



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DICEA
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA CIVILE
E AMBIENTALE

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI FIRENZE
Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale
Sezione geotecnica

CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO FINALIZZATA A STUDI DI RSL E MS

Johann Facciorusso

✉ johannf@dicea.unifi.it

🌐 <http://www.dicea.unifi.it/~johannf/>



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

- UNESCO Chair on the Prevention and Sustainable Management of Geo-Hydrological Hazards,
- University of Florence, Italy

GIORNATA DI STUDIO su “Strumenti innovativi di indagine e di monitoraggio per l’analisi e la modellazione dei fenomeni geologici e la progettazione geotecnica”

Firenze, 19 giugno 2017

DEFINIZIONI

Microzonazione Sismica = operazione di suddivisione di una data area in zone aventi diversa risposta ad un terremoto assunto come riferimento.

Aree stabili

- amplificazione stratigrafica
- amplificazione topografica
- effetti di valle

EFFETTI DI SITO



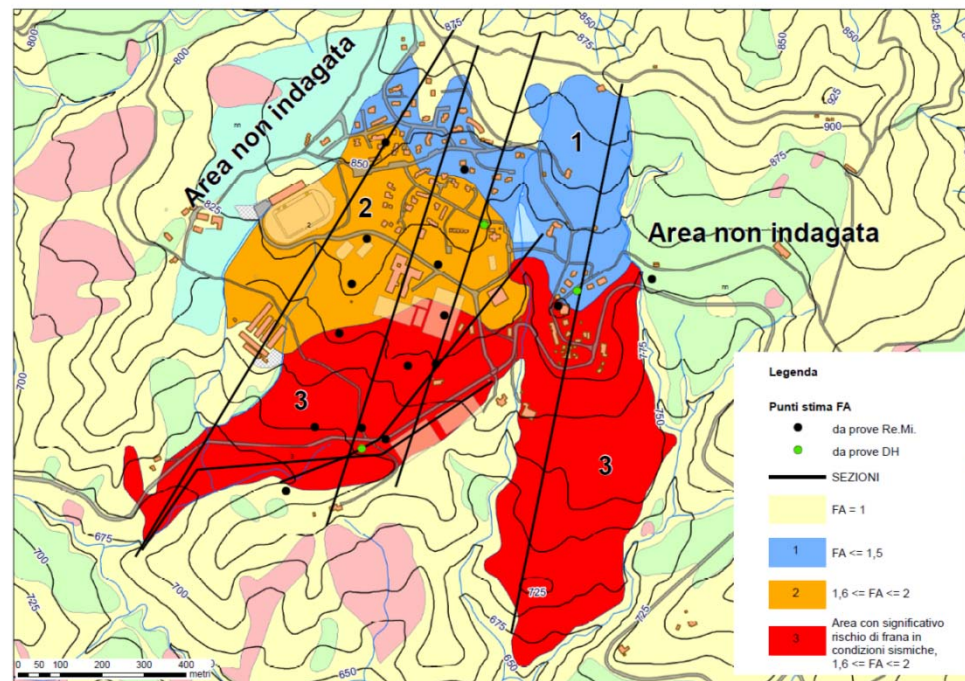
Aree instabili

- rotture del terreno
- crolli di ammassi rocciosi
- subsidenza (cavità)
- movimenti franosi
- fenomeni di liquefazione di terreni saturi
- cedimenti dovuti alla densificazione di terreni granulari sopra falda e dei terreni coesivi molli
- presenza di faglie attive

FINALITÀ DI UNO STUDIO DI MS

La finalità di uno studio di MS è pervenire alla stesura di una carta (scala 1:10000 o maggiore) con:

- perimetrazione delle **aree potenzialmente instabili**
- Identificazione dei confini delle zone con possibili **effetti di sito**
- quantificazione dei livelli di pericolosità con opportuni indicatori



USI DELLA CARTA DI MS

È uno **strumento conoscitivo** fondamentale per la prevenzione e riduzione del rischio sismico, utile soprattutto ai fini della:

- pianificazione territoriale e urbanistica
- progettazione sismica
- pianificazione dell'emergenza
- ricostruzione post-sisma



LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

A causa della complessità di uno studio di MS, dei costi delle indagini e dei diversi obiettivi, sono previsti tre livelli di approfondimento:

Complessità crescente

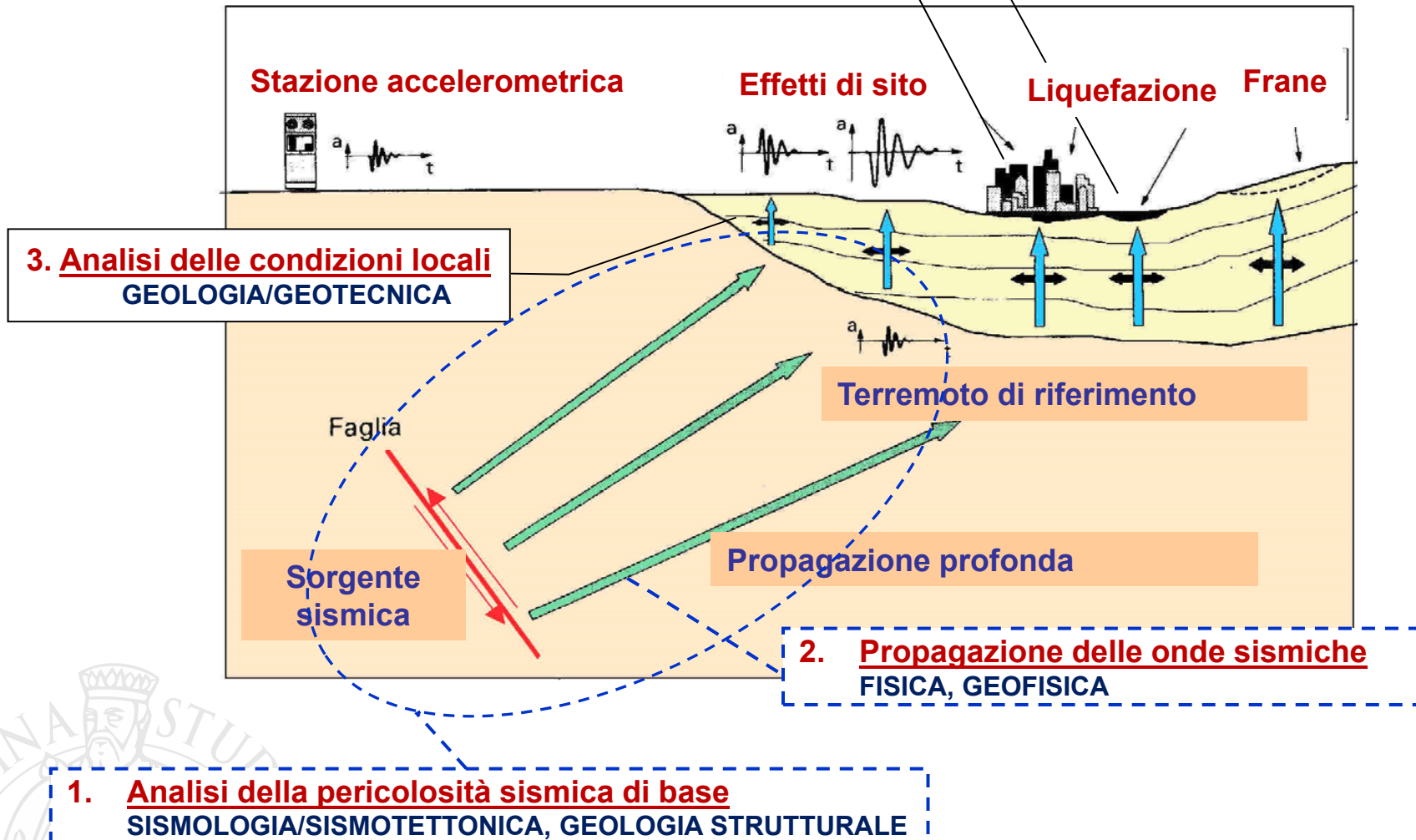
- **livello 1 (L1)**: propedeutico ai veri e propri studi di MS; si basa sulla raccolta di dati preesistenti e su rilevazioni geologiche in prospettiva sismica;
- **livello 2 (L2)**: associa alle zone omogenee dei **parametri quantitativi** di interesse ingegneristico utilizzando allo scopo mirate indagini (geofisiche, geologiche e geotecniche) e metodologie di analisi “semplificate” e definisce la *carta di microzonazione sismica*;
- **livello 3 (L3)**: restituisce una **carta di microzonazione sismica con approfondimenti** su tematiche o aree particolari sulla base indagini e di analisi geotecniche molto approfondite

COMPETENZE IN UNO STUDIO DI MS

5. Analisi del rischio

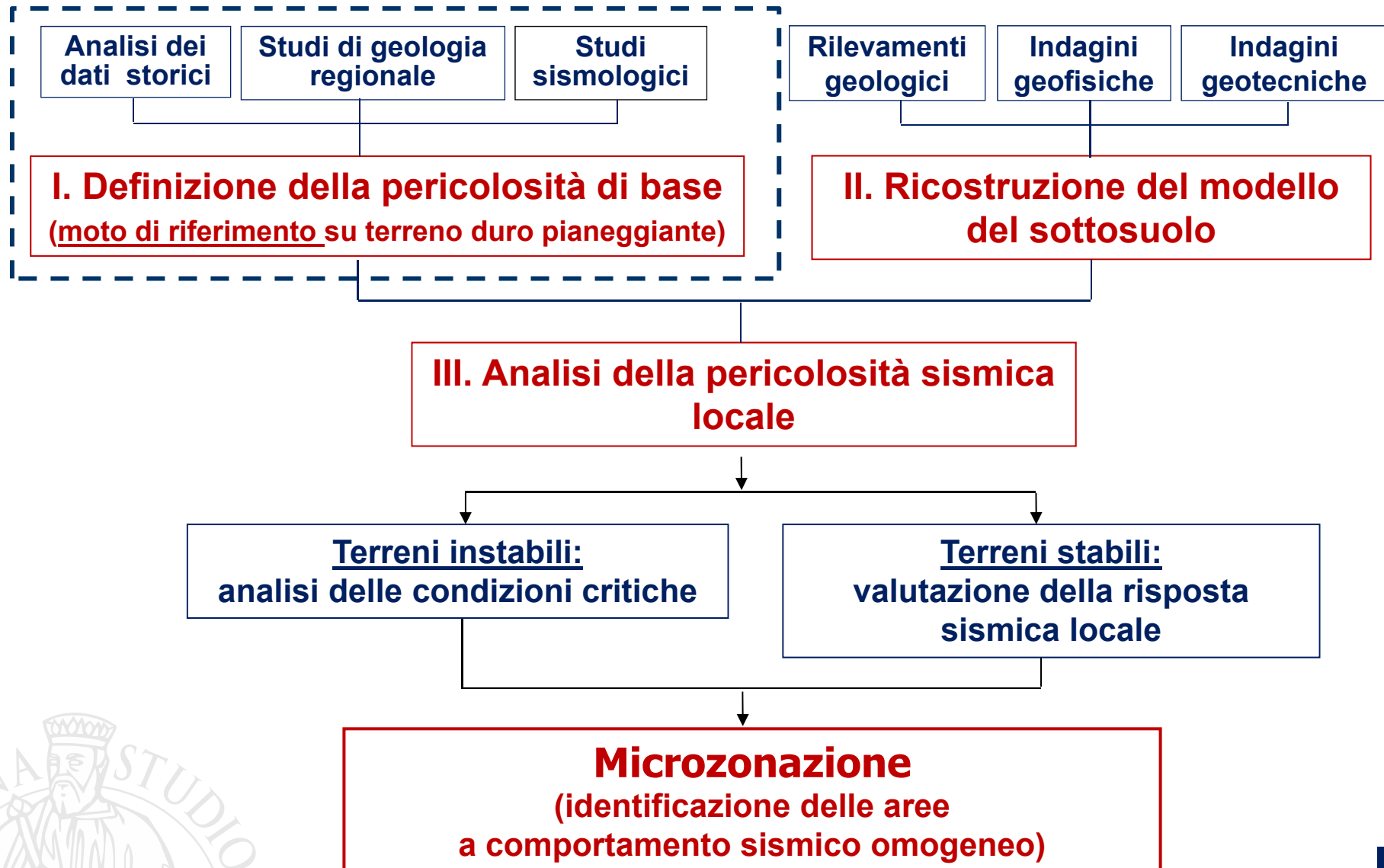
INGEGNERIA STRUTTURALE/ARCHITETTURA/ URBANISTICA

4. Analisi dei fenomeni di instabilità GEOFISICA/GEOLOGIA/GEOTECNICA



FASI DI UNO STUDIO DI MS

ZS



2. RICOSTRUZIONE DEL MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Per la ricostruzione del modello del sottosuolo sono richieste competenze nell'ambito di diverse discipline mirate a ottenere le seguenti informazioni:

Geologia



1. morfologia (superficiale e sepolta)
2. unità litologiche e stratigrafiche, spessore delle coperture
3. livelli di falda

Geofisica



1. delimitazione delle zone a differente risposta mediante analisi strumentali
2. misura della velocità delle onde sismiche mediante metodi di superficie (rifrazione, SASW, ecc.)

Geotecnica



1. pre-identificazione dei terreni sismicamente stabili e instabili con metodi approssimati
2. caratterizzazione dei terreni in condizioni di sollecitazione statiche e dinamiche (misura di V_s)
3. studio di correlazioni empiriche tra parametri statici e dinamici (es. $V_s = f(q_c)$)



Indagini per la caratterizzazione del sottosuolo

1. Indagini geotecniche **in sito** di **tipo corrente** (sondaggi , SPT, CPT, DMT, ecc.)
2. Indagini geofisiche **in sito** per la **misura dei parametri dinamici** (CH, DH, SASW, cono sismico, dilatometro sismico, ecc., P-S velocity suspension logging, ecc.)
3. Prove di **laboratorio di tipo corrente** (prove di classificazione, edometriche, ELL, triassiali convenzionali, taglio diretto, ecc.)
4. Prove **dinamiche di laboratorio** adeguate allo scenario sismico atteso (prove di colonna risonante, taglio torsionale ciclico, triassiali cicliche, taglio semplice ciclico, ecc.)

