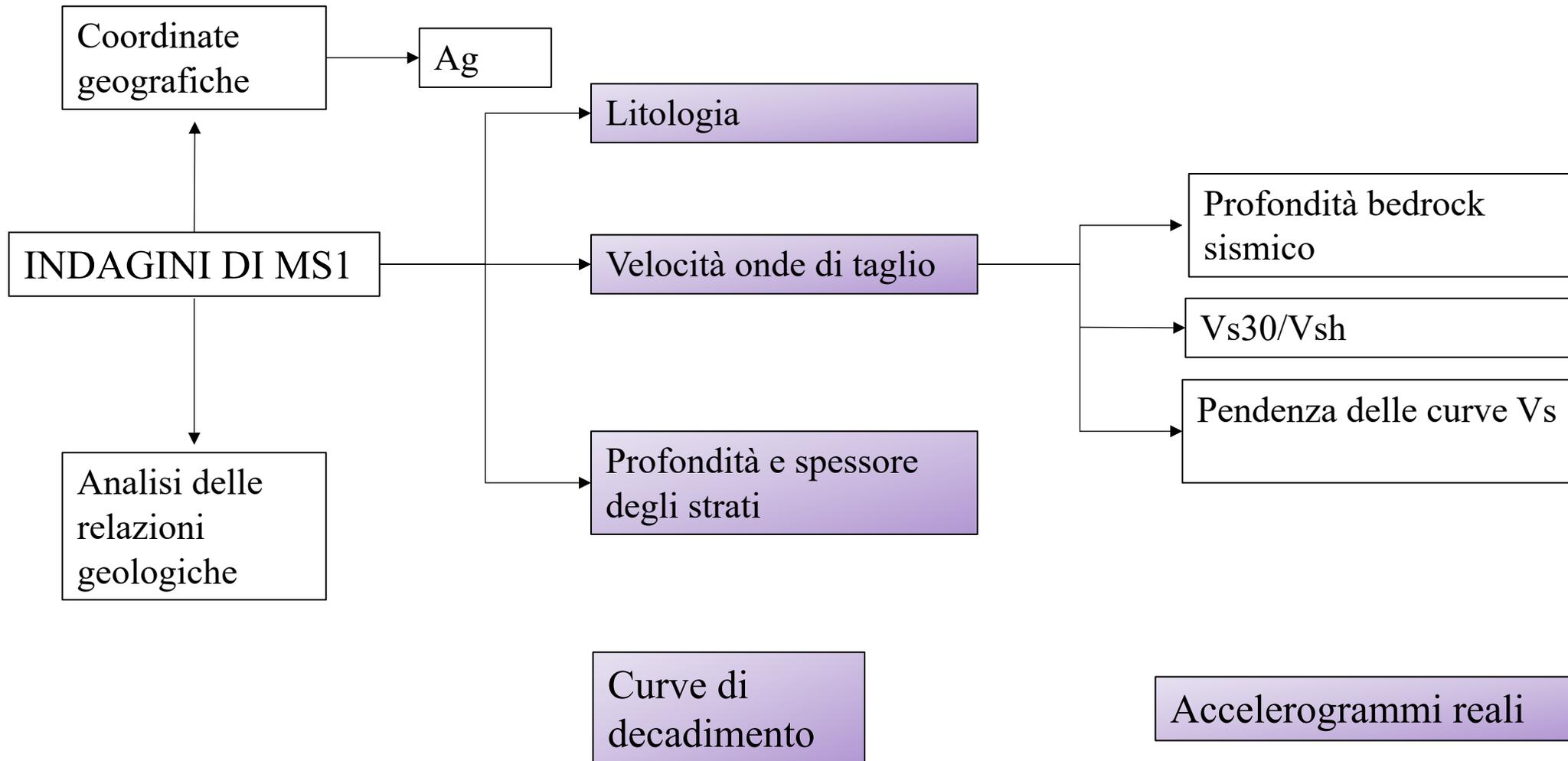
# Indagini da MS1



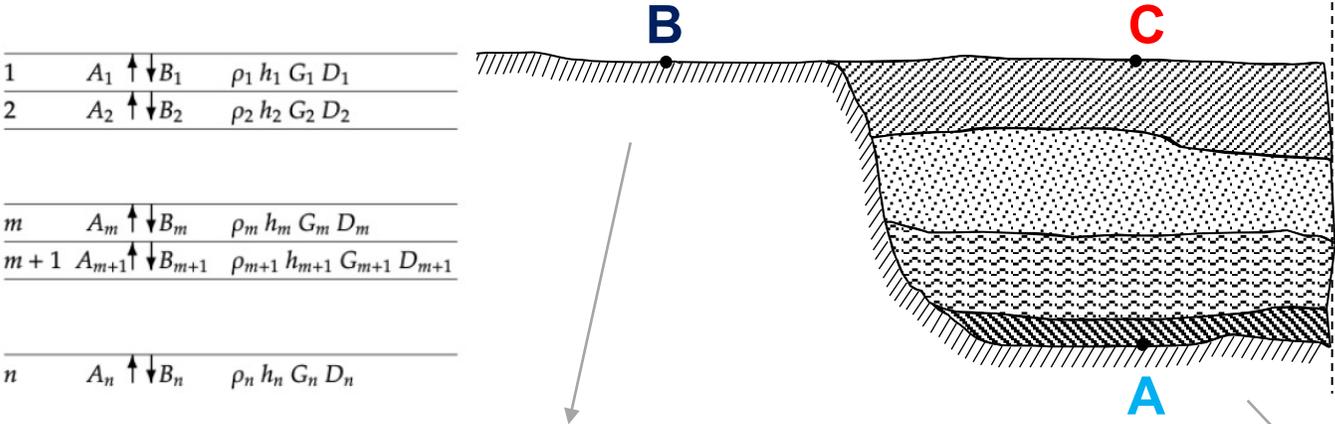
- Scartate le prove che non raggiungono il bedrock sismico (800 m/s)
- 103 indagini su 28 comuni

Figura 17: mappa QGIS dei comuni con le prove che raggiungono il bedrock sismico in blu

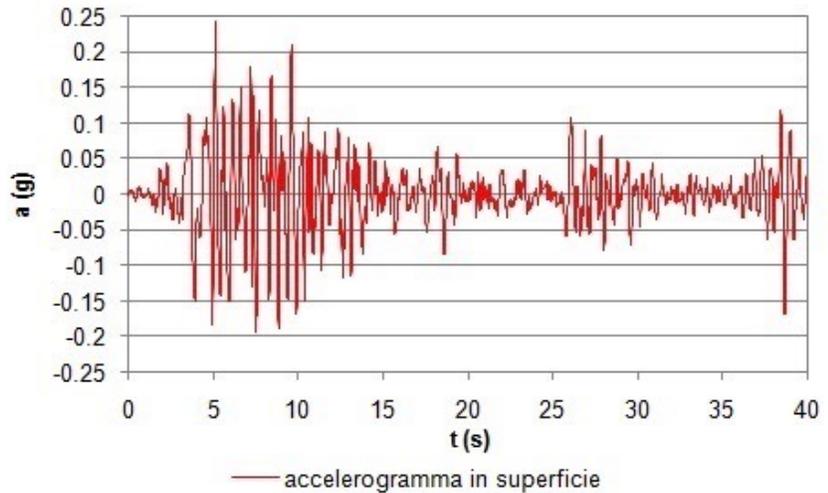
# Procedimento – RISPOSTA SISMICA LOCALE



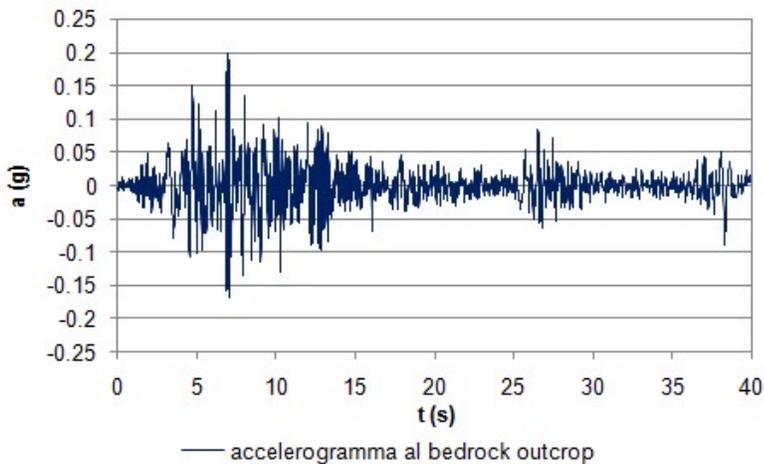
# Modellazione numerica – software STRATA