E' da sottolineare che il peso delle indagini geotecniche è:

- inversamente proporzionale all'estensione dell'area di indagine
- direttamente proporzionale:

- al livello di approfondimento

- alla complessità delle procedure di valutazione della pericolosità locale

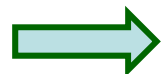
3. ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

- Le analisi devono essere condotte separatamente per ogni problema individuato e in particolare:
 - Terreni instabili: analisi delle condizioni critiche per
 - instabilità dei pendii
 - liquefazione
 - densificazione
 - subsidenza
 - presenza di cavità, ecc.
 - Terreni stabili: valutazione degli effetti di sito
- E' da osservare che:
 - le metodologie di valutazione della pericolosità sismica locale variano al variare della scala e del livello di approfondimento
 - le carte di microzonazione corrispondenti ai diversi livelli hanno perciò differenti livelli di affidabilità e devono essere usate per raggiungere obiettivi specifici

Parametri per le analisi di pericolosità sismica locale

Per analizzare gli effetti di sito nelle aree stabili e le condizioni critiche in quelle instabili occorre una conoscenza più o meno approfondita (in relazione al livello di approfondimento e agli obiettivi della MS) delle caratteristiche geometriche, fisiche e meccaniche del deposito e del bedrock sottostante, ed in particolare:

- **stratigrafia** (alternanza e spessore delle unità litologiche profondità del bedrock e, nel caso 2D, geometria superficiale e sepolta degli strati)



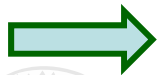
SONDAGGI GEOTECNICI, INDAGINI GEOFISICHE

- **proprietà fisiche** (densità ρ o peso di volume, γ , profondità del livello di falda z_w , per le analisi disaccoppiate in tensioni efficaci)



PROVE DI CLASSIFICAZIONE, PIEZOMETRI

- **proprietà meccaniche in campo 'statico' o a piccole deformazioni** (rigidezza e smorzamento iniziali, G_0 o V_s e D_0 , coefficiente di Poisson ν)

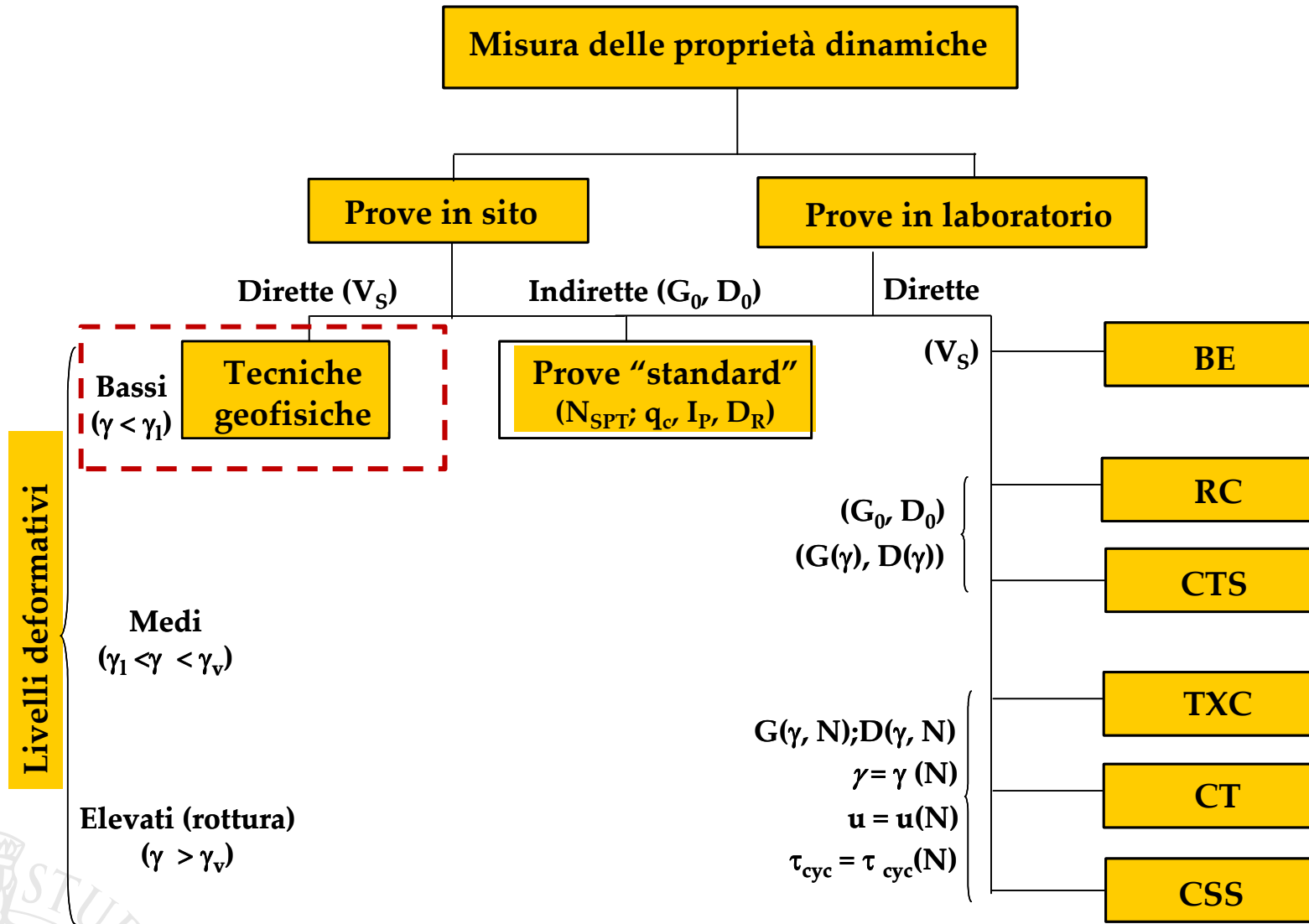


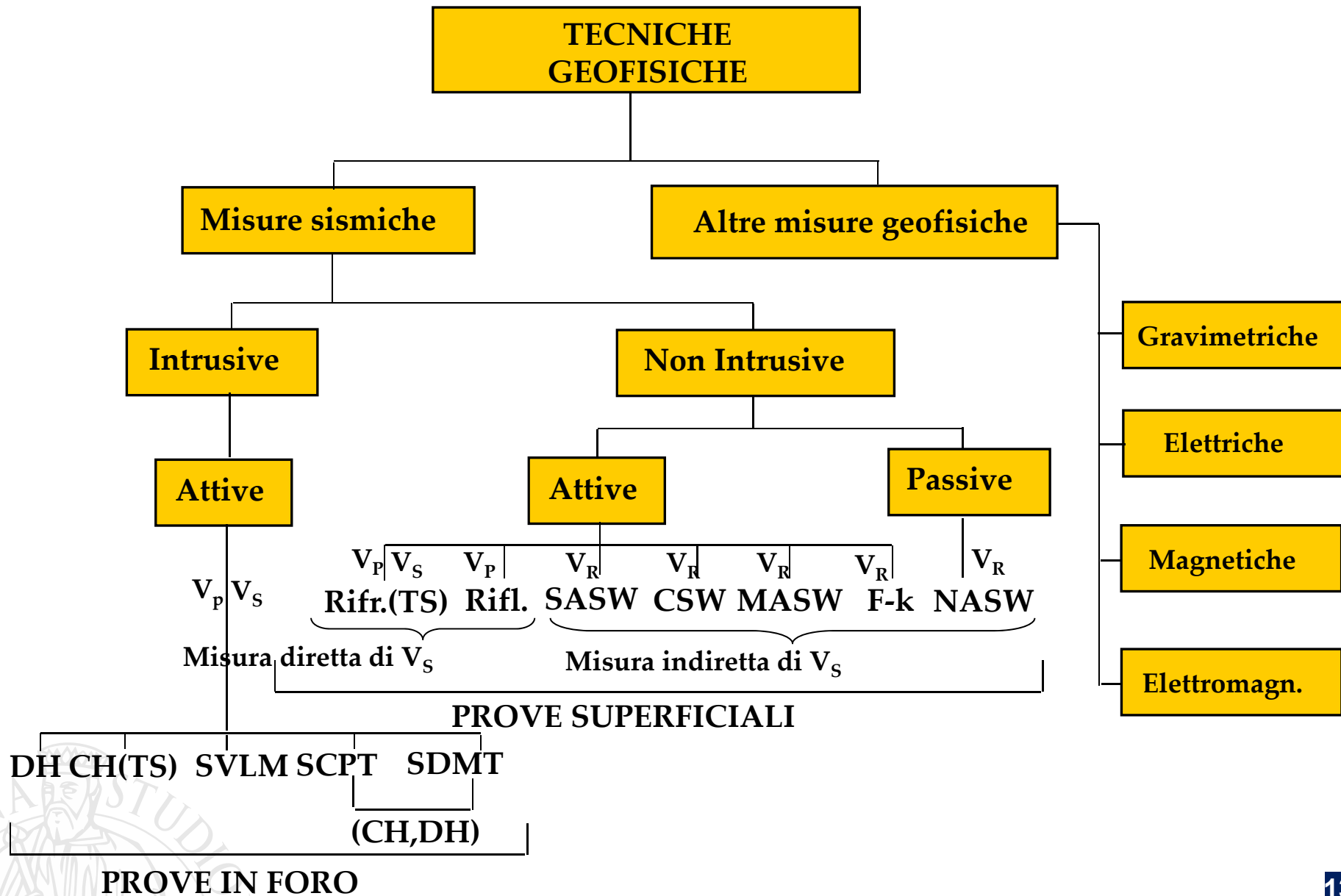
MISURA IN SITO DI V_s , PROVE MECCANICHE DI LABORATORIO IN CAMPO STATICO

- **proprietà meccaniche in campo 'dinamico'** (legge di variazione di G , D con γ)



PROVE MECCANICHE DI LABORATORIO IN CAMPO DINAMICO







	MISURE SISMICHE IN FORO				MISURE SISMICHE DI SUPERFICIE		
	CH	DH	SCPT/SDMT*	SVLM	RIFR./RIFL.	SASW, MASW, CSW, f-k	NASW
Onde investigate	P, S _{HV} , S _{HH}	P, S _{VH}	P, S _{VH}	P, S _{VH}	P, S	R	
Numero di fori necessari	≥ 2	1	Nessuno	1	Nessuno	Nessuno	
Ingombro	Modesto	Minimo	Minimo	Minimo	Notevole	Notevole (massimo con le f-k)	Notevole
Misure inclinometriche	Sì	No	No	No	No		
Disturbo del terreno	Medio	Medio	Minimo	Medio	Nullo	Nullo	
Tipo di terreno	Terreni non ghiaiosi	Terreni non ghiaiosi	Terreni a grana fine	Tutti	Tutti	Tutti (tranne depositi fortemente sovraconsolidati)	
Capacità di risoluzione nella definizione del profilo di rigidezza	Alta	Medio-Alta**	Alta	Alta***	Medio-bassa ⁺	Media ⁺⁺	
Volume campionato (con un singolo impulso)	Costante	Variabile	Variabile	Costante	Variabile	Variabile	
Massima profondità investigabile	Illimitata	50-70 m	50-70 m	Illimitata	30 m (maggiore per la riflessione)	30-50 m	30 m
Attenuazione delle vibrazioni con la profondità	No	Sì	Sì	No	Sì	Sì (maggiore nel caso NASW)	
Rifrazione e/o riflessione delle onde dirette	Poco probabile	Probabile	Probabile	Poco probabile	Certa	Certa	
Sensibilità a disturbi ambientali	Medio-bassa (maggiore in superficie)				Alta	Alta	-
Applicabilità in ambienti urbani	Buona	Buona	Ottima	Buona	Scarsa	Media (scarsa per la f-k)	Media
Difficoltà di esecuzione	Media	Media	Bassa	Media	Molto Bassa	Bassa	Molto bassa
Difficoltà di interpretazione	Bassa	Media	Media	Bassa	Alta	Alta	Alta
Costo di esecuzione	Molto alto	Alto	Medio	Medio	Molto basso	Basso	Molto basso

* Le prove SCPT e SDMT si intendono eseguite nella modalità più diffusa, DH

** Non rileva livelli molto sottili (spessore in genere inferiore ad 1 m)

*** Non rileva gli strati superficiali (fino ad una profondità di circa 10 m)

+ Specie per terreni molto stratificati o con discontinuità o con uno strato molto rigido superficiale

++ Rilevano sia variazioni graduali di rigidezza che inversioni



Prova	Vantaggi	Svantaggi	Grado di applicabilità		
			Liquefazione ⁺	Effetti di sito [#]	Stabilità dei pendii ⁺
DH	<ul style="list-style-type: none"> - disponibilità di un sondaggio stratigrafico; - determinazione diretta del profilo di rigidezza; - esiste standard internazionale - disponibilità di molte registrazioni 	<ul style="list-style-type: none"> - costo elevato; - profondità di esplorazione limitata; - difficoltà di rilevazione onde dirette - difficile campionamento di strati sottili 	B	A (III livello); C/D (I e II livello)	C
CH	<ul style="list-style-type: none"> - (come prova DH) - profondità di esplorazione illimitata; - maggiore facilità di interpretazione dei segnali - funziona bene per stratigrafie fitte e complesse 	<ul style="list-style-type: none"> - costo molto elevato; - necessita di misura inclinometriche - elevato impatto ambientale 	A	A (III livello); C/D (I e II livello)	C
SCPT/SDMT*	<ul style="list-style-type: none"> - (come prova DH) - costo basso - disponibilità di molte altre misure in campo statico - disturbo nel terreno ridotto 	<ul style="list-style-type: none"> - profondità di esplorazione limitata; - difficoltà di rilevazione onde dirette - difficile campionamento di strati sottili - scarsa applicabilità nei terreni a grana grossa (ghiaie o sabbie molto addensate) 	A	A (III livello); B/C (I e II livello)	C
SVLM	<ul style="list-style-type: none"> - disponibilità di un sondaggio stratigrafico; - determinazione diretta del profilo di rigidezza; - disponibilità di molte registrazioni - profondità di esplorazione illimitata; - maggiore facilità di interpretazione dei segnali - funziona bene per stratigrafie fitte e complesse - il foro non necessita di rivestimento 	<ul style="list-style-type: none"> - non esiste standard internazionale - non consente di caratterizzare gli strati superficiali - scarsa diffusione, specie in Europa 	A	A (III livello); C (I e II livello)	C
RIFR./RIFL.	<ul style="list-style-type: none"> - scarso impatto ambientale - basso costo - facilità di esecuzione - esiste standard internazionale 	<ul style="list-style-type: none"> - scarsa applicabilità in contesti urbani - profondità di esplorazione limitata - non funzionano bene nel caso di geometrie complesse - forniscono valori della velocità mediati su ampi volumi di terreno 	D	D (III livello); A/B (I e II livello)	A/B
SWM	<ul style="list-style-type: none"> - (come prova di sismica rifr./rifl.) - rilevano strati nascosti o inversioni di velocità - si applicano bene anche su pavimentazioni - possono arrivare anche a profondità di 30-50 m 	<ul style="list-style-type: none"> - forniscono il profilo di rigidezza solo in modo indiretto - la affidabilità decresce con la profondità di esplorazione - molto sensibili ai disturbi ambientali - non si possono applicare nel caso di geometrie bidimensionali - procedure di interpretazione molto complesse e non sempre controllabili - non esiste standard internazionale 	A/B	B/C (III livello); B/C (I e II livello)	E

* **A = alto; B = buono; C = moderato; D = basso; E = non applicabile**

I livelli di microzonazione indicati si riferiscono alla classificazione fornita dal Manuale per la zonazione dei rischi geotecnici in zona sismica (TC4, 1999).

+ L'applicabilità è riferita in questi casi sempre ad una zonazione di III livello.



Casi di studio

- “Valutazione degli effetti di sito nella macroarea 4: il caso di Poggio Picenze”



post-sisma, scelta del fattore di amplificazione

- “Valutazione degli effetti di sito nel Comune di Barberino”



pre-sisma, 1D vs 2D





Progetto di Microzonazione sismica della conca aquilana **Valutazione degli effetti di sito nella macroarea 4: il caso di Poggio Picenze**

Gdl per la microzonazione sismica della macroarea 4

RER-SGSS: rilievi geologici \Rightarrow modello geologico e livello 1;

UniBas-DiSGG, CNR-IMAA, GFZ Postdam: monitoraggi strumentali;

INGV, MI-PV: monitoraggi strumentali;

CNR-IMAA: indagini geoelettriche;

GEO s.a.s.: sondaggi;

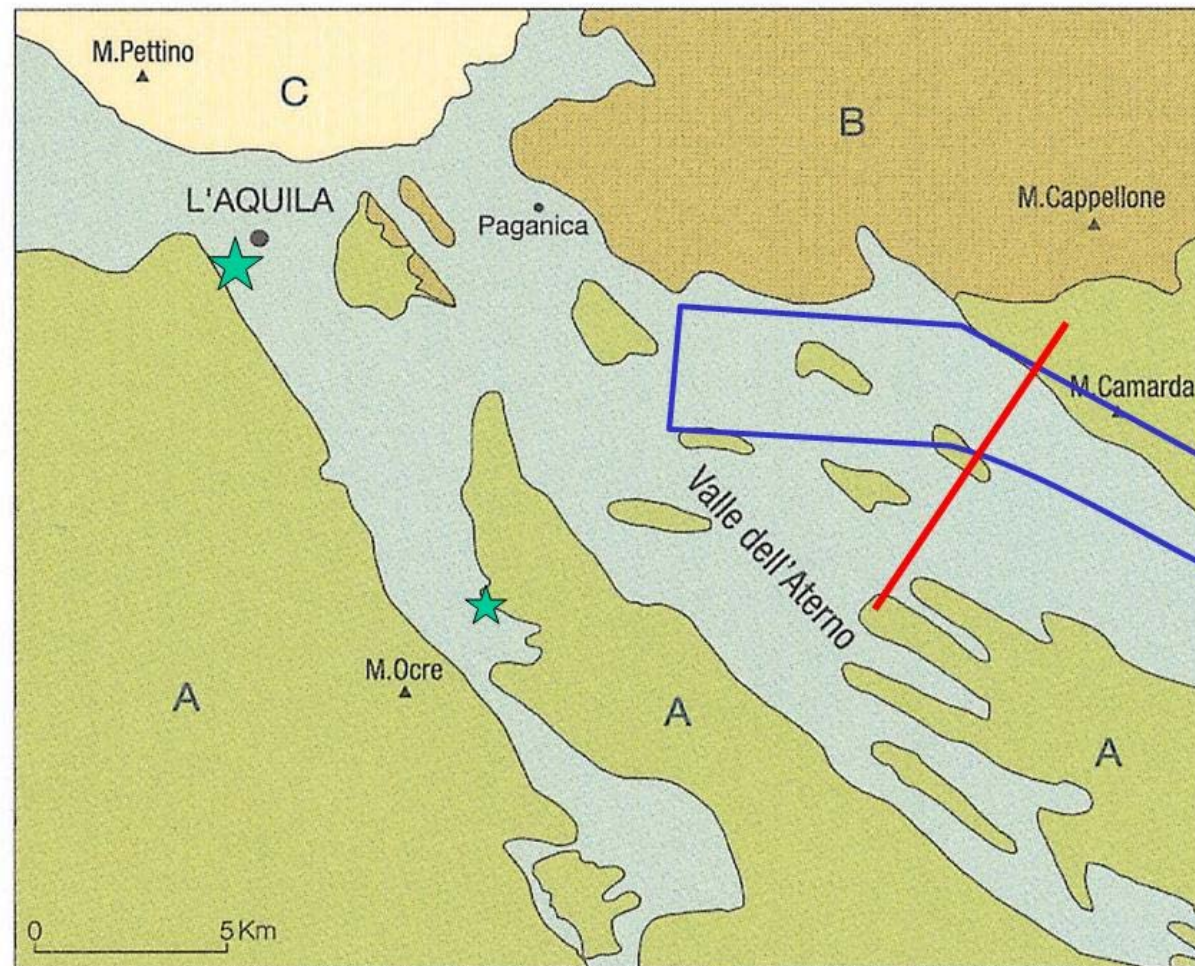
CNR-IAMC: prove Down-Hole;





AGI-ReLuis (UniNA "Federico II"-DIGA, UniRoma "La Sapienza"-DISG, UniFI-DiCEA,
UniCal-DDS, UniMol-SAVA, UniSannio-DIng.): analisi numeriche RSL.



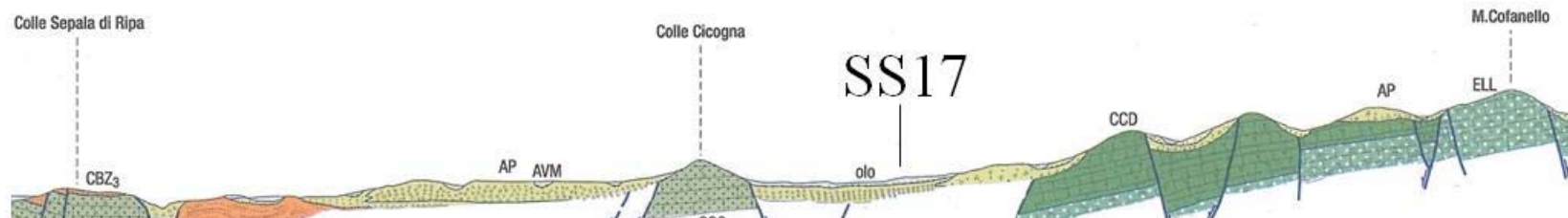
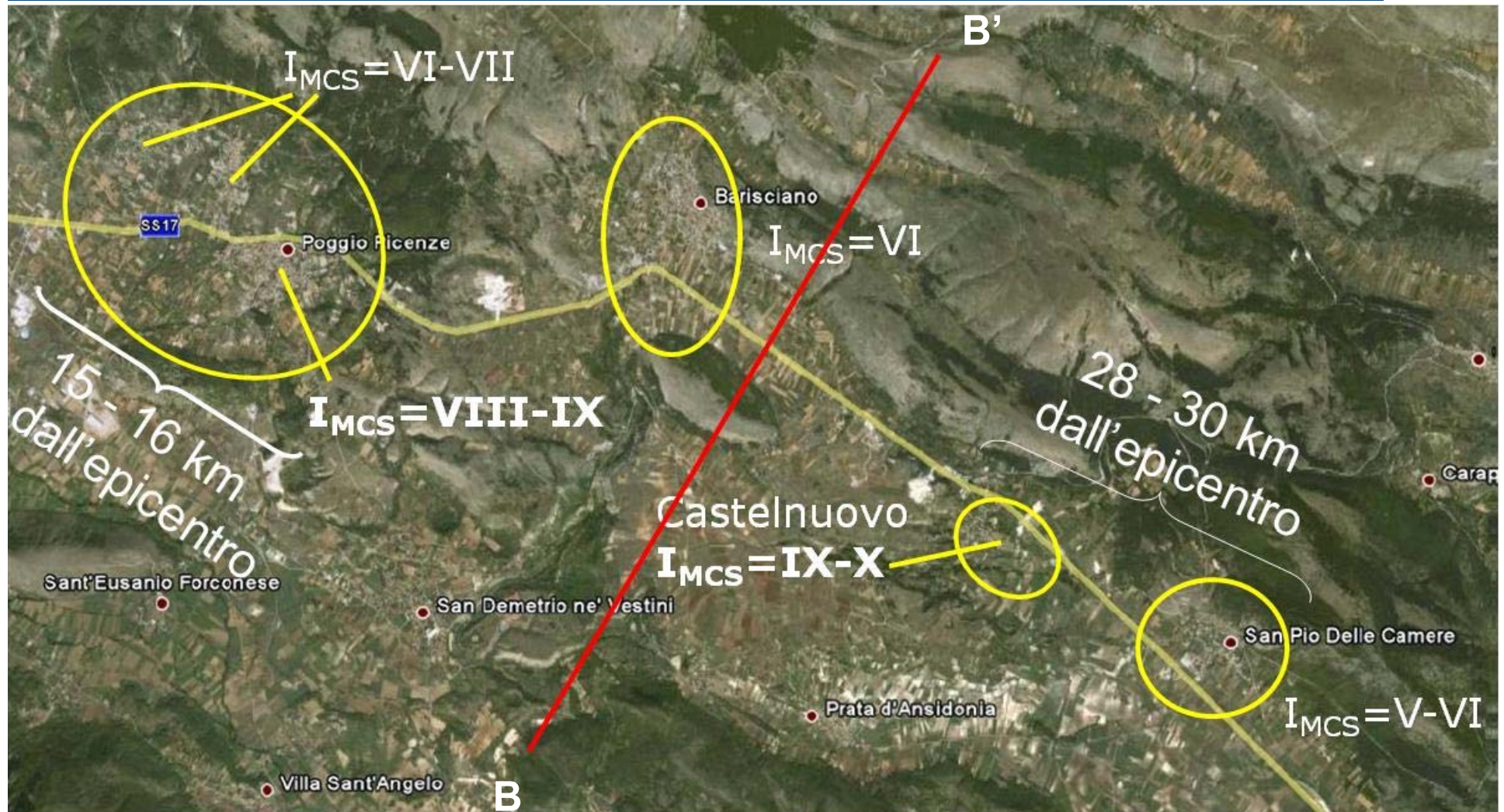
Macroarea 4

Comuni:
Poggio Picenze,
Barisciano,
S. Pio delle Camere

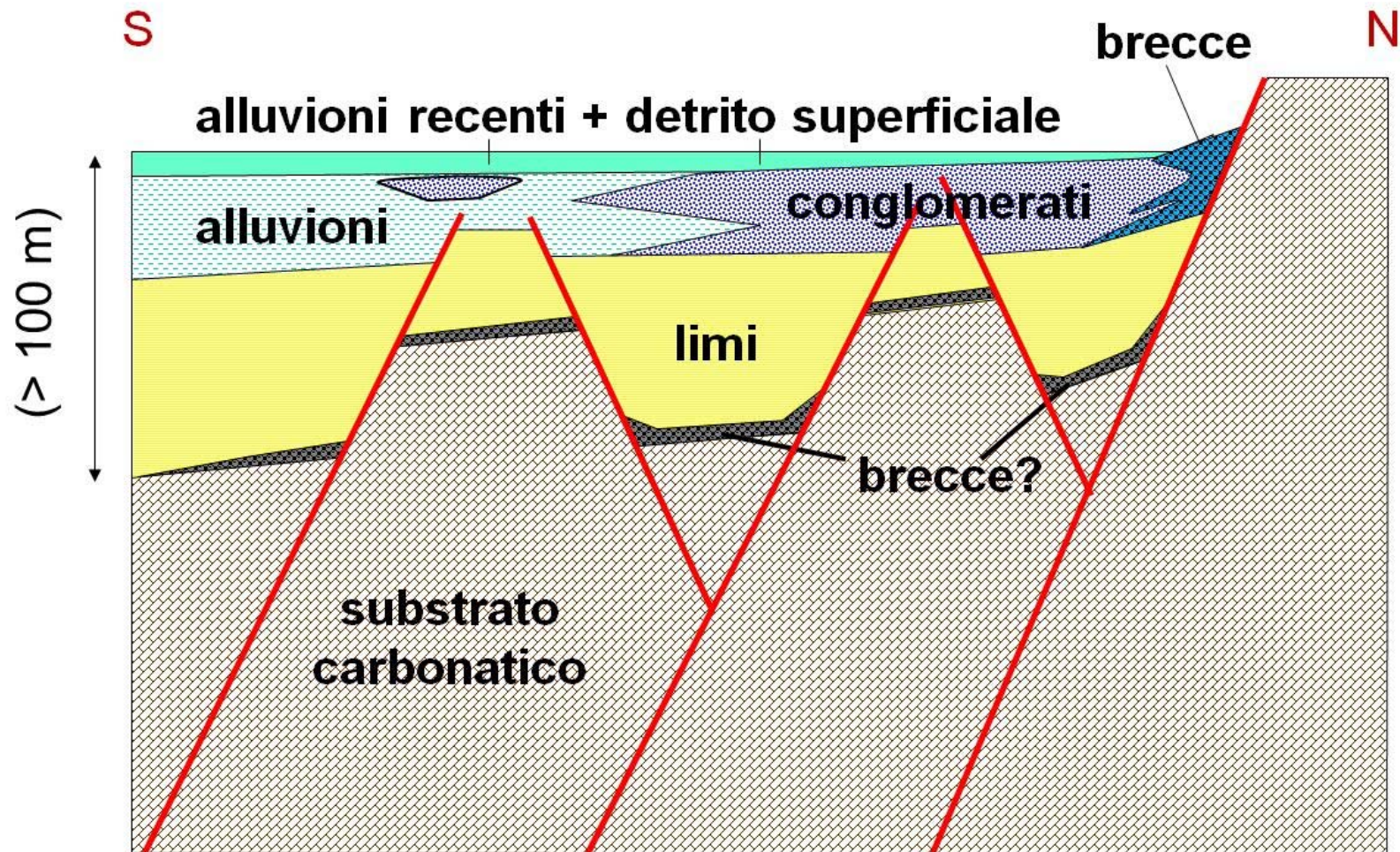


-  Depositi continentali quaternari
-  A Successione M.Ocre - Valle Aterno - M.Camarda
-  B Successione M.Capellone - Paganica
-  C Successione M.Pettino

Da CarG 50.000
F. 359 L'Aquila (APAT, 2005)



Schema dei rapporti stratigrafici

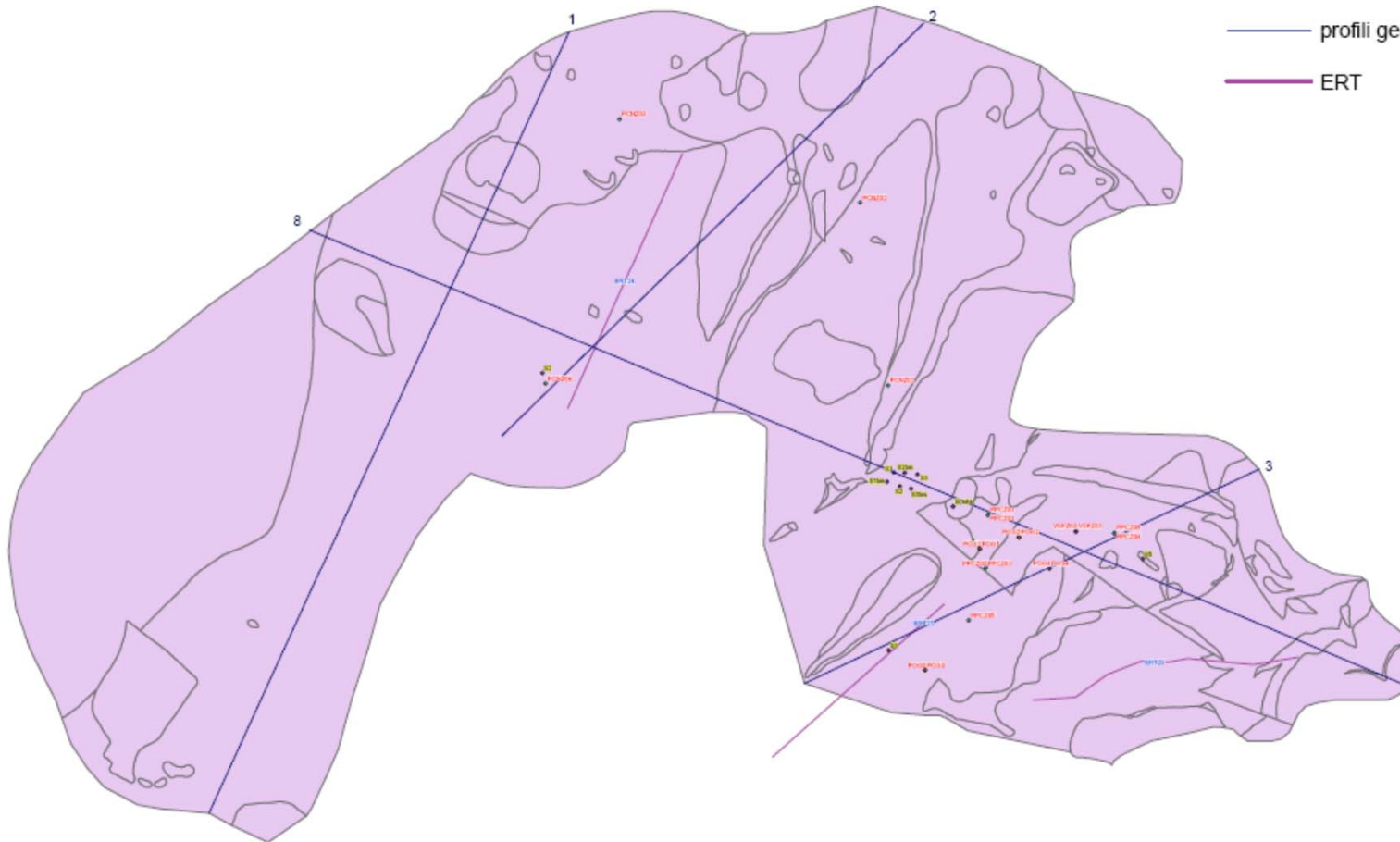


N.B.: spessori non in scala

Carta delle indagini

Legenda

- HVSR terremoti-ingvmipv
- ingvmipv noise pre_ms
- unibas noise pre_ms
- Sondaggi precedenti
- Sondaggi per microzonazione sismica
- profili geologici
- ERT



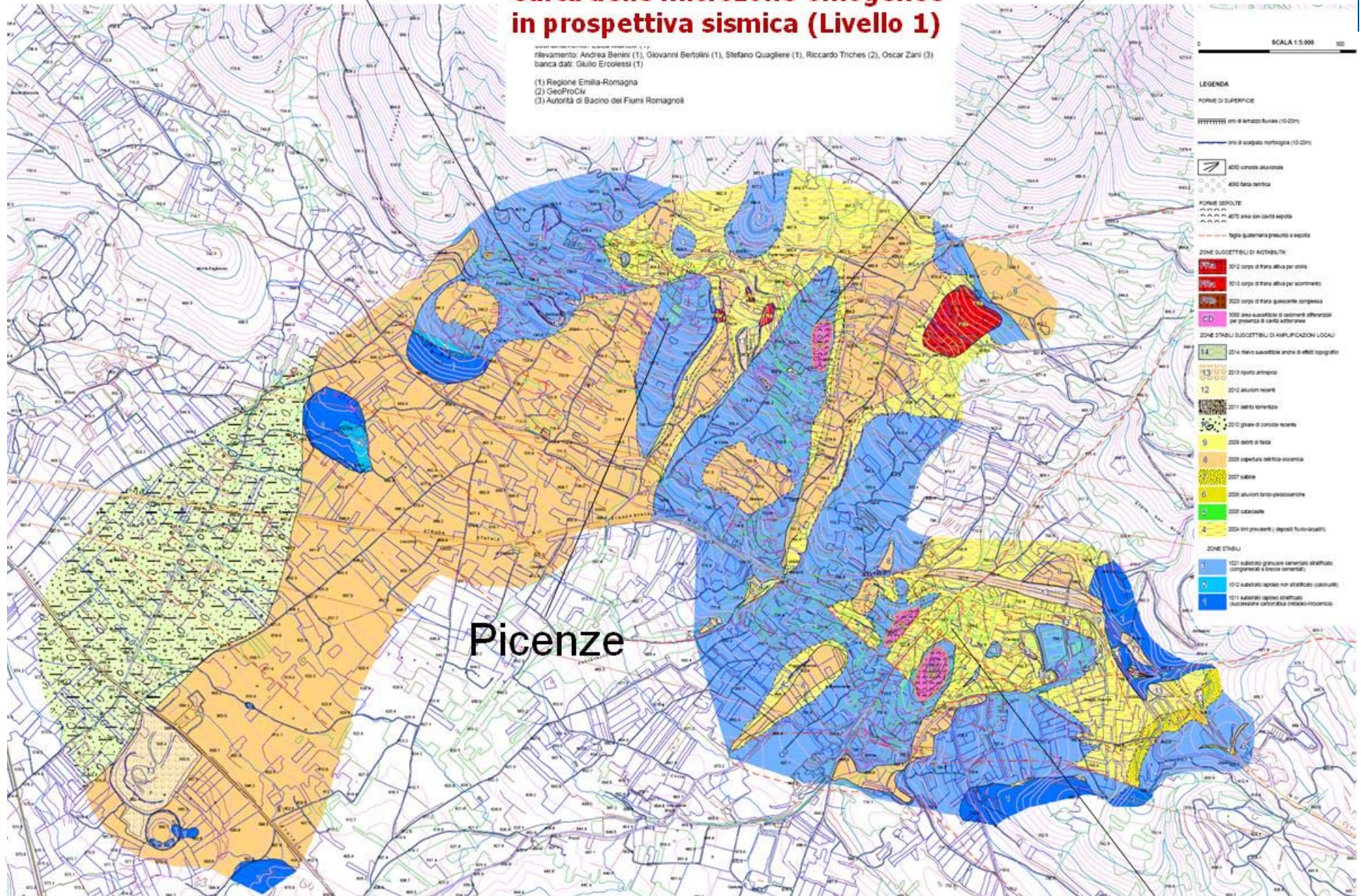
Petogna

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Livello 1)