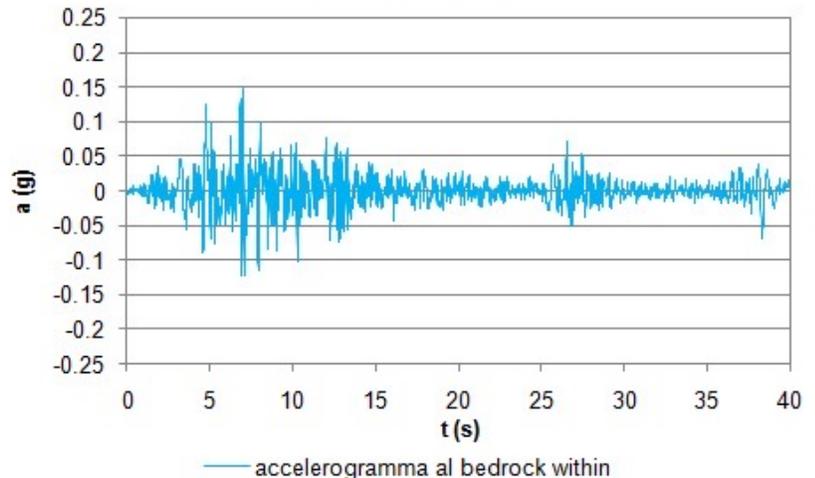
Superficie



Bedrock outcrop



Bedrock within



# Modellazione numerica – software STRATA



Input

7 accelerogrammi reali per ogni  
indagine registrati su roccia

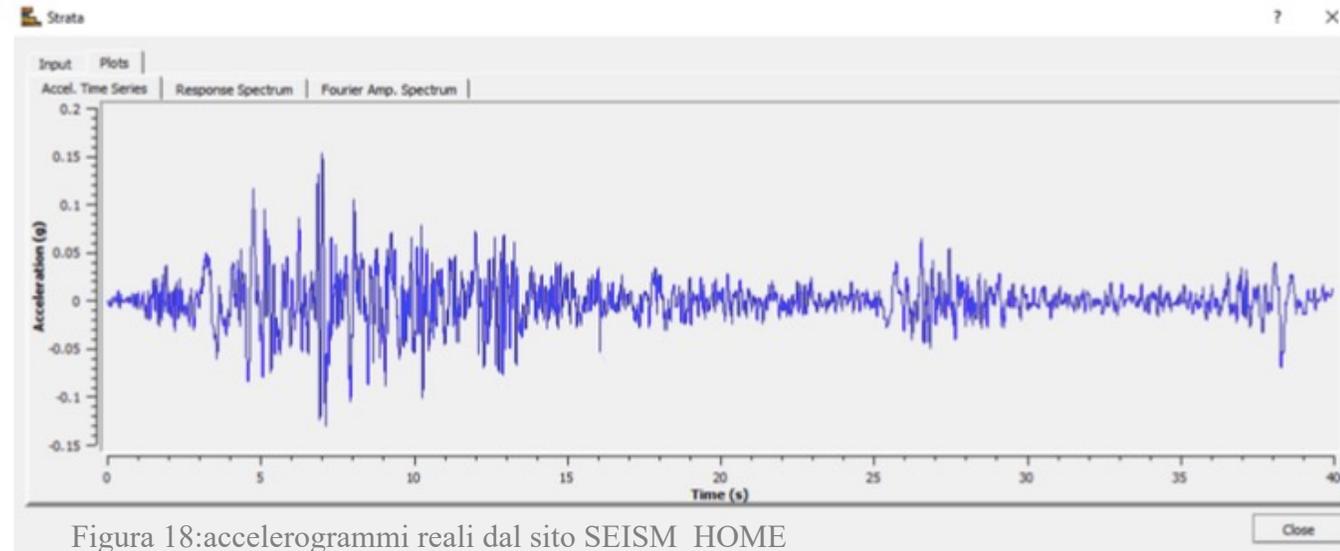


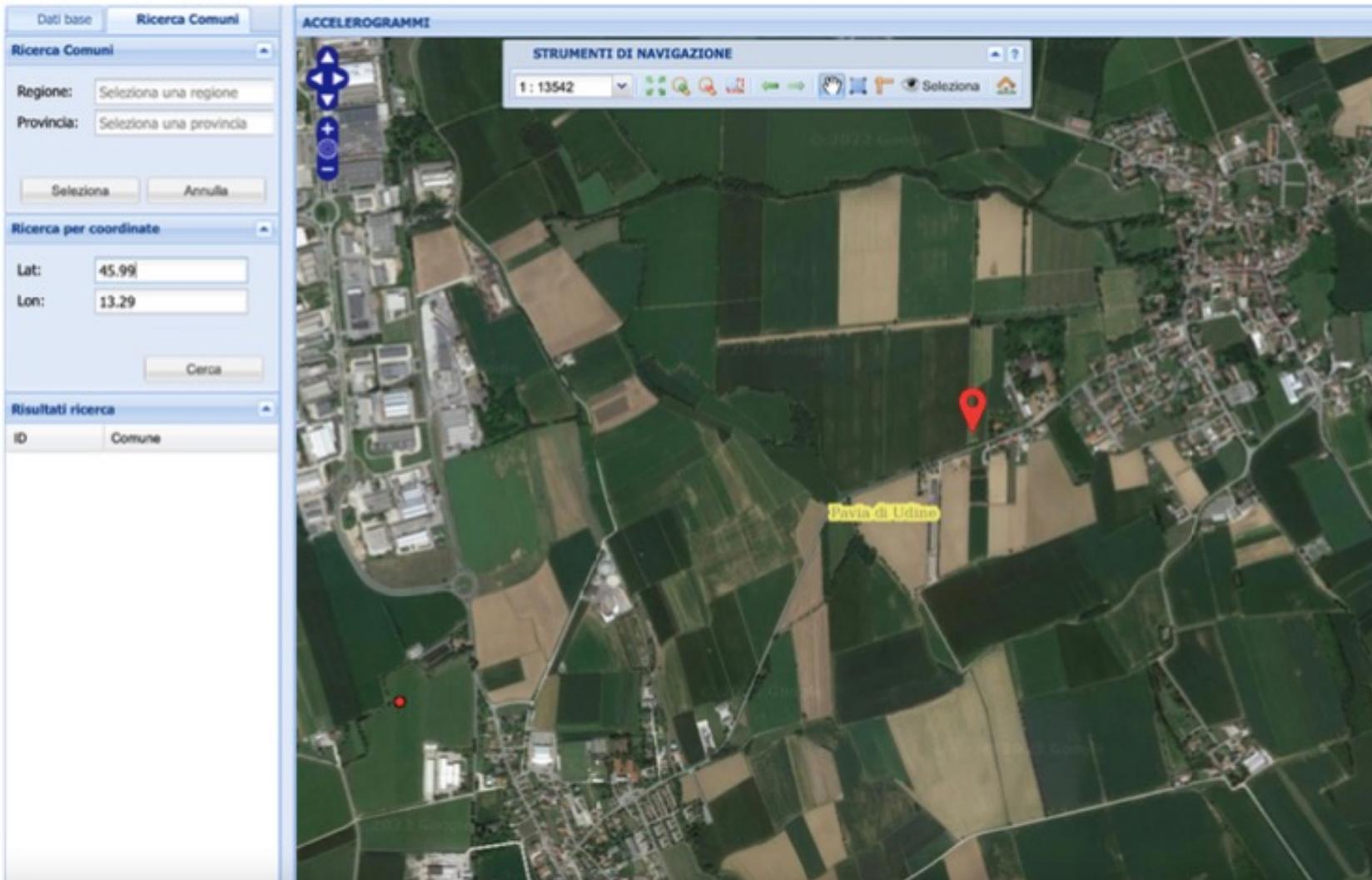
Figura 18: accelerogrammi reali dal sito SEISM\_HOME

Output

Risposta sismica locale



# Modellazione numerica – software STRATA



## Input

7 accelerogrammi reali per ogni indagine registrati su roccia

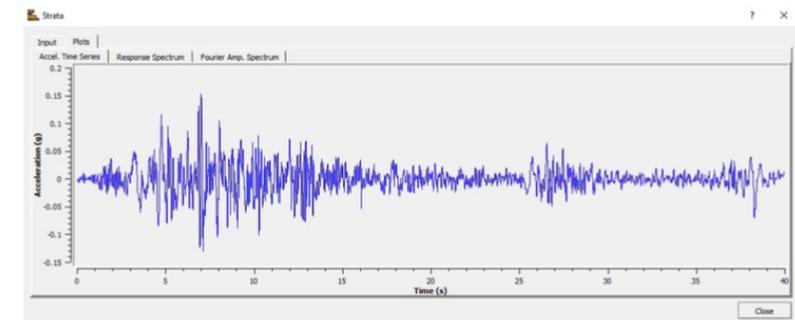


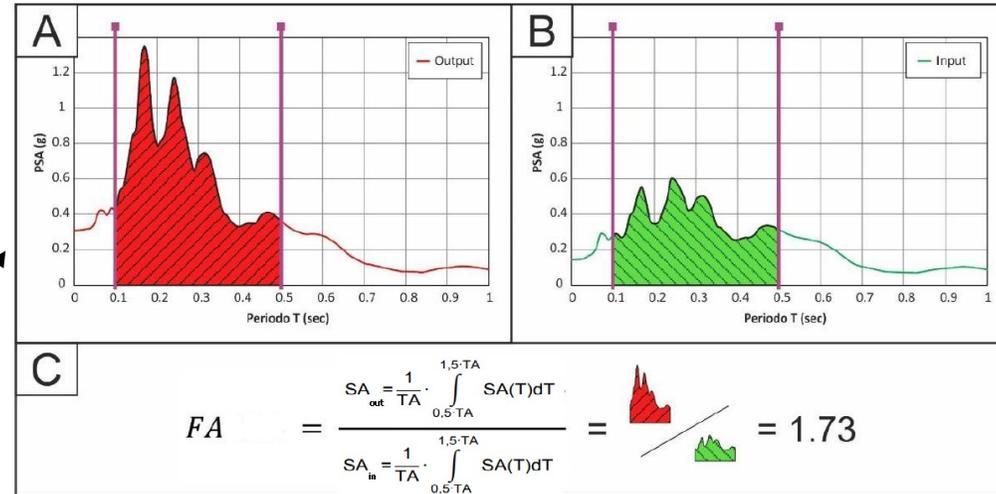
Figura 19: sito SEISM\_HOME <https://www.eucentre.it/seism-home-accelerogrammi/#>