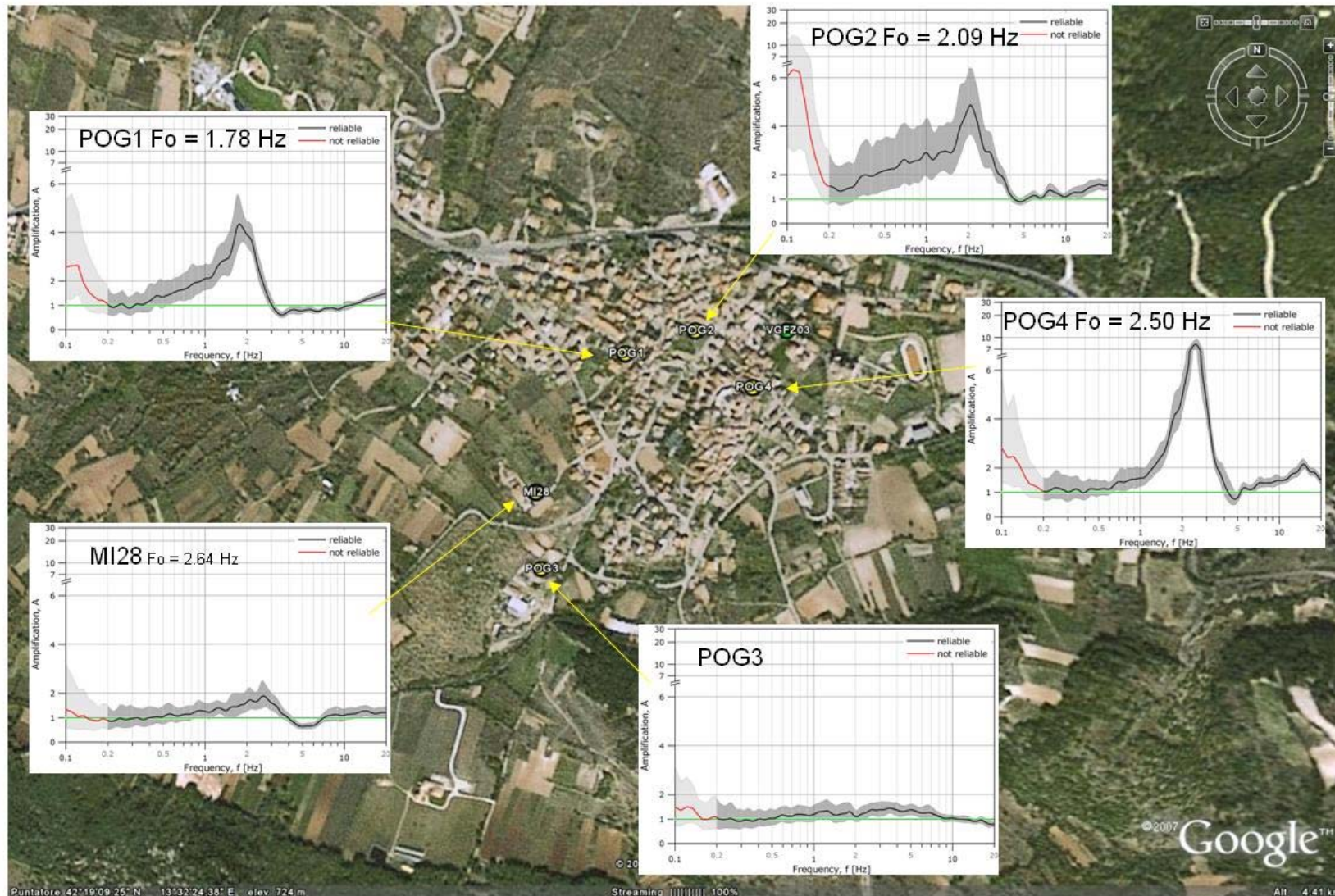
rilevamento: Andrea Benini (1), Giovanni Bertolini (1), Stefano Quagliere (1), Riccardo Triches (2), Oscar Zani (3)
banca dati: Giulio Erolessi (1)

(1) Regione Emilia-Romagna
(2) GeoProCiv
(3) Autorità di Bacino dei Fiumi Romagnoli

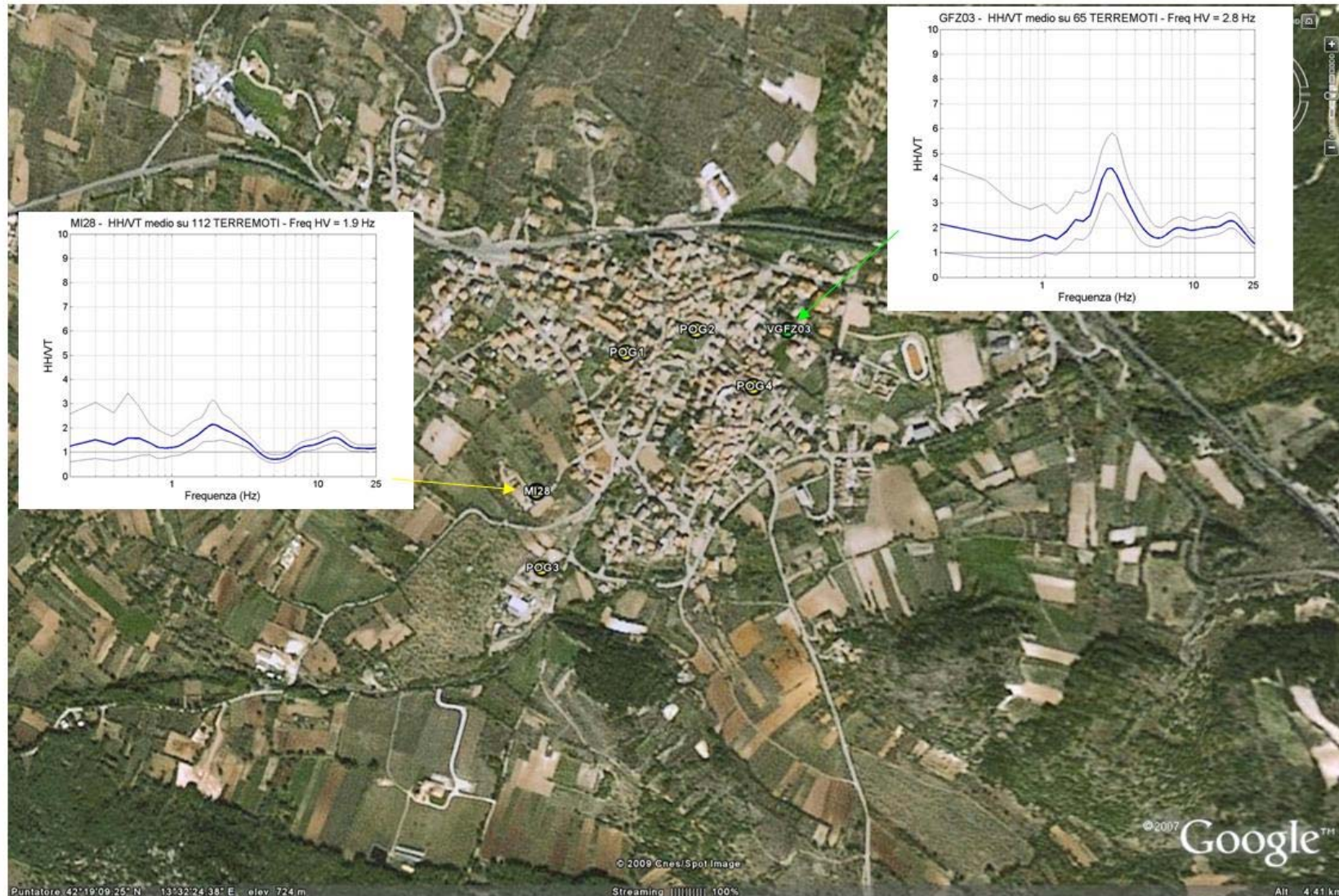
S. Martino



HVSR da noise (INGV,MI-PV)

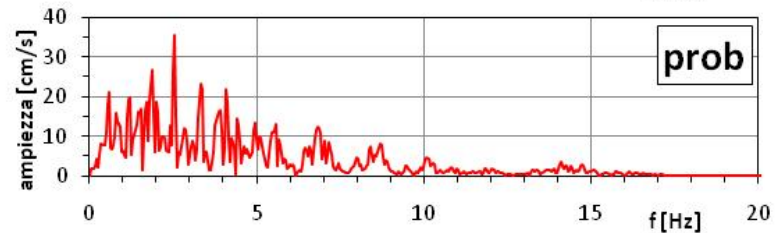
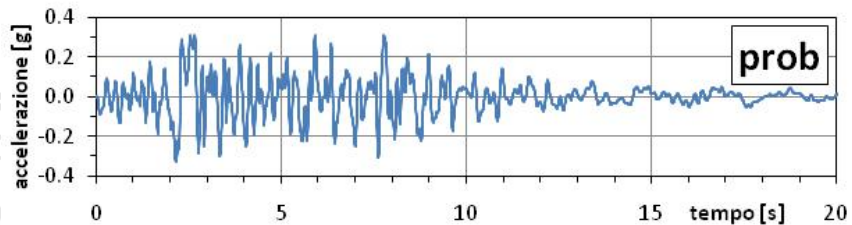
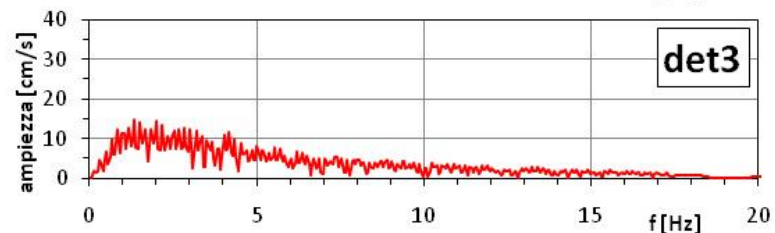
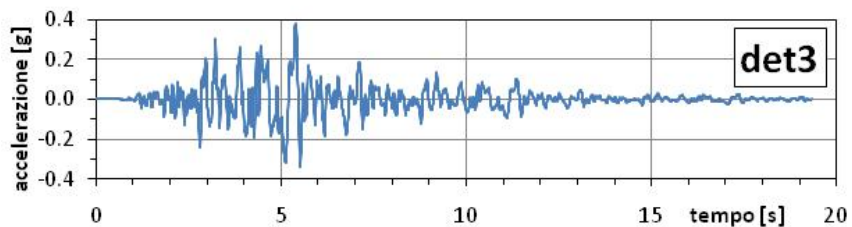
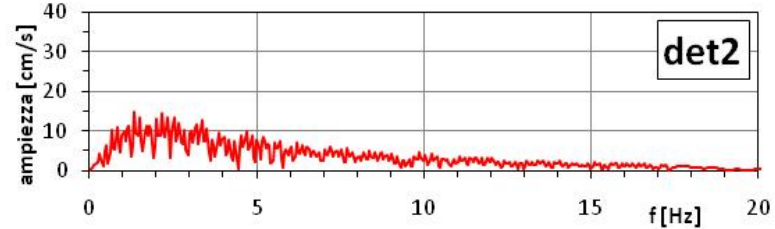
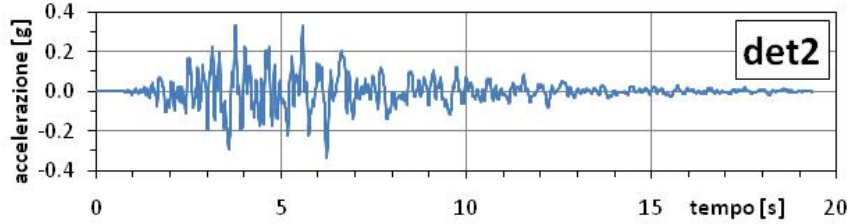
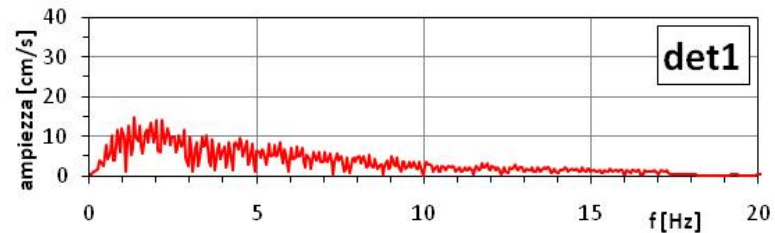
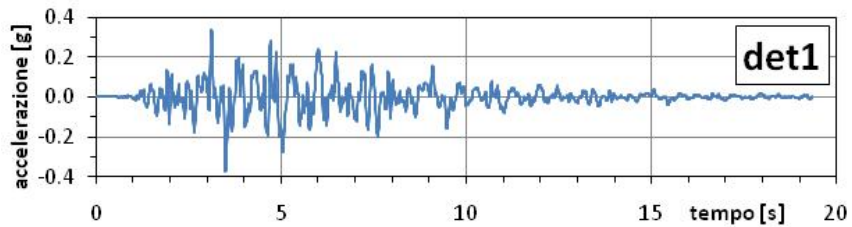
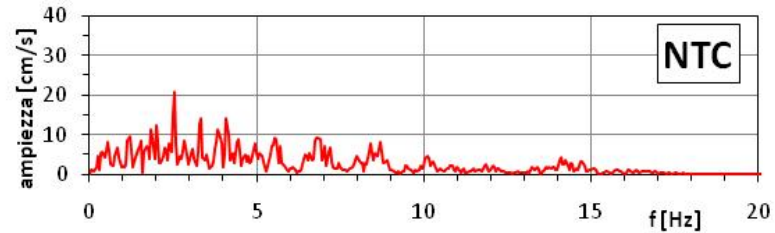
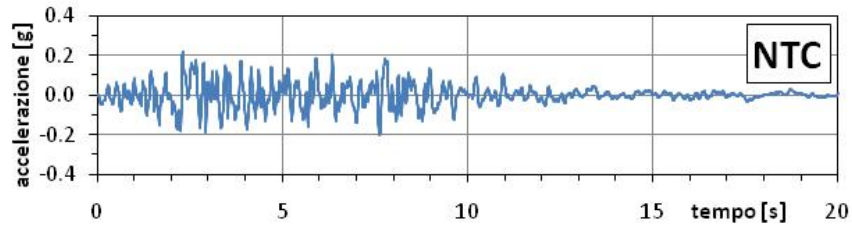


HVSR da terremoti (INGV,MI-PV)

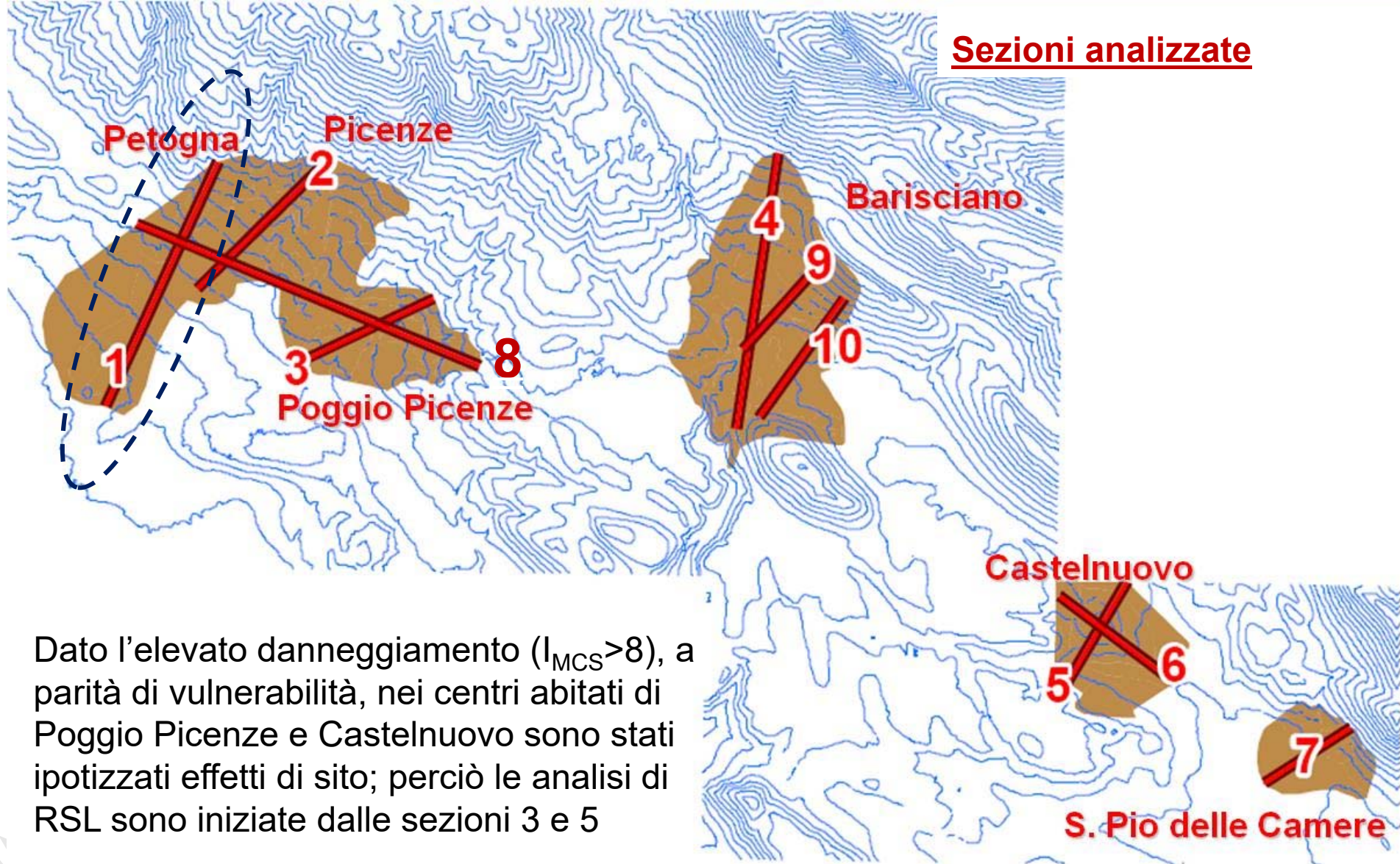




Moto sismico di riferimento (GdL MS della conca aquilana)

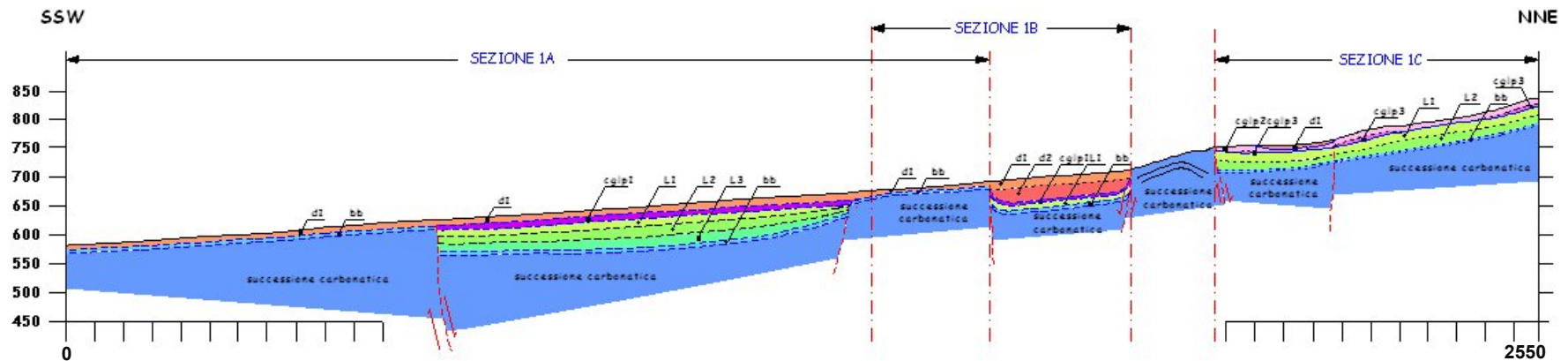


Sezioni analizzate



Dato l'elevato danneggiamento ($I_{MCS} > 8$), a parità di vulnerabilità, nei centri abitati di Poggio Picenze e Castelnuovo sono stati ipotizzati effetti di sito; perciò le analisi di RSL sono iniziate dalle sezioni 3 e 5

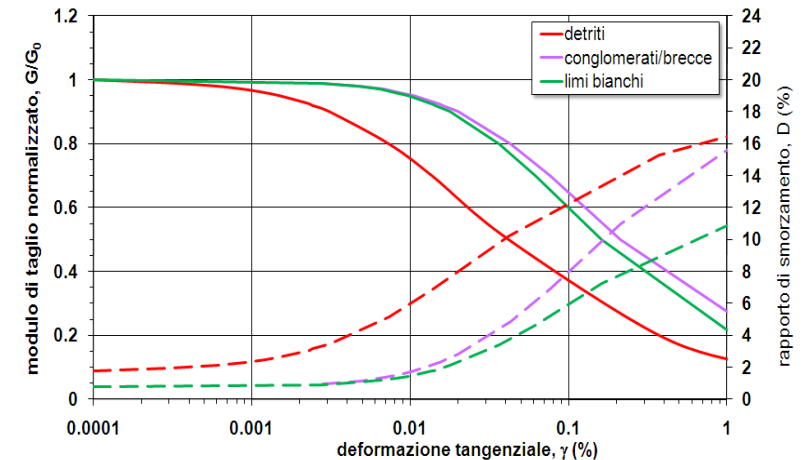
Sezione 1 (DICEA-UNIFI): modello geotecnico



LEGENDA

d1	detriti	L1	limi
d2	detriti	L2	limi
cglp1	conglomerati	L3	limi
cglp2	conglomerati	bb	breccie
cglp3	conglomerati	CBZ3	bedrock

	Vs [m/s]	γ_n [kN/m ³]	ν
d1	250	18	0.386
d2	350	18	0.378
cglp1	700	21	0.358
cglp2	400	20	0.390
cglp3	1000	21	0.335
L1	320	18	0.379
L2	370	18	0.379
L3	420	18	0.379
bb	800	21	0.358
CBZ3	1250	22	0.335



- **Analisi di RSL eseguite con QUAD4M**
- **Modellazione con elementi triangolari e quadrangolari di spessore massimo 2 m e rapporto lunghezza/spessore ≤ 5**
- **N. di verticali considerate ai fini della MS: circa 100**

Problema: scelta del fattore di amplificazione

$$F_{PGA} = PGA_{(O)} / PGA_{(I)}$$

$$FA = SA_{m,o} / SA_{m,i}$$

$$FV = SV_{m,o} / SV_{m,i}$$

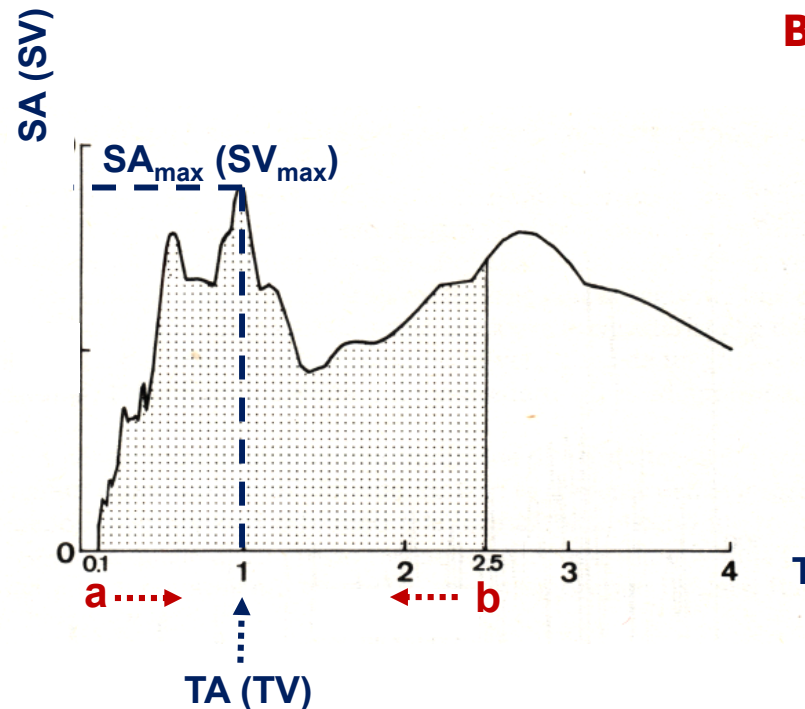
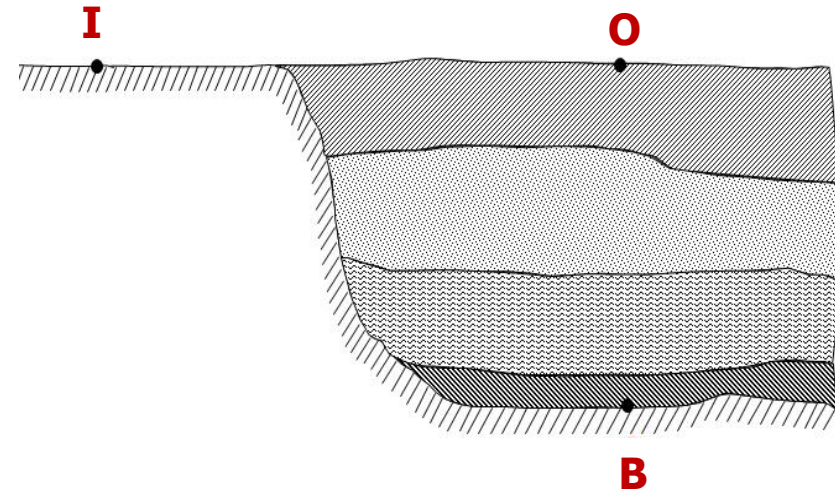
$$FH = SV_o / SV_i$$

essendo:

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5 \cdot TA}^{1.5 \cdot TA} SA(T) dT$$

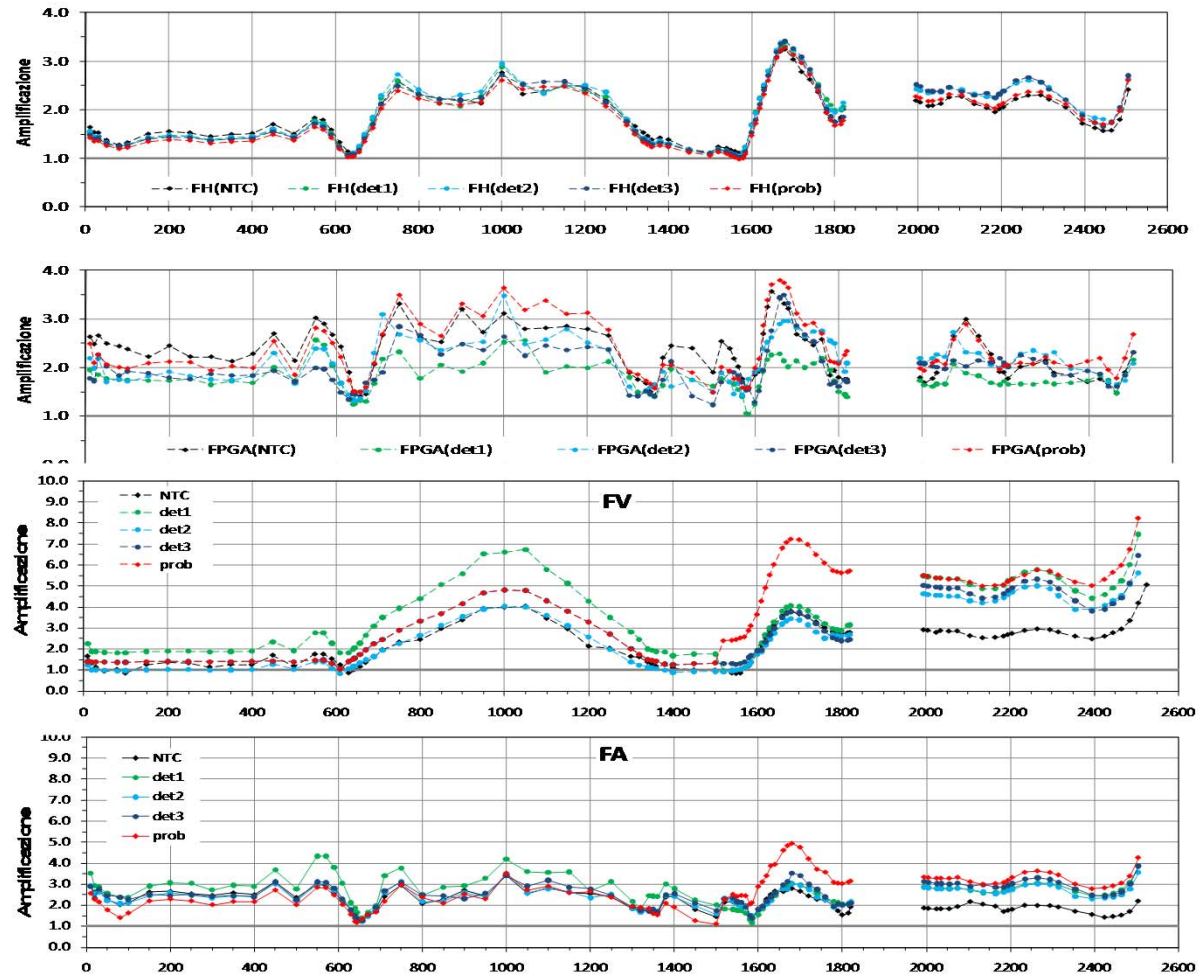
$$SV_m = \frac{1}{0.4 \cdot TV} \int_{0.8 \cdot TV}^{1.2 \cdot TV} SV(T) dT$$

$$SV = HSI = \int_a^b SV(T) dT$$





Sezione 1: Dipendenza dei fattori F_H , F_{PGA} , F_V ed F_A dal segnale di input





- i parametri definiti utilizzando **intervalli di integrazione variabili** (FA e FV), presentano **una marcata dipendenza dall'input sismico e differenze sensibili in verticali 'simili'**
- i parametri definiti rapportando gli spettri di output e di input con riferimento a **prefissati intervalli di integrazione** sono invece caratterizzati da:
 - **limitata dipendenza dall'input sismico**
 - **buona stabilità per condizioni litostratigrafiche 'regolari'**
 - **agevole rappresentabilità in mappe**



MACROAREA 4

Carta di Microzonazione sismica
Petagna - Poggio Pincianze

Zone stabili

SH1 FH = 1

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali
(Valore medio o intervallo)