# Modellazione numerica – software STRATA



Output

Risposta sismica locale



FV=

$$SA_{m,o} = \frac{1}{T_A} \int_{0.5T_A}^{1.5T_A} SA_o(T) dT$$

$$SV_{m,o} = \frac{1}{T_V} \int_{0.8T_V}^{1.2T_V} SV_o(T) dT$$

$$\longrightarrow FV = \frac{SV_{m,o}}{SV_{m,j}}$$

# Modellazione numerica – software STRATA

## Caratteristiche del terreno

- Peso di volume  $\gamma$ 
  - Sabbia = 18 kN/m<sup>3</sup>
  - Ghiaia = 19 kN/m<sup>3</sup>
  - Argilla = 20 kN/m<sup>3</sup>
  - Bedrock sismico = 25 kN/m<sup>3</sup>

- Curve rappresentative del modulo di taglio ( $G/G_0$ ) e dello smorzamento ( $D/D_0$ )

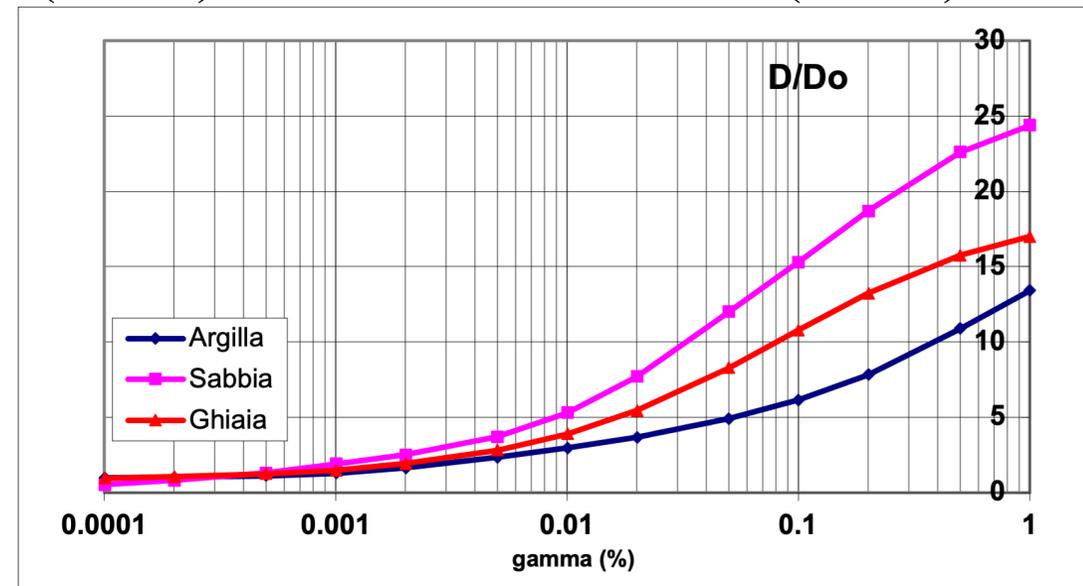
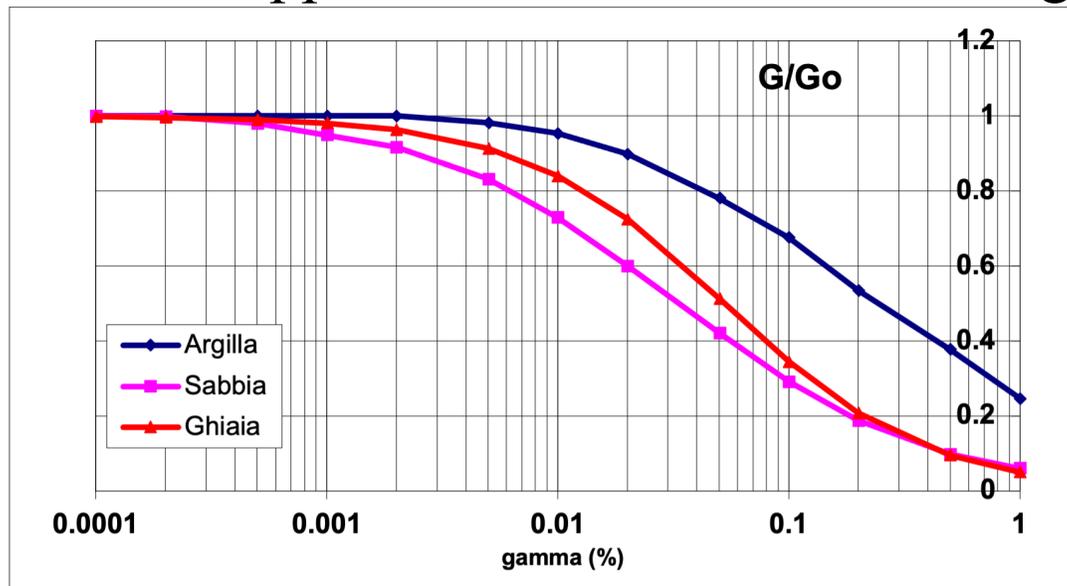
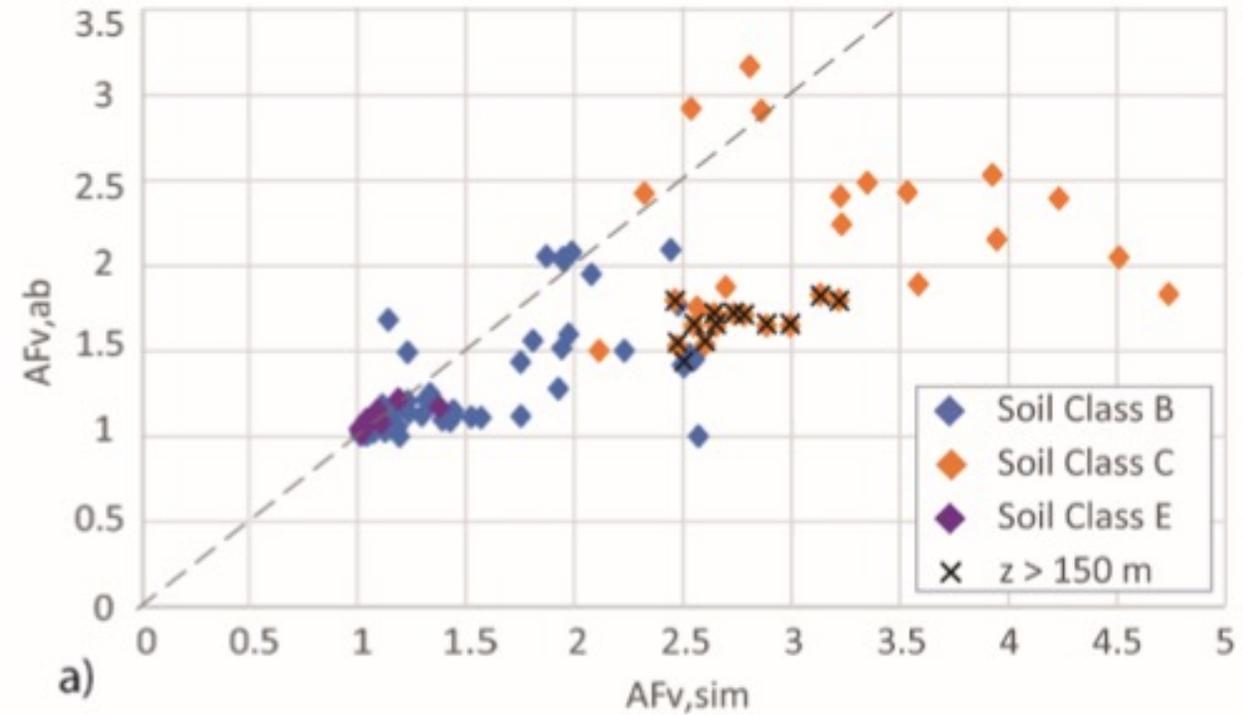
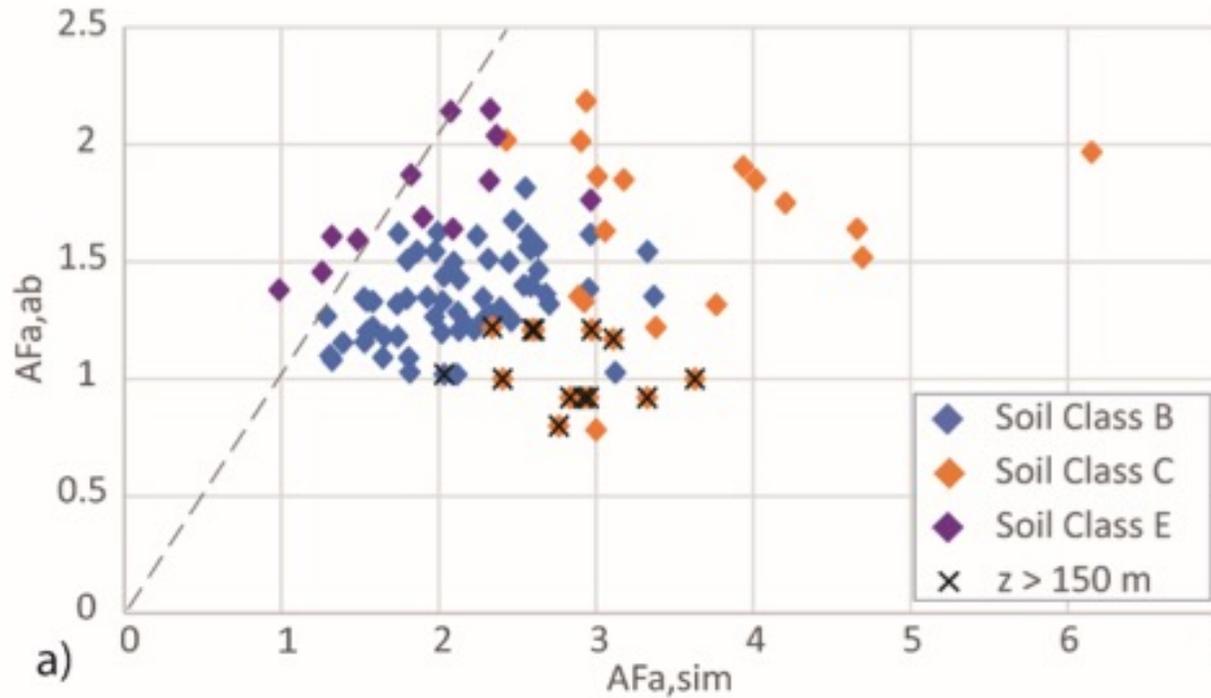