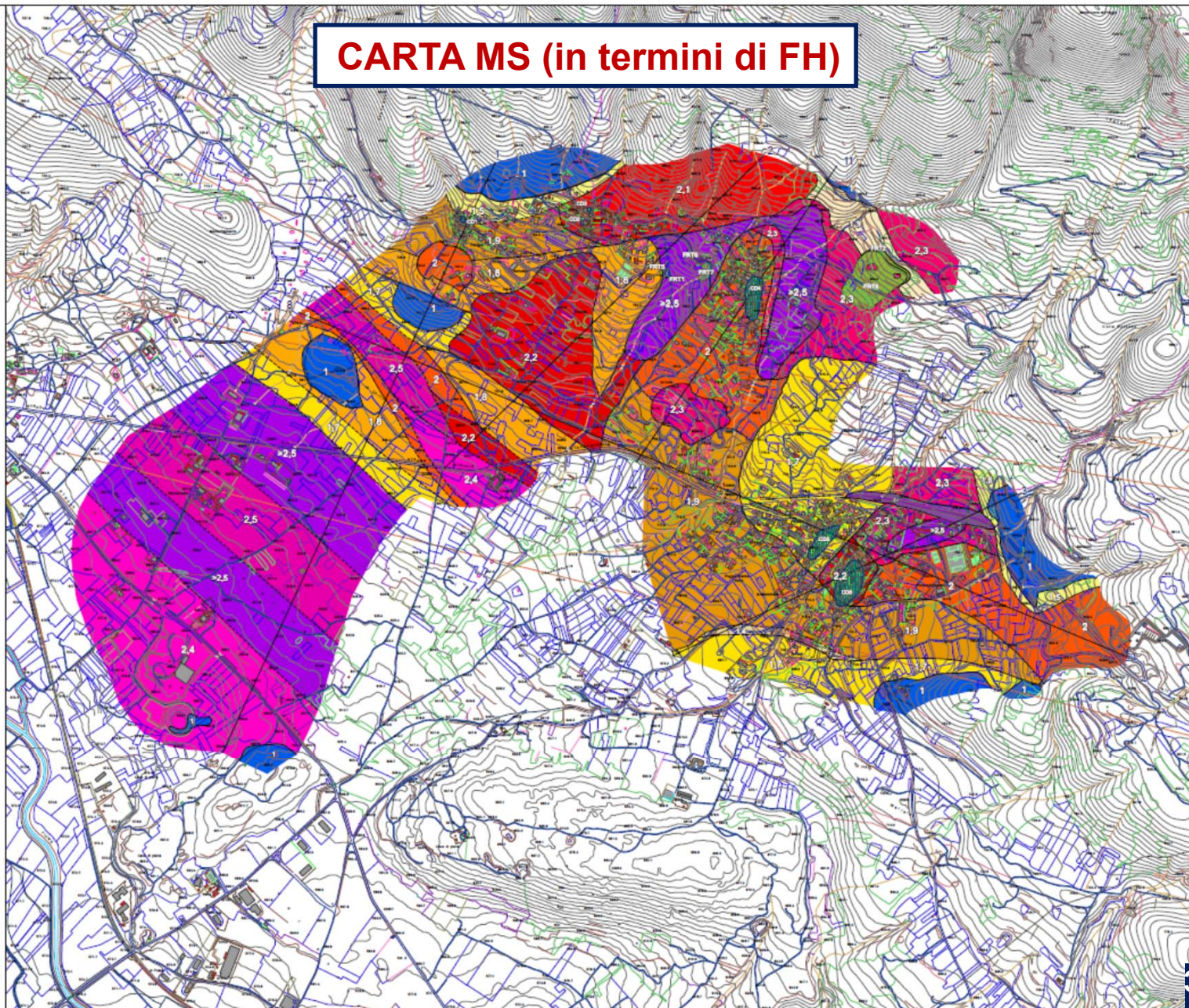
FH > 2.5

Zone suscettibili di instabilità

- Area urbanizzata
- RT
- CD
- Stile carsi
- Stile tuarci
- Stile tuarci

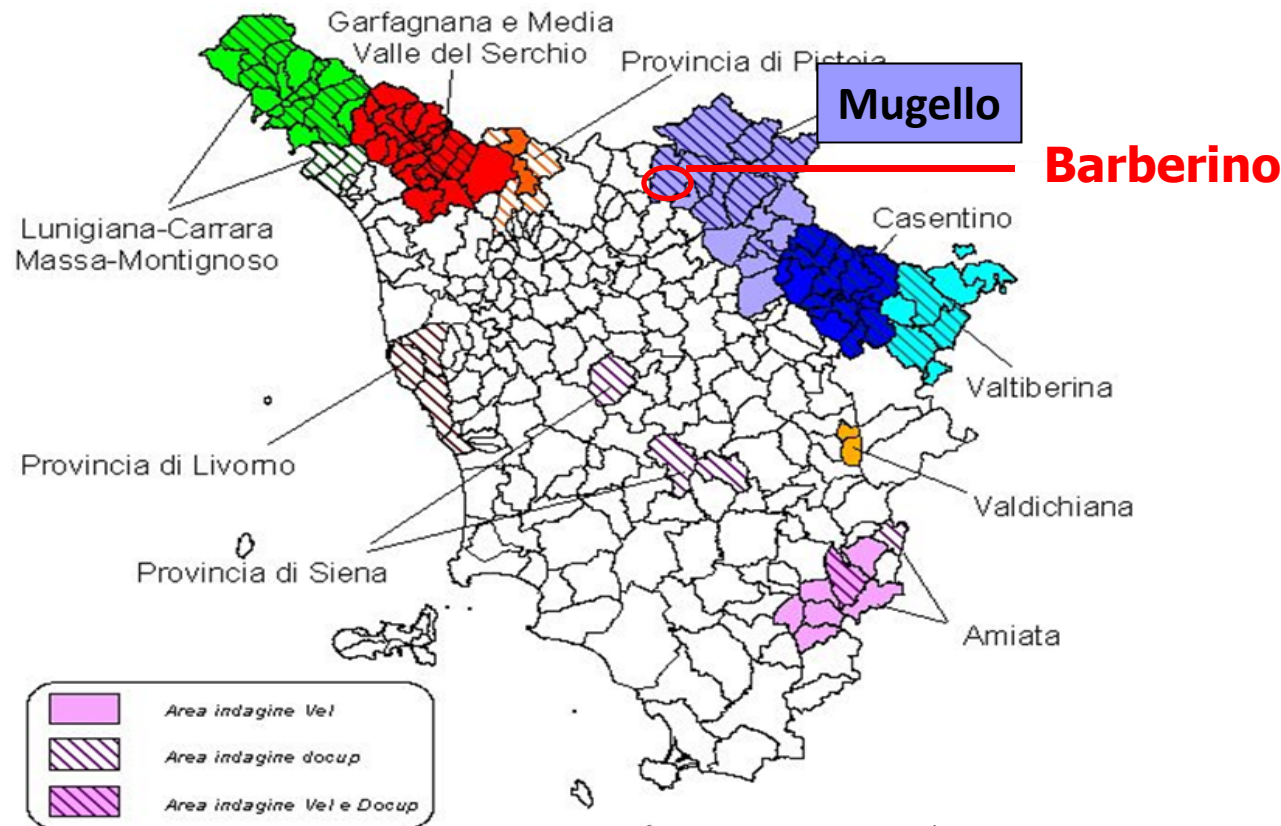
Andrea Barici, Giovanni Barbieri, Guido Broccolini, Luca Martelli,
Stefano Ciampini (Regione Toscana)
Roberto Totaro (UNIFI), Carlo Zani (Università di Sassari del Fiume Romagnolo)
Marco Muscarelli (CNR)
Marta Rossetti (CNR), Alessandro Gionni, Roberto Pizzetti (CNR)
Enrico Biondi, Anna Corbelli, Lorenza Evangelista, Luigi Pizzetti,
Alessandro Sestini (CNR), Federico P. Corbi,
Giuseppe Lanza, Alessandro Pagnoni, Lorisiana T. Napolitano (CNR)
Claudio Vignati, Luciano Biondi (UNIFI-CNR)
Antonio Corbelli, Simona Pizzetti (CNR)
Raffaele Marotta de Magliana (CNR)
Roberto Sica, Alessandro, Giovanni (CNR-ING)

Versione del 04 - 02 - 2010



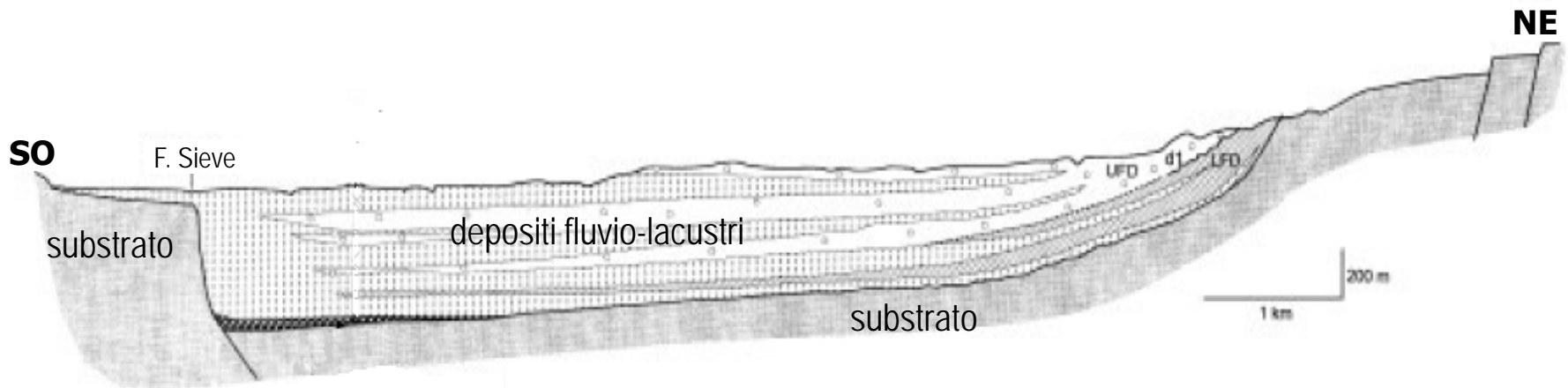
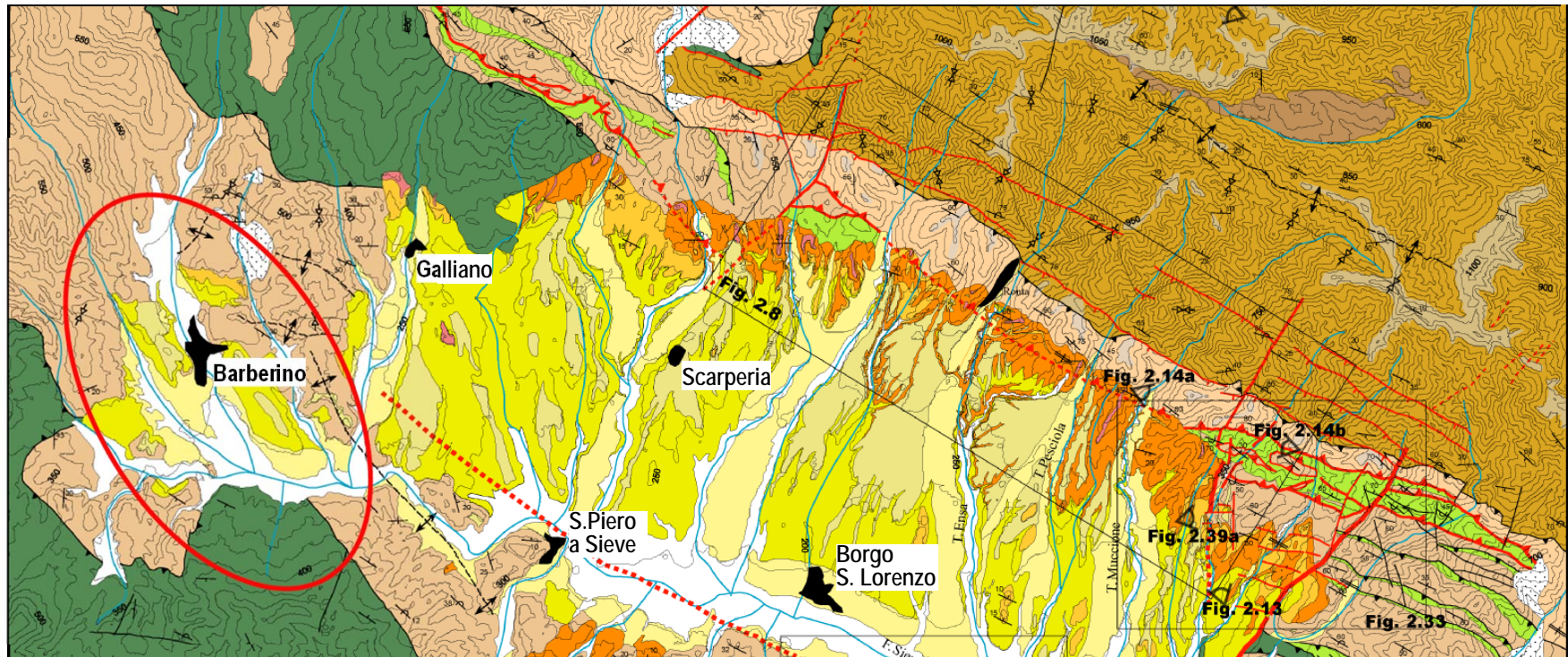
Programma **VEL** (*Valutazione degli Effetti Locali*) della *Regione Toscana*

Valutazione degli effetti di sito nel Comune di Barberino.

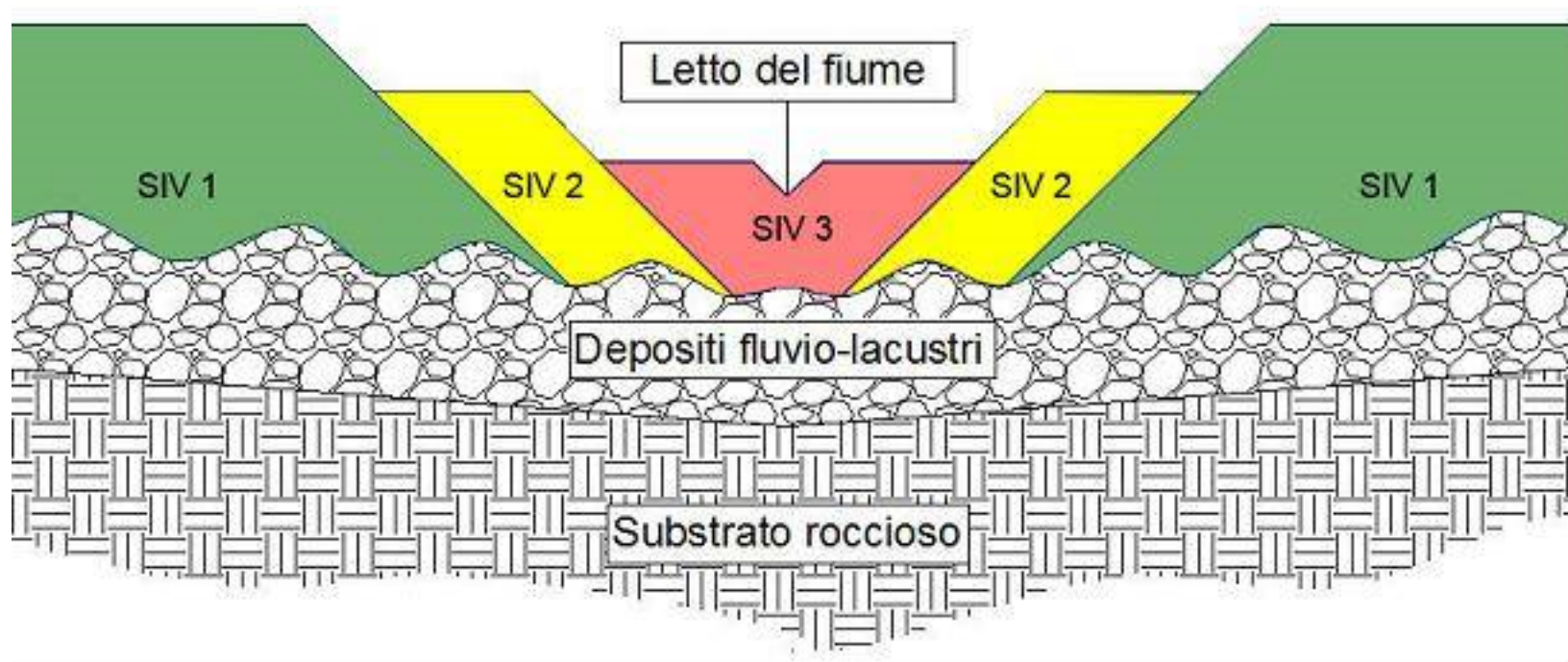


da
www.rete.toscana.it/sett/pta/si
smica





da Delle Donne, 2005



Modello geologico schematico del bacino del Mugello

- Substrato roccioso prevalentemente arenaceo (AQR1-2-3, FAL, SIL, BSTb)
- Depositi argillosi fluvio-lacustri (MGO1a1)
- Depositi fluviali terrazzati (SIV1-2-3)
- Depositi di pianura alluvionale attuali (b) – ciottoli e ghiaie prevalenti