Figura 20: curve del modulo di taglio e dello smorzamento (ICMS08)

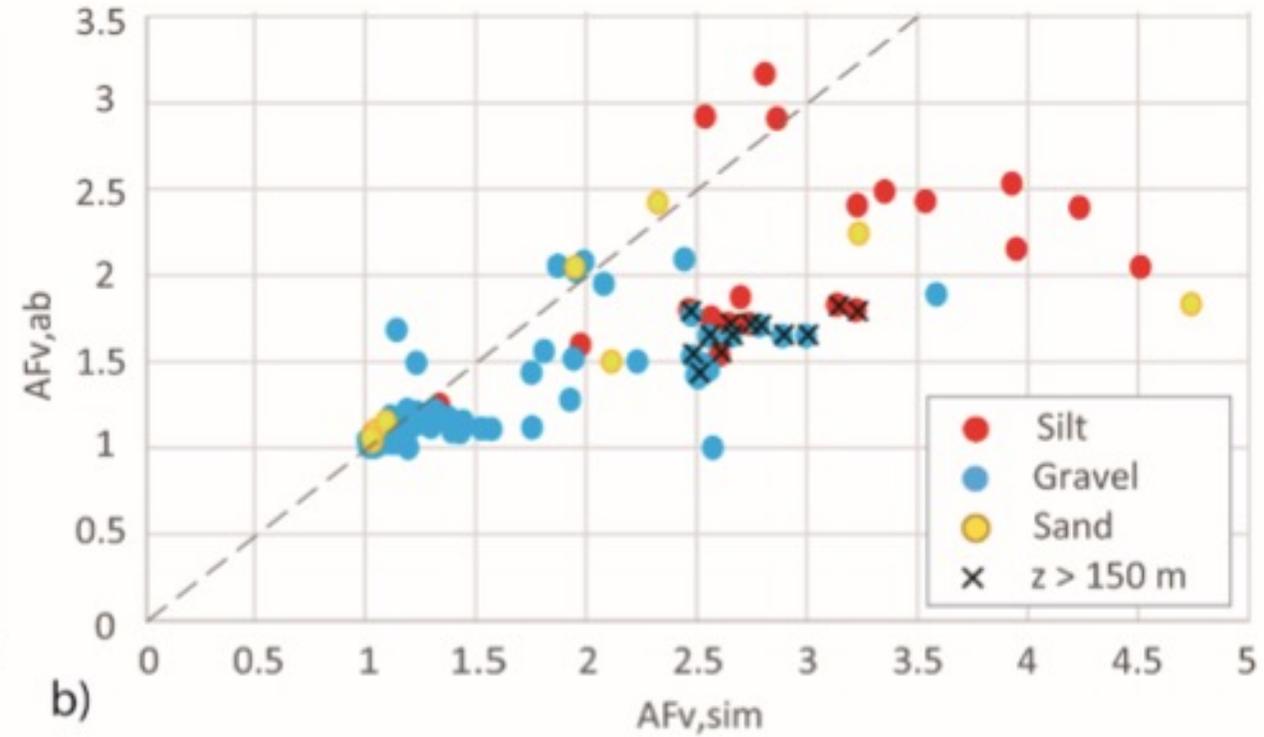
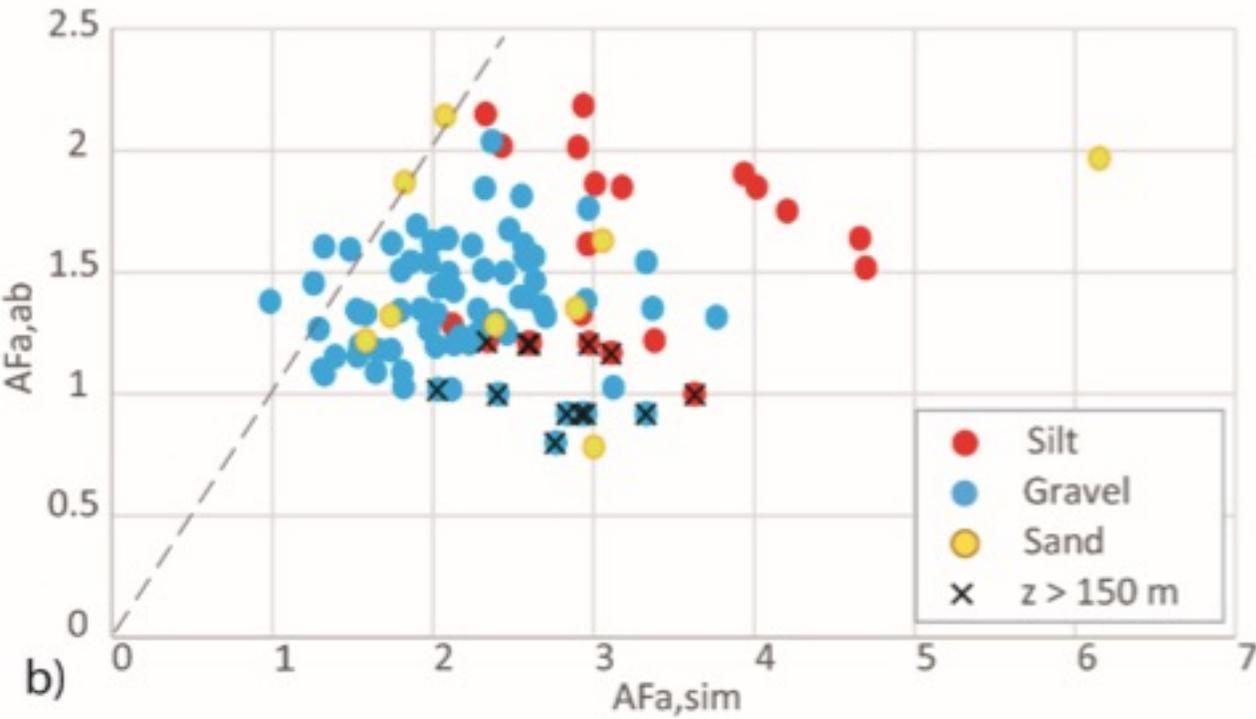
# Confronto abaco e modellazione

## 1. ANALISI IN BASE ALLA CATEGORIA DI SUOLO (NTC18)



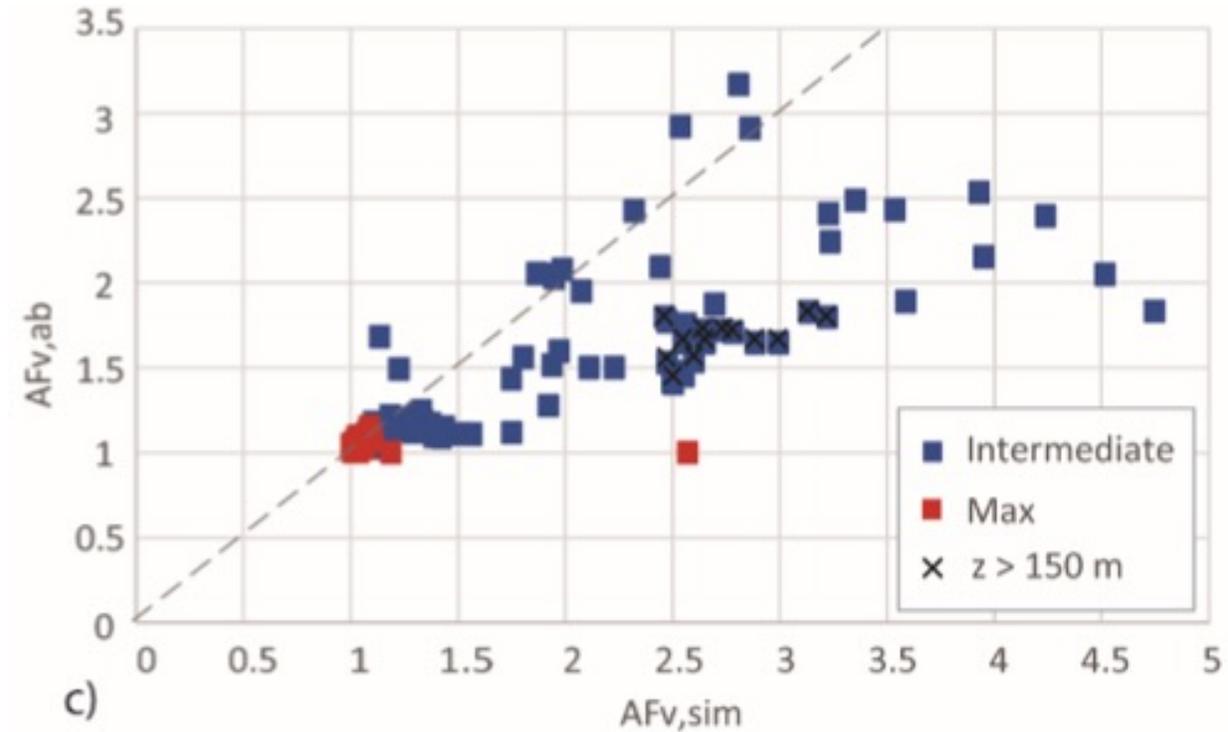
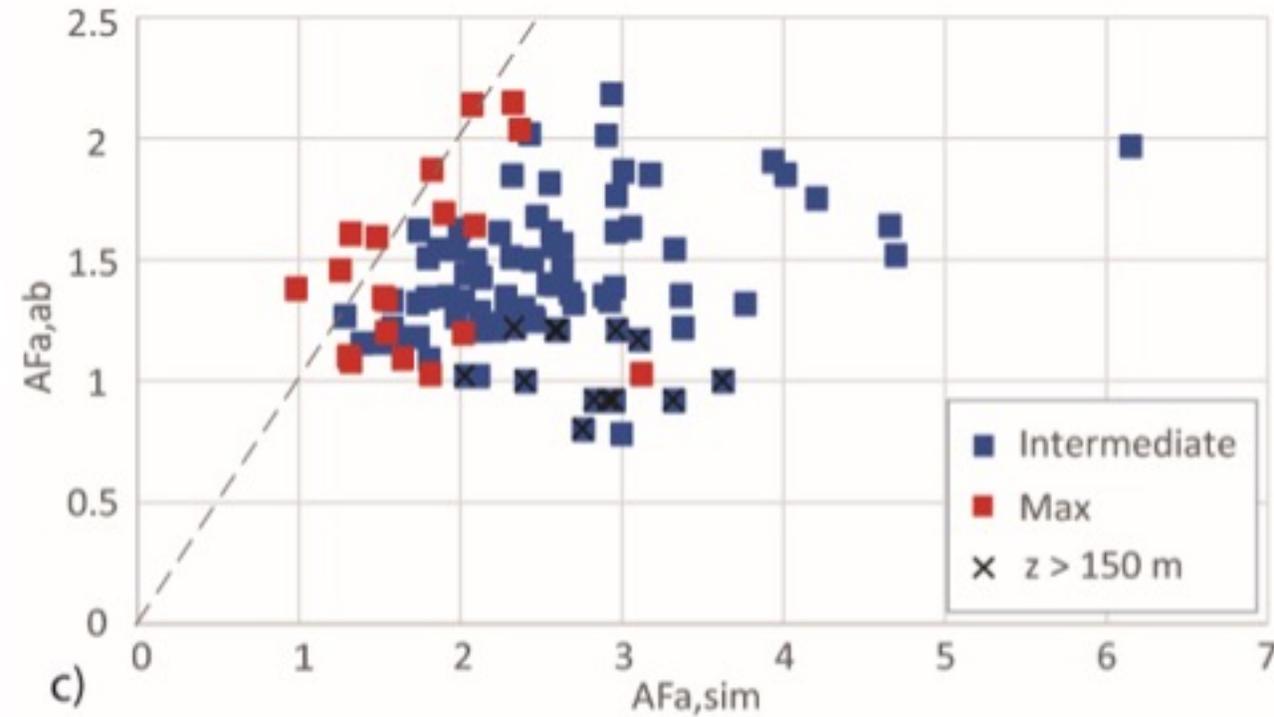
# Confronto abaco e modellazione