Sismicità del Comune di Barberino di Mugello

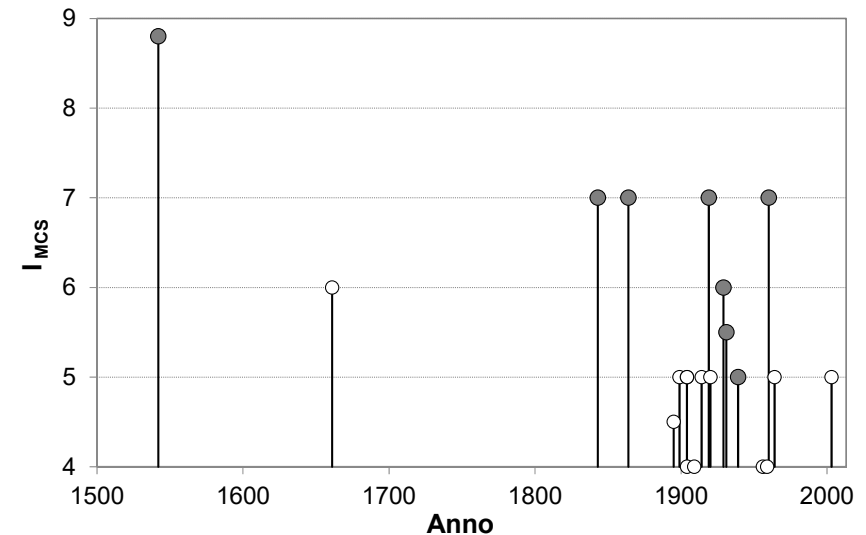
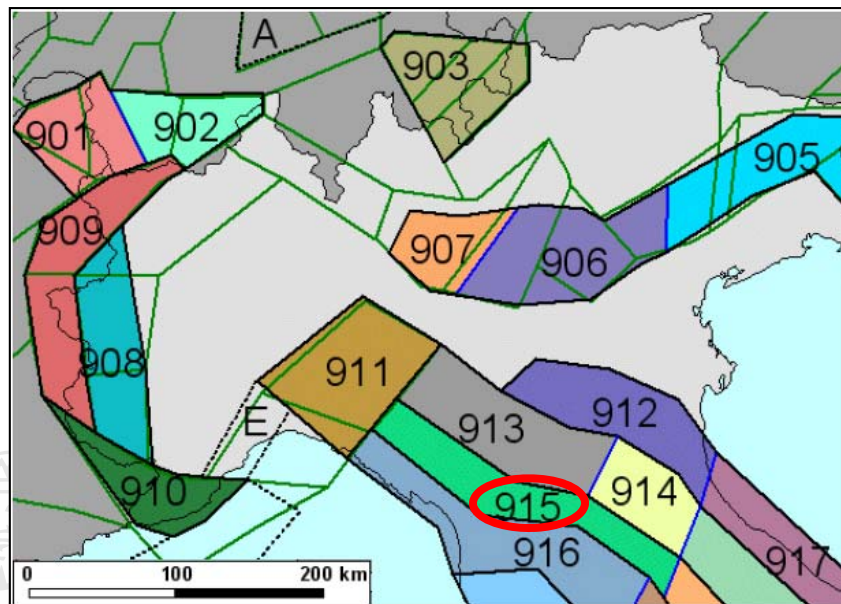
Zona a sismicità medio-alta, tra le più attive dell'Appennino settentrionale.

Zona Sismica 2 della classificazione sismica regionale (Del. G.R.T. No 878/2012)

$$a_g = 0.196g$$

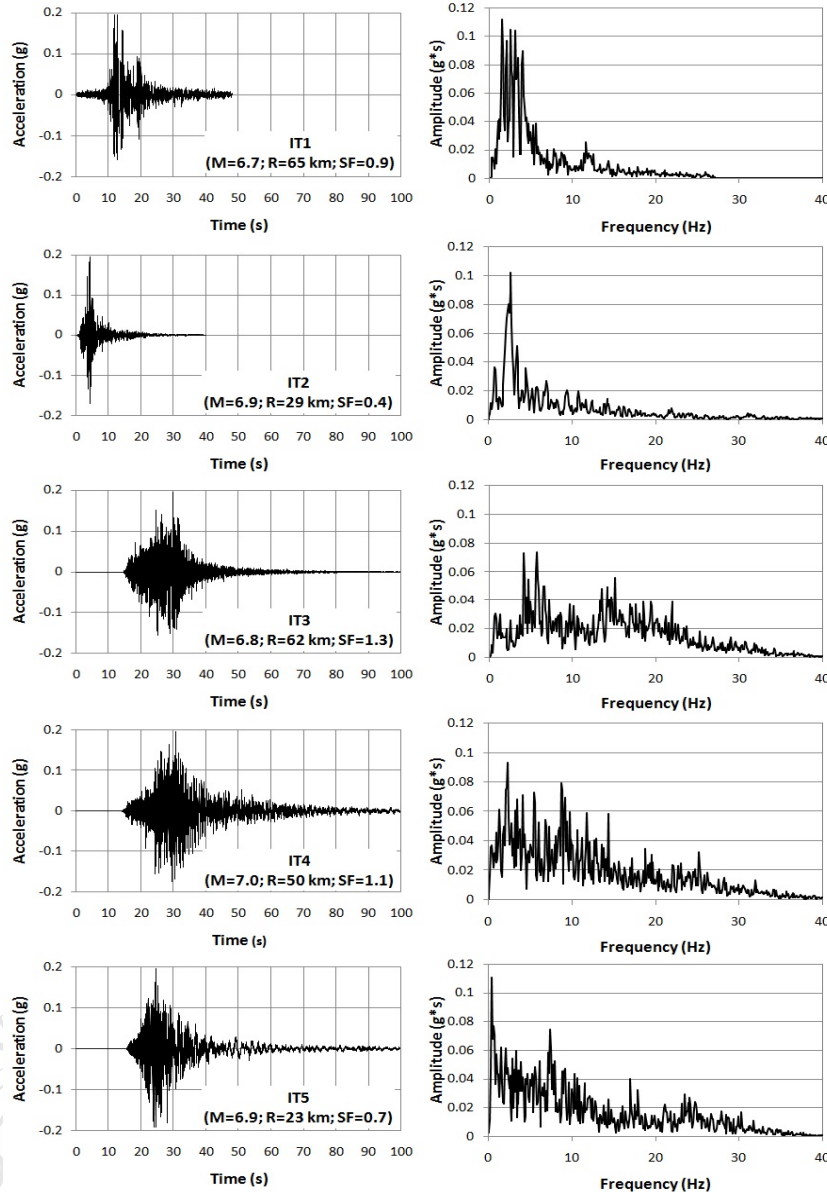
Zona sismogenetica 915

$$\Rightarrow M_{w,max} = 6.6$$



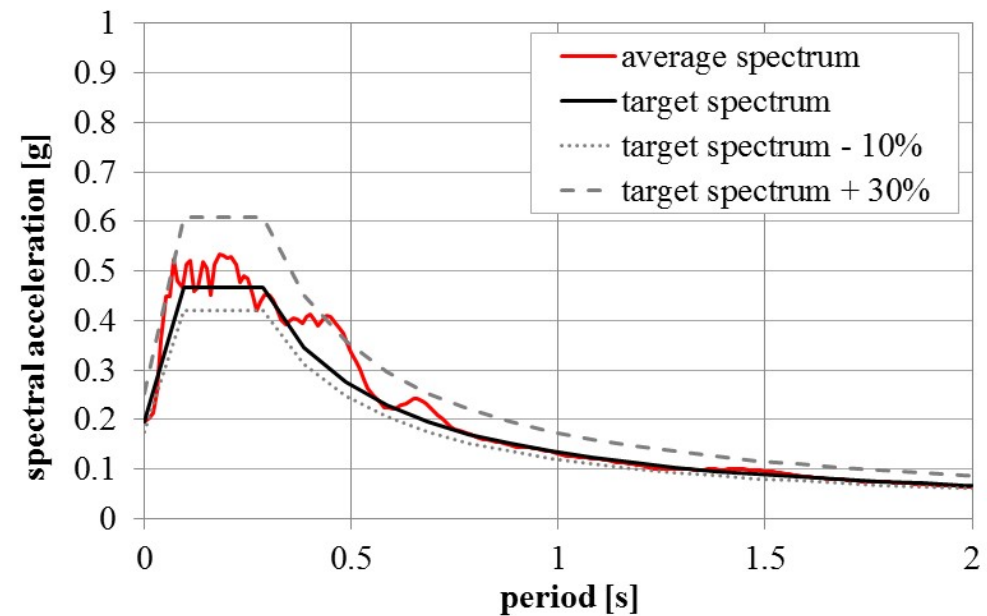
Storia sismica di Barberino di M.Ilo dal 1500 ad oggi per eventi di intensità $I_{MCS} \geq 4$

Moto sismico di riferimento (EUCENTRE)



Input	Database	ID record	SF	D [s]	f_0 [Hz]	I_A [cm/s]
IT1	ESMD	000200xa	0.91	48	2.65	61.1
IT2	NGA	0765ya	0.43	25	1.34	31.4
IT3	K-NET1	YMG 0190103241528	1.29	40	4.12	63.5
IT4	K-NET2	IWT 0100305261824	1.12	70	0.99	93.0
IT5	K-NET2	IWT 0100806140843	0.73	60	0.42	74.8

PGA = 0.196 g

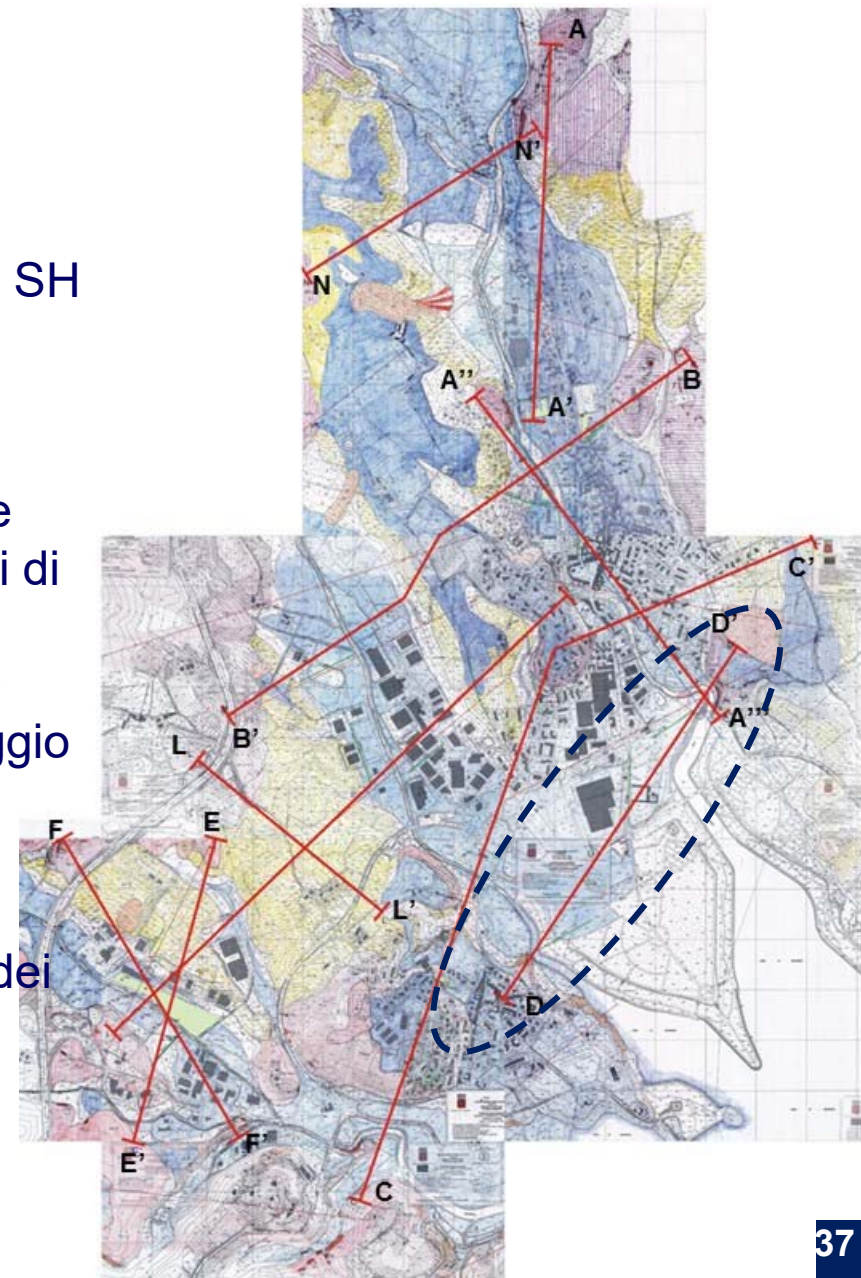


Carta delle indagini

CARTA GEOLOGICA

INDAGINI

- n. 13 linee di sismica a rifrazione con onde P e SH (di lunghezza variabile da 96 a 240m per ciascuna linea);
- n. 17 sondaggi a carotaggio continuo (di profondità variabile da 15m a 80m) con prove SPT in foro e prelievo di campioni indisturbati di terreno;
- n. 17 prove geofisiche in foro di tipo down-hole con onde P e SH all'interno dei fori di sondaggio realizzati;
- n. 17 prove dinamiche di laboratorio (colonna risonante, taglio torsionale ciclico e triassiale ciclica) su 21 campioni prelevati nel corso dei sondaggi.



12 SEZIONI ANALIZZATE

Modello geotecnico del sottosuolo

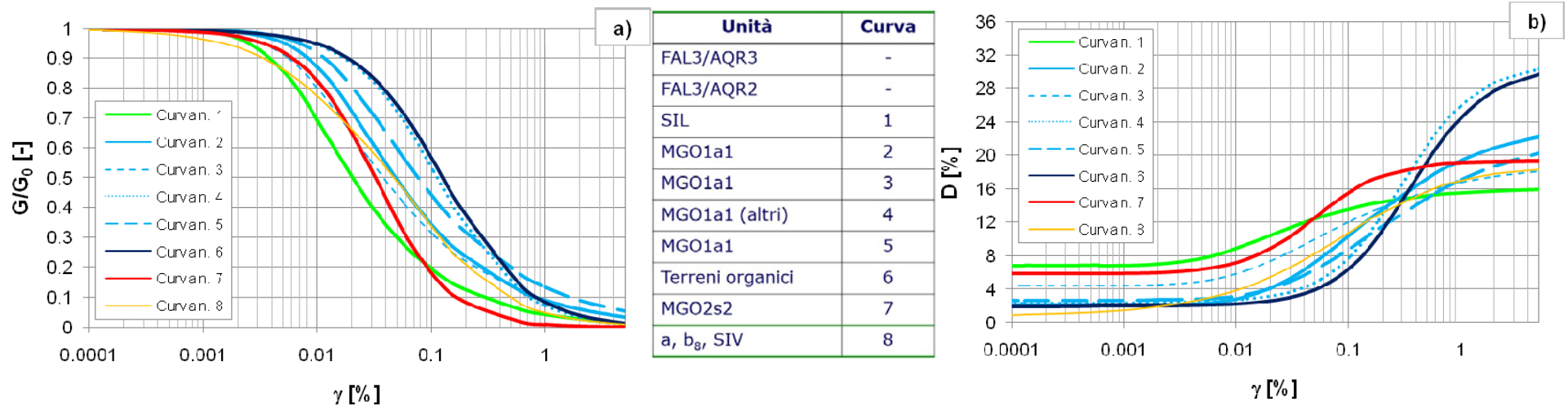
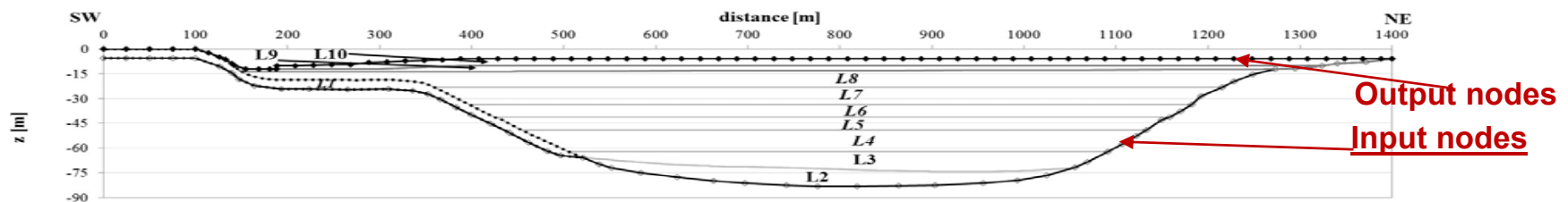
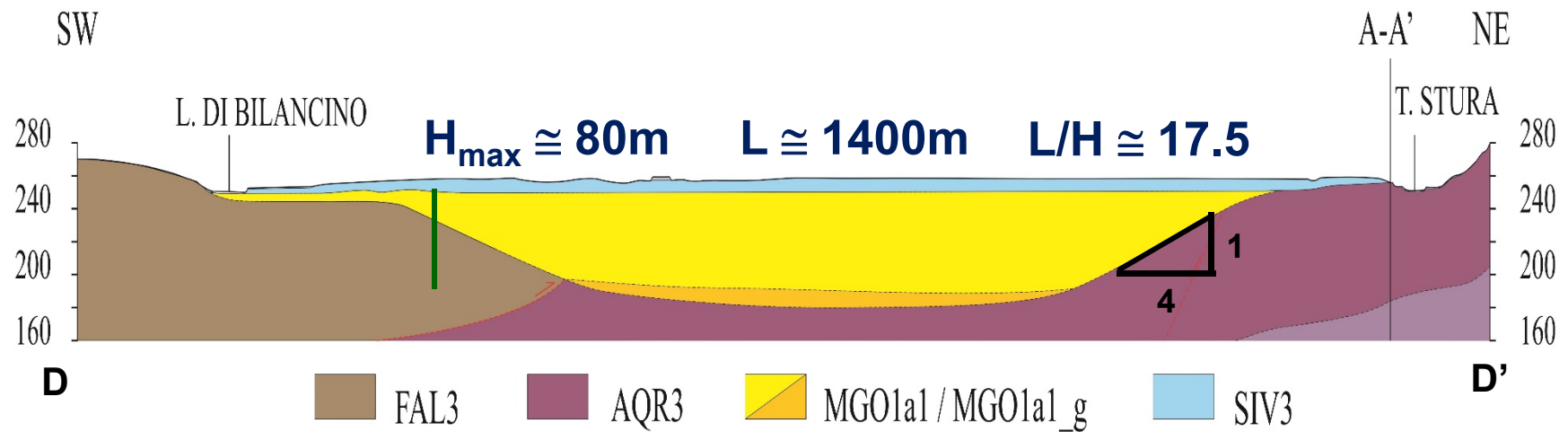