## 2. ANALISI IN BASE ALLA LITOLOGIA



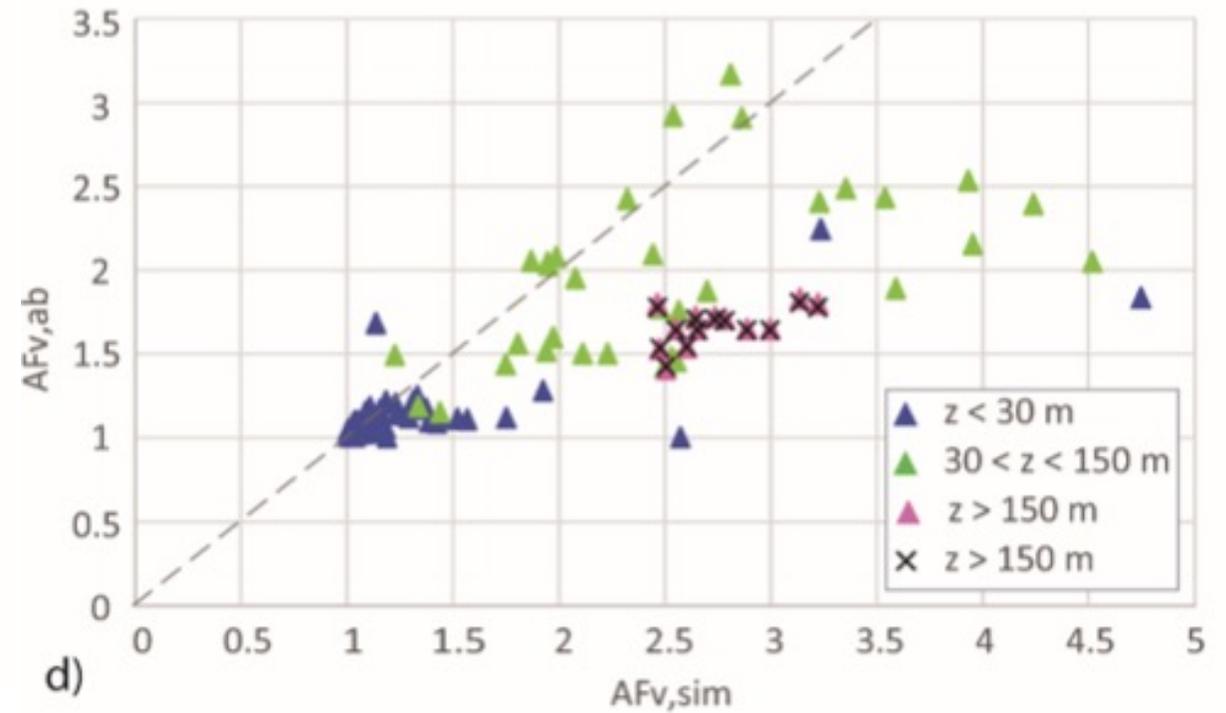
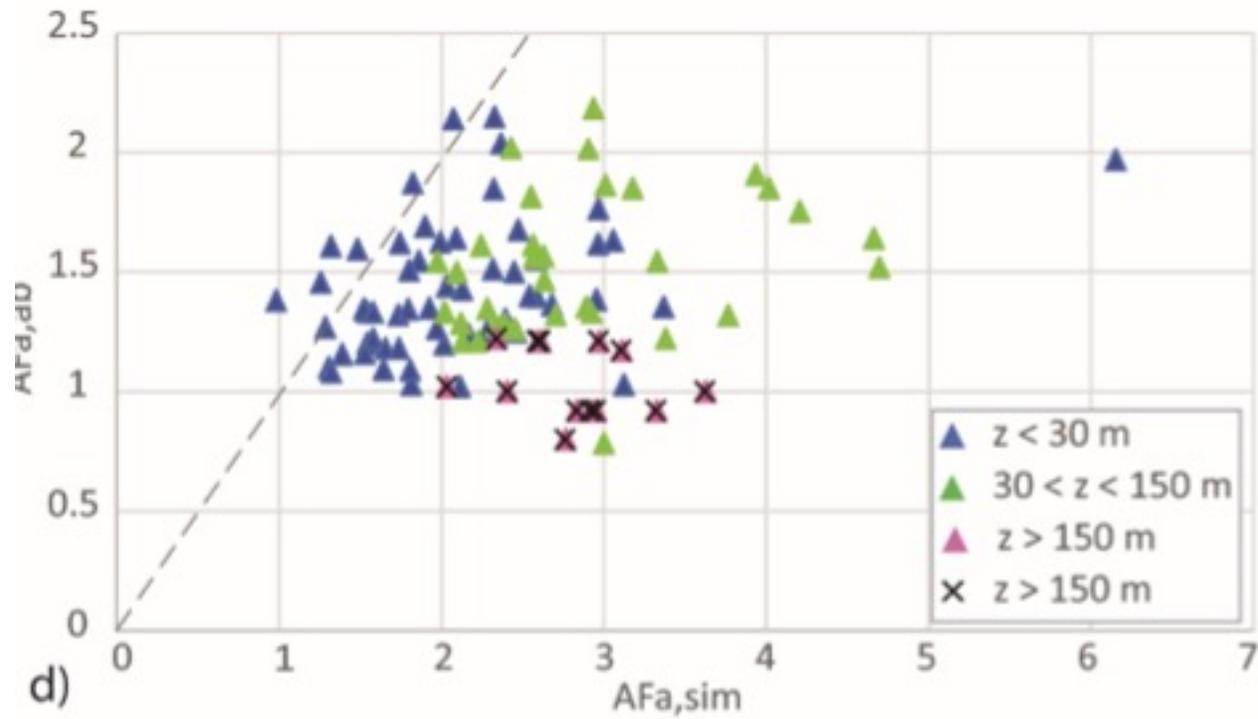
# Confronto abaco e modellazione

## 3. ANALISI IN BASE ALLA PENDENZA DELLA CURVA



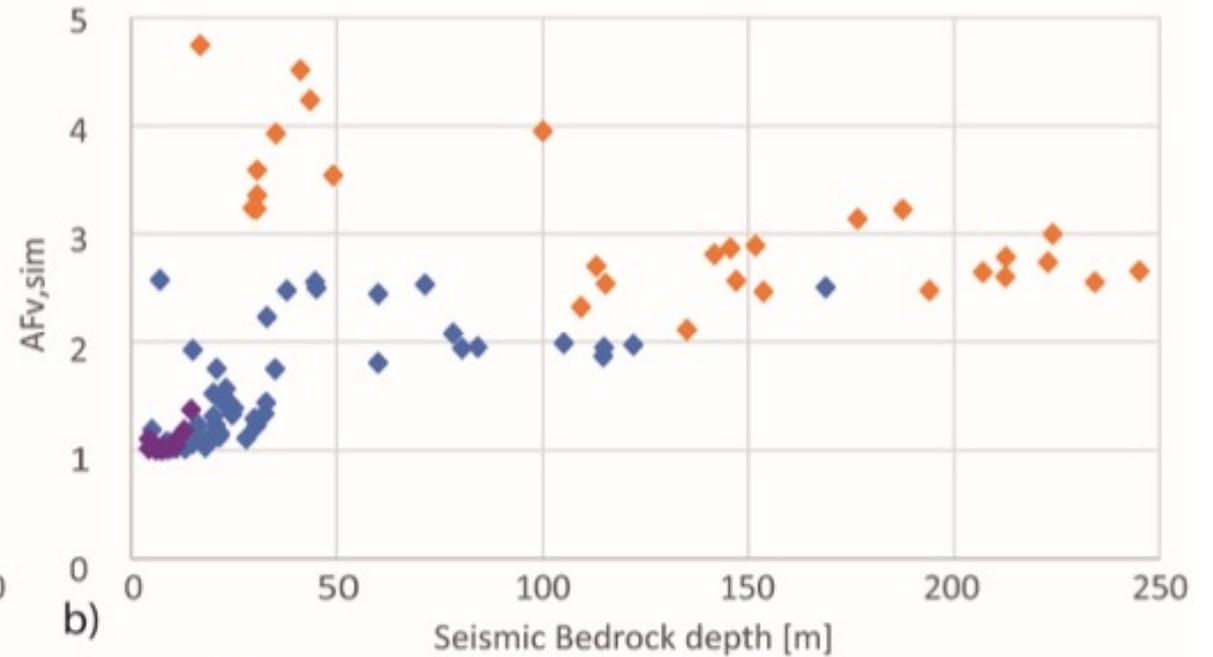
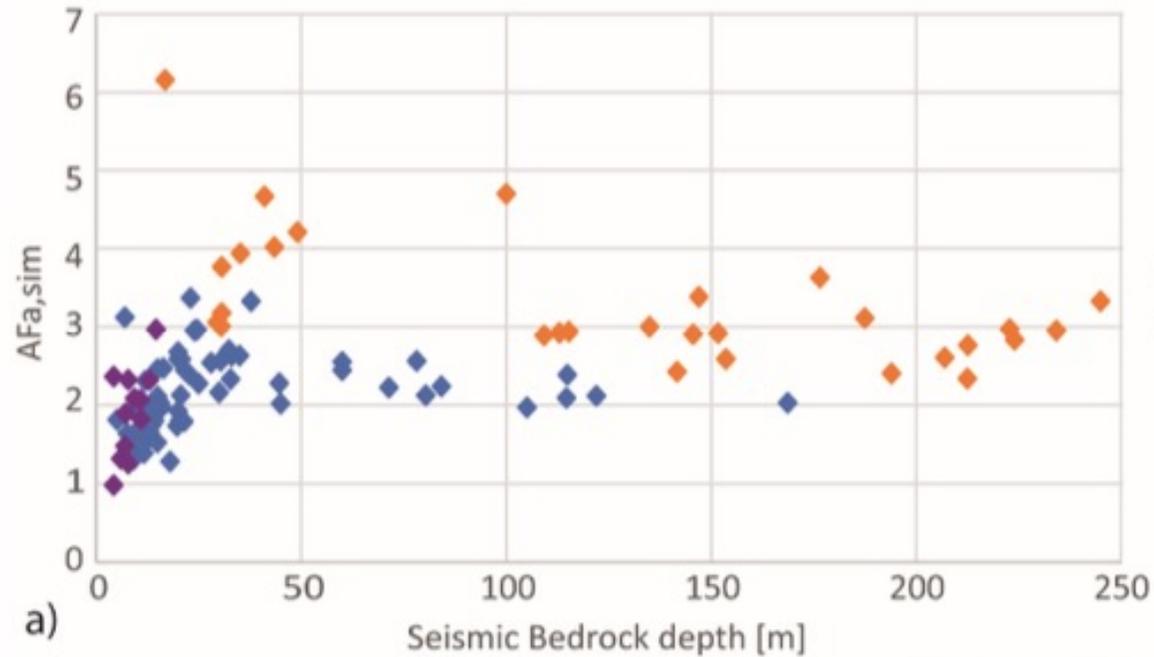
# Confronto abaco e modellazione

## 4. ANALISI IN BASE ALLA PROFONDITÀ DEL BEDROCK SISMICO



# Confronto abaco e modellazione

## 5. ANALISI COMBINATA TRA PROFONDITÀ DEL BEDROCK SISMICO, FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DA MODELLAZIONE E CATEGORIA DI SUOLO



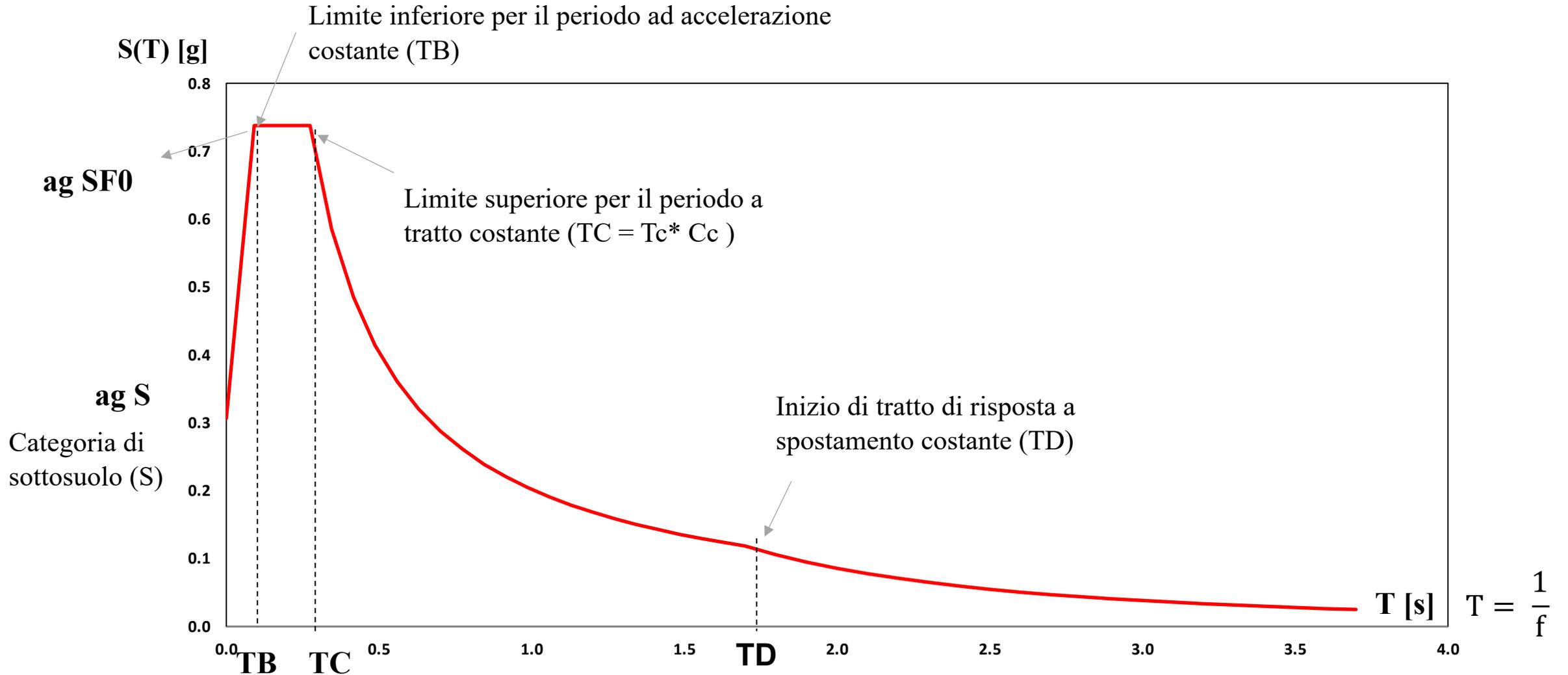
◆ Soil Class B    ◆ Soil Class C    ◆ Soil Class E

# Indice

---

- Microzonazione Sismica ed Effetti di sito
- Sismicità nel Friuli Venezia Giulia
- Raccolta dati
- Procedimento
- Spettri di risposta in accelerazione
  1. Calcolo spettri con approccio semplificato da normativa italiana (NTC 2018)
  2. Calcolo spettri con approccio semplificato da abaco
  3. Calcolo spettri tramite modellazione
- Risultati e conclusioni

# Spettro di risposta in accelerazione



# Normativa italiana – NTC 2018

- Approccio semplificato
- Coordinate ED50 del sito di indagine
  - $a_g$  accelerazione massima orizzontale al sito,
  - $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,
  - $T_c^*$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.
- Salvaguardia della Vita (SLV)

**FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO**

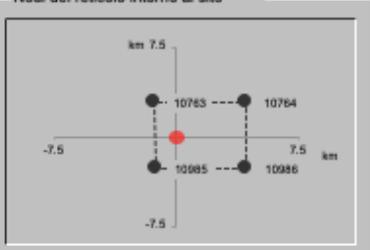
Ricerca per coordinate      LONGITUDINE: 13.2188      LATITUDINE: 45.8591

Ricerca per comune      REGIONE: Friuli-Venezia      PROVINCIA: Udine      COMUNE: Porpetto

Elaborazioni grafiche  
Grafici spettri di risposta  
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche  
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione connessa

Interpolazione  
superficie r

„La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Figura 21: screen del calcolo dei parametri da NTC2018

# Normativa italiana – NTC 2018

- Categoria di sottosuolo (NTC2018)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}}$$

$H > 30 \text{ m} \rightarrow V_{s30}$

$H < 30 \text{ m} \rightarrow V_{sh}$

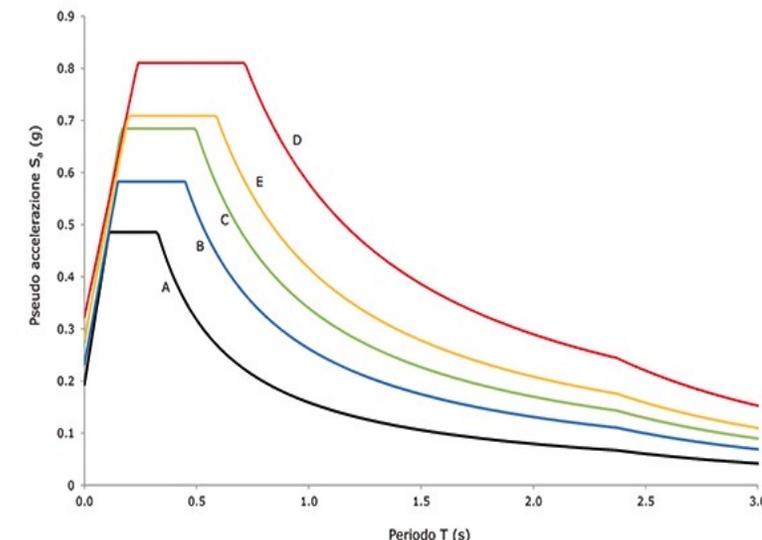


Figura 22: spettri diversi in base alle categorie di sottosuolo

# INDAGINI DA MS1

## Profilo Vs

- Profondità bedrock sismico
- Vsh/Vs30
- Litologia
- Pendenza curva di vs

+  
 $a_g$



Calcolo FA e FV con Abaco

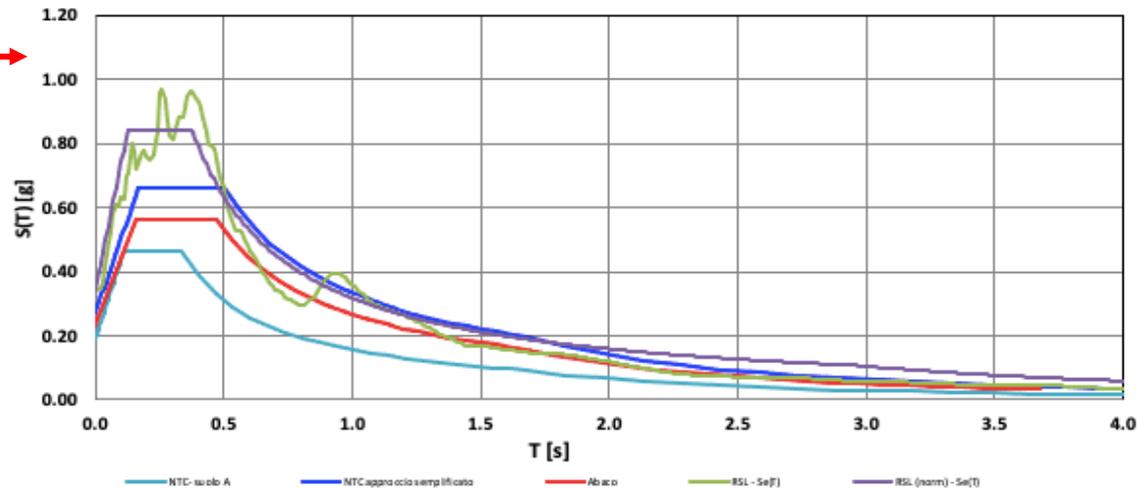
Spettro da abaco



Profilo Vs  
+  
7 accelerogrammi  
+  
Grafici di  $G/G_{max}$  e  $D_i(\gamma)$



Risposta sismica locale – spettro



Tramite coordinata della prova

$a_g$   
F0  
Tc\*

+

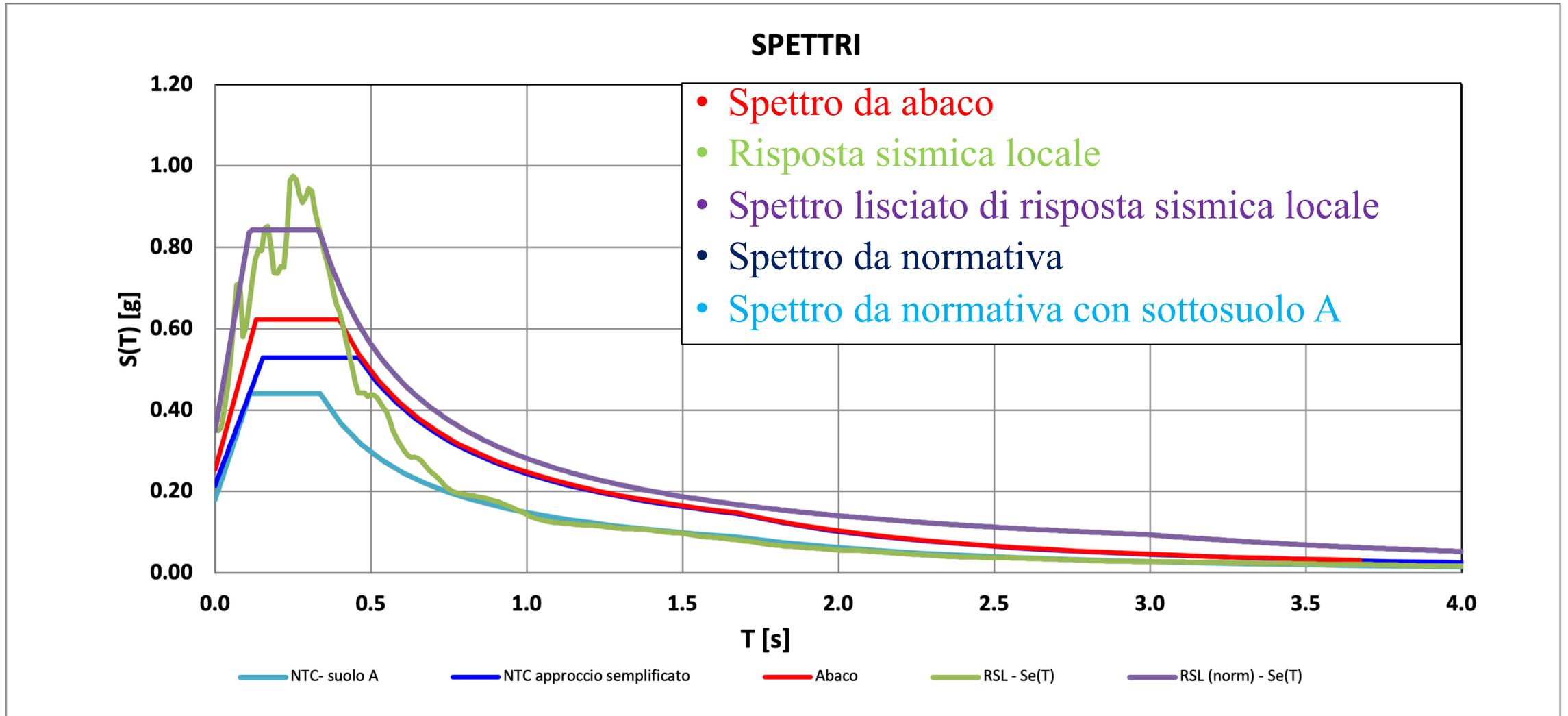
Categoria di suolo



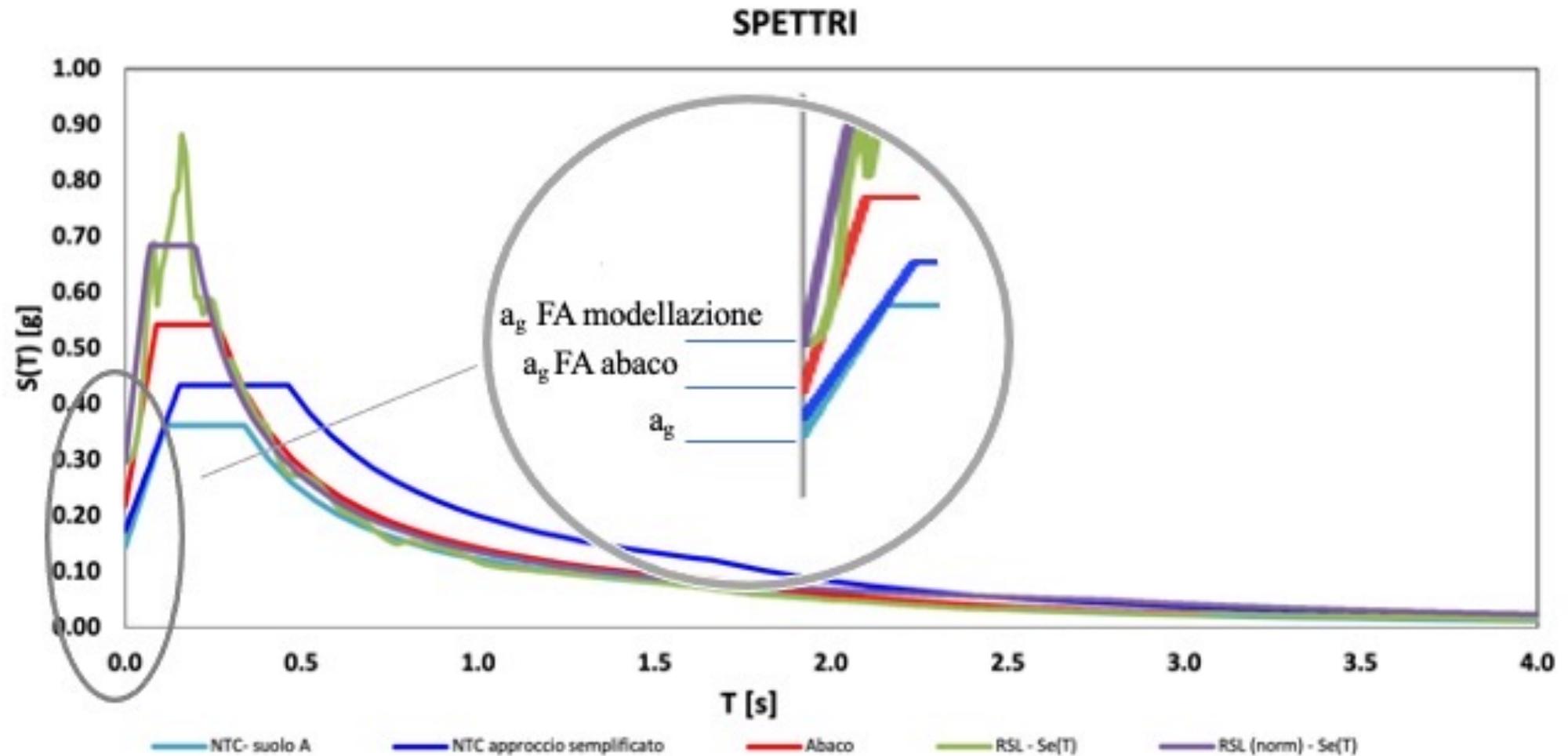
Spettro da NTC18



# Risultati - spettri

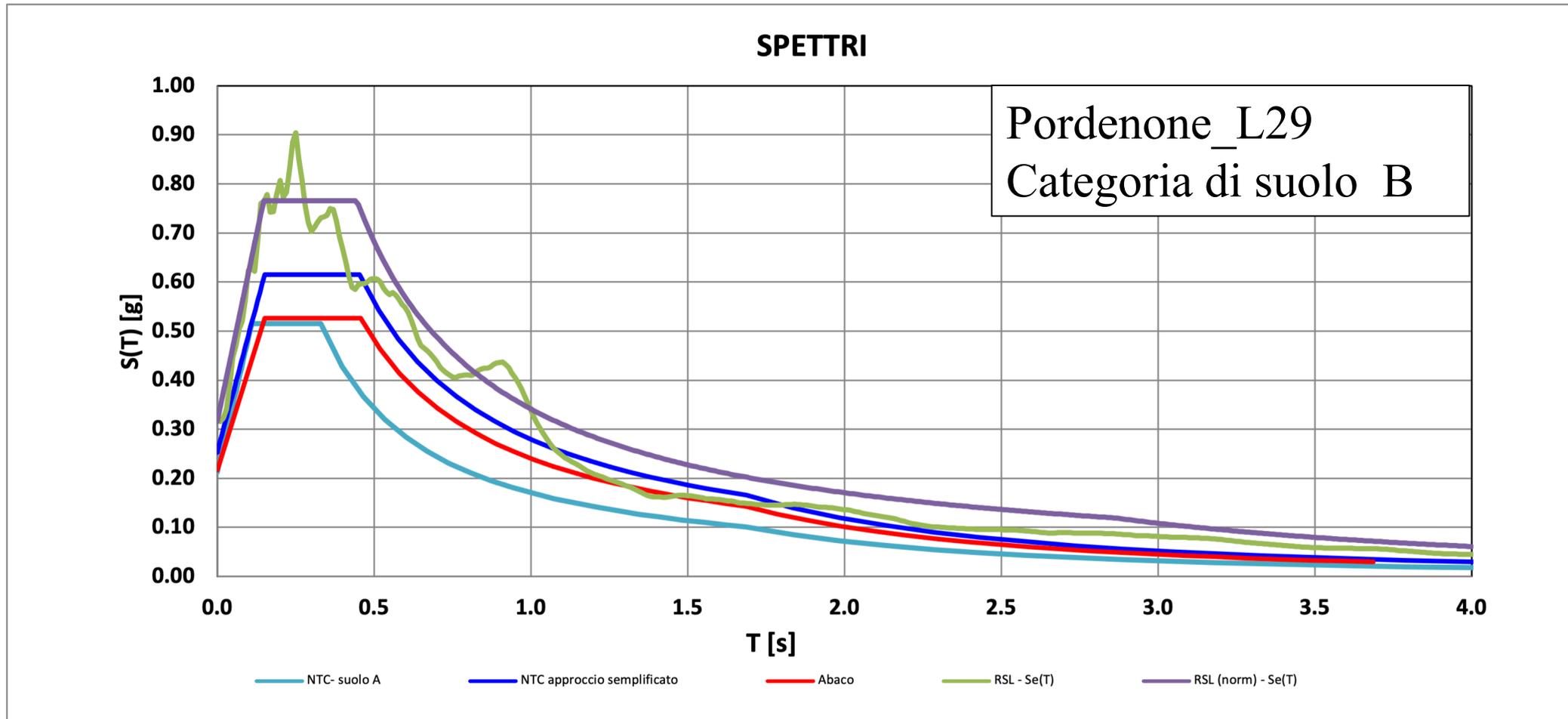


# Risultati - spettri



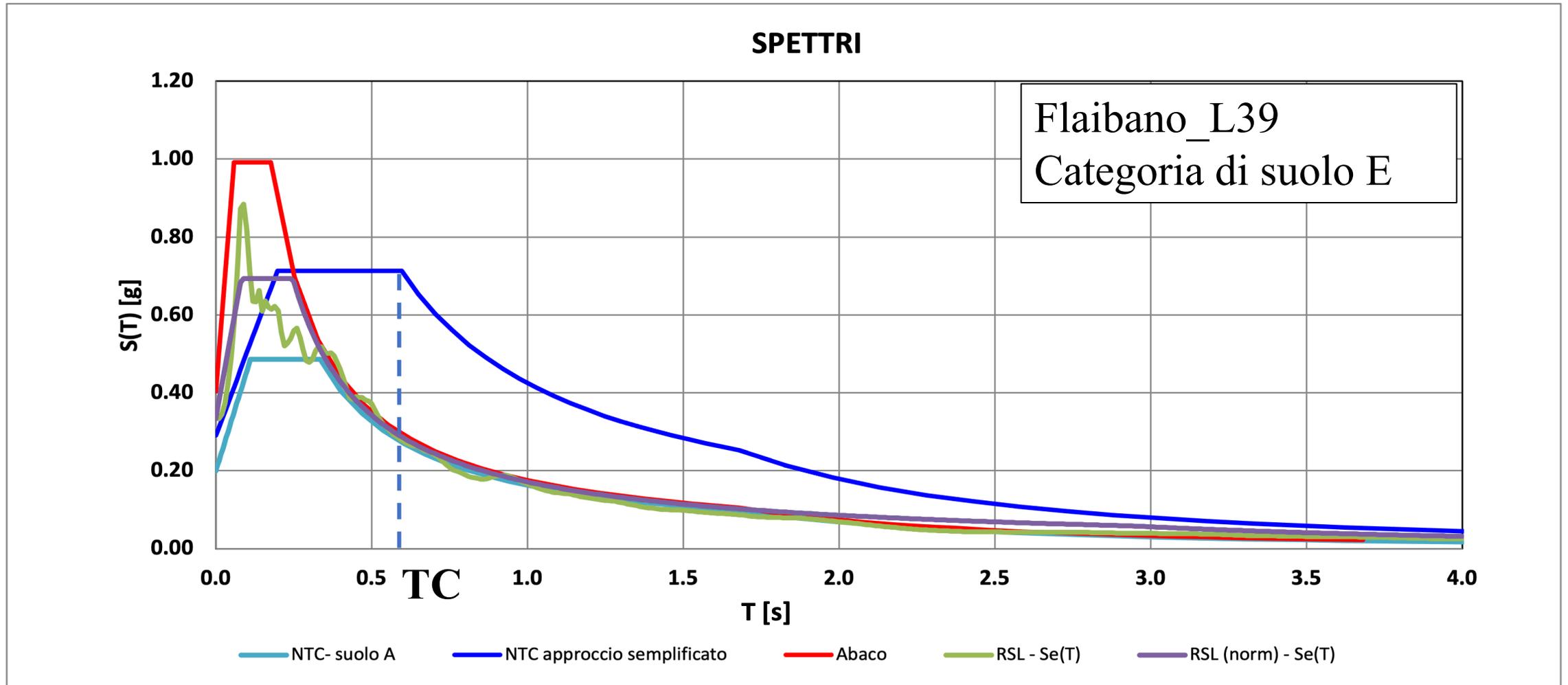
# Risultati- spettri

In generale lo spettro di risposta sismica locale ricavato tramite modellazione numerica è superiore rispetto agli altri spettri, in 95 indagini su 103 analizzate.



# Risultati - spettri

Lo spettro ricavato dagli abachi è superiore in 8 indagini su 103



# Conclusioni

---

*Il fattori di amplificazione sismica ricavati dagli abachi sono rappresentativi dei reali fattori di amplificazione del sito?*

Sottostima degli effetti locali del terreno da parte degli abachi



Tale sottostima è particolarmente marcata quando il bedrock è profondo ( $>30$  m). Questo è dovuto al fatto che i valori dei fattori di amplificazione prodotti da modellazione tengono conto degli effetti di sito, mentre quelli derivanti dagli abachi no.

# Conclusioni

---

*Quale spettro di risposta è rappresentativo dell'effettivo scuotimento del terreno?*

Spettri che derivano da approccio semplificati sottostimano la risposta sismica del sito



Approccio semplificato tramite abachi non è applicabile in Friuli Venezia Giulia

Studi successivi di MS di terzo livello.

Grazie per l'attenzione