Tabella I. - Valori medi di V_p e V_s delle diverse Unità

Sigla	Descrizione	V_p (m/s)	V_s (m/s)
AQR2	Marne, Arenarie, Argilliti	2600	1090
AQR3	Argilliti, Marne, Arenarie	2290	880
FAL3	Arenarie, Marne, Argilliti	2500	1120
SIL	Argilliti, Marne	2300	645
MGO1a1_v	Argille e limi fluvio-lacustri basali	1815	470
MGO1a1	Argille e limi fluvio-lacustri	1600	285
SIV1	Alluvioni (spessore medio 15m)	1370	280
SIV2	Alluvioni (spessore medio 5m)	1080	330
SIV3	Alluvioni (spessore medio 3÷10m)	765	310

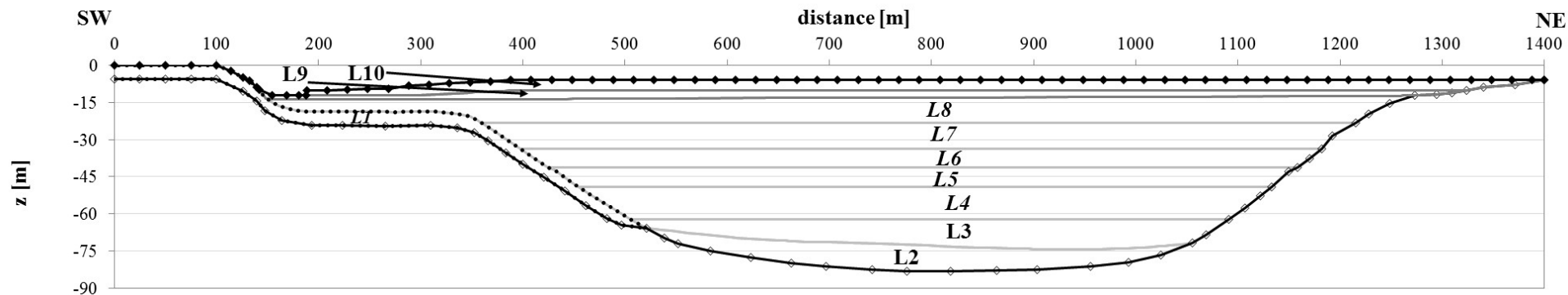


Sezione D-D'

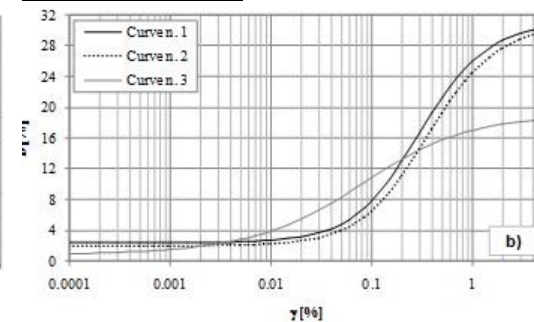
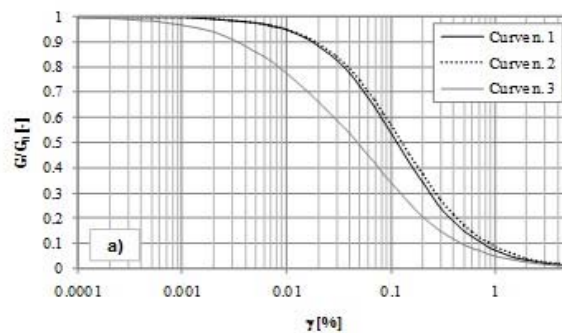




Sezione D-D'

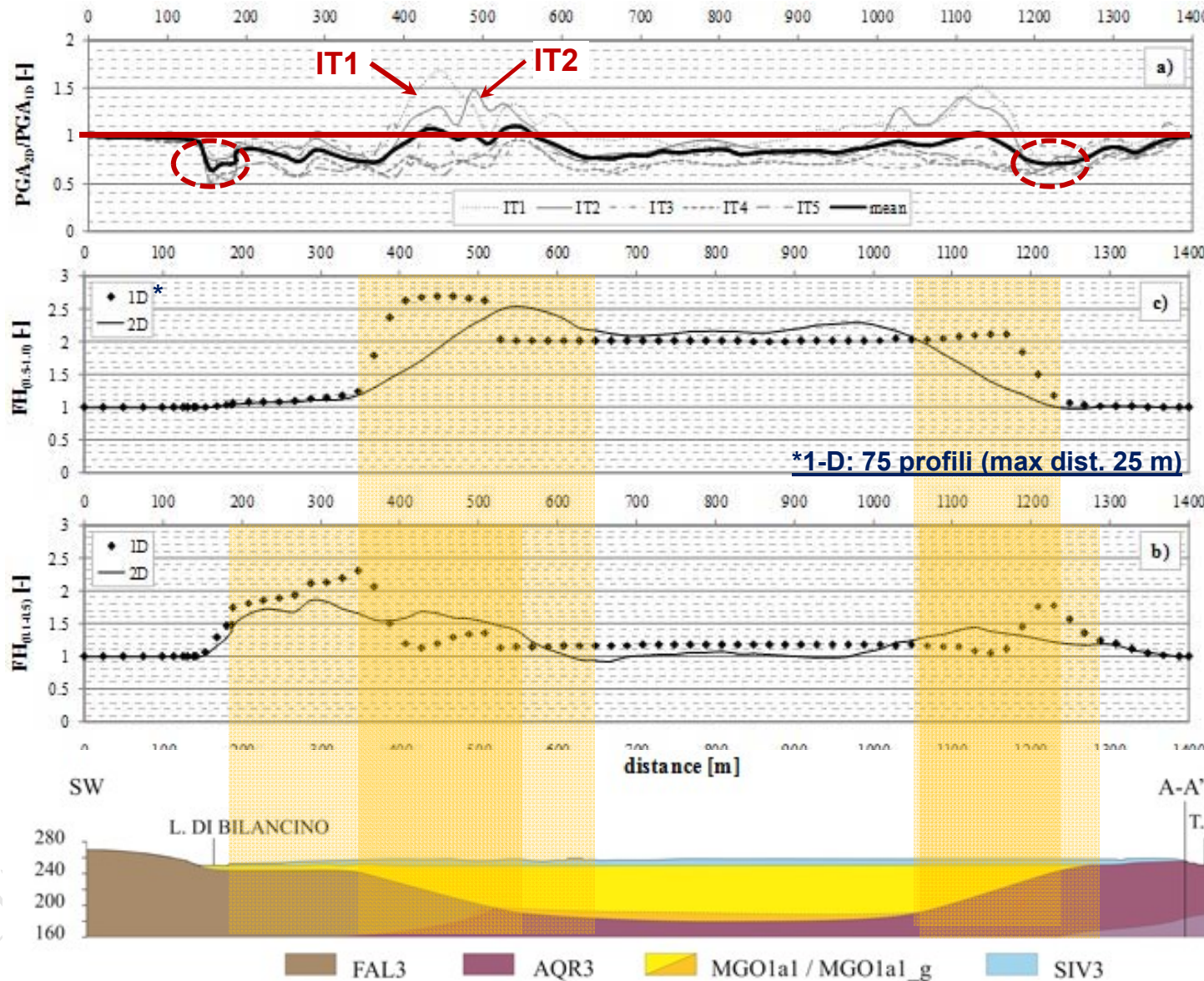


Layer	Unit	γ_n [kN/m ³]	V_s [m/s]	ν [-]	D_0 [%]	Stiffness decay and Damping curve	
L10	SIV3	20.51	255	0.3	0.90	3 - Rollins et al., 1998	3 - Rollins et al., 1998
L9	SIV3	20.51	355	0.5	0.90	3 - Rollins et al., 1998	3 - Rollins et al., 1998
L8	MGO1a1	17.58	280	0.5	2.36	1 - $\alpha = 12.85$ $\beta = 1.18$	1 - $D_{max} = 31.27$ $\lambda = -2.59$
L7-L6	MGO1a1_o	13.91	260	0.5	1.98	2 - $\alpha = 10.68$ $\beta = 1.16$	2 - $D_{max} = 31.02$ $\lambda = -2.76$
L5	MGO1a1	17.58	325	0.5	2.36	1 - $\alpha = 12.85$ $\beta = 1.18$	1 - $D_{max} = 31.27$ $\lambda = -2.59$
L4	MGO1a1	17.58	390	0.5	2.36	1 - $\alpha = 12.85$ $\beta = 1.18$	1 - $D_{max} = 31.27$ $\lambda = -2.59$
L3	MGO1a1	19.00	435	0.5	2.36	1 - $\alpha = 12.85$ $\beta = 1.18$	1 - $D_{max} = 31.27$ $\lambda = -2.59$
L2	MGO1a1_g	21.50	585	0.5	2.36	1 - $\alpha = 12.85$ $\beta = 1.18$	1 - $D_{max} = 31.27$ $\lambda = -2.59$
L1	FAL3_w	23.00	1270	0.4	2.00	$G(\gamma)/G_0 = 1$	$D(\gamma) = 2\%$
Bedrock	FAL3 / AQR3	23.00	1570 / 720	0.4	0.50	-	-





Problema: 1D vs 2D



PGA:

Input non trascurabile
Effetti 2D trascurabili

FH:

Input trascurabile
Effetti 2D non trascurabili

Alti periodi

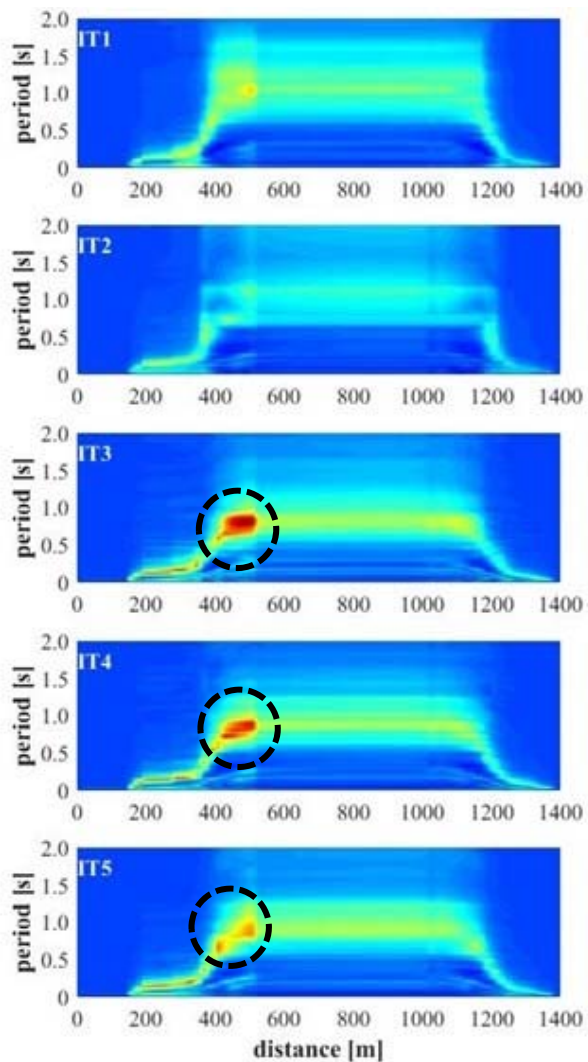
$$FH_{0.5-1.0} = \frac{\int_{0.5}^{1.0} S_{A,o}(\xi, T) dT}{\int_{0.5}^{1.0} S_{A,i}(\xi, T) dT}$$

Bassi periodi

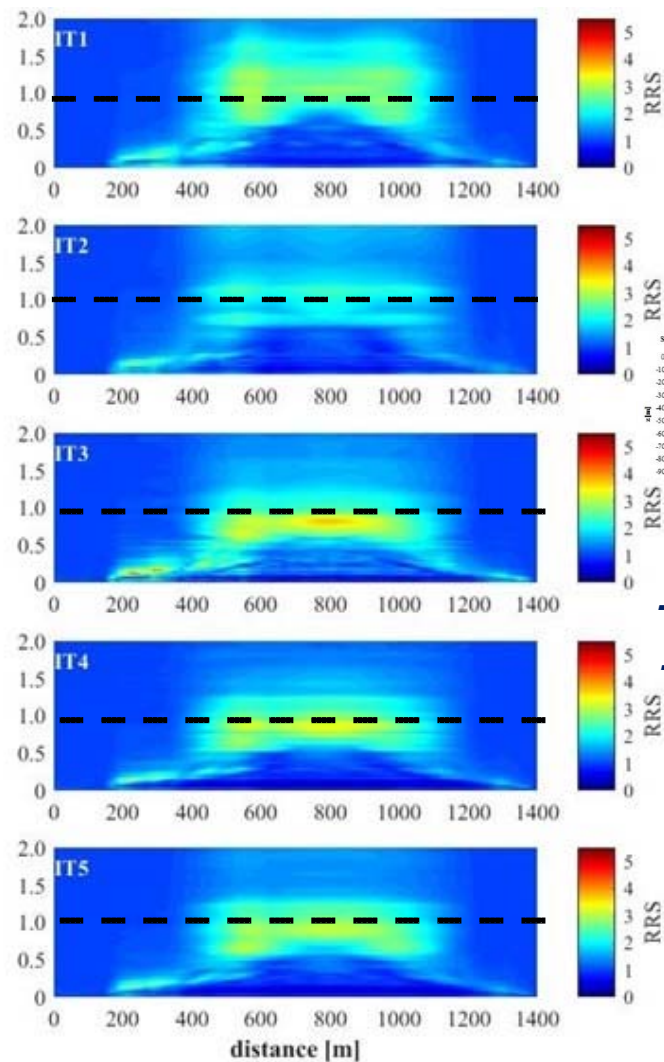
$$FH_{0.1-0.5} = \frac{\int_{0.1}^{0.5} S_{A,o}(\xi, T) dT}{\int_{0.1}^{0.5} S_{A,i}(\xi, T) dT}$$

$FH_{(bassi\ periodi)} < FH_{(alti\ periodi)}$

1-D

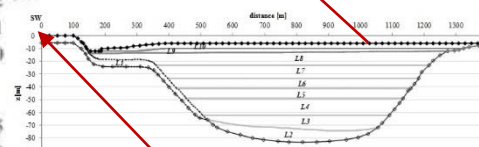


2-D



$$RRS(T) = \frac{S_{A,o}(\xi, T)}{S_{A,i}(\xi, T)}$$

Output ("o")



Input ("i")

- Focalizzazione (1 s)

- Influenza dell'input

- 1-D > 2-D dove il bedrock è più rigido (FAL3)

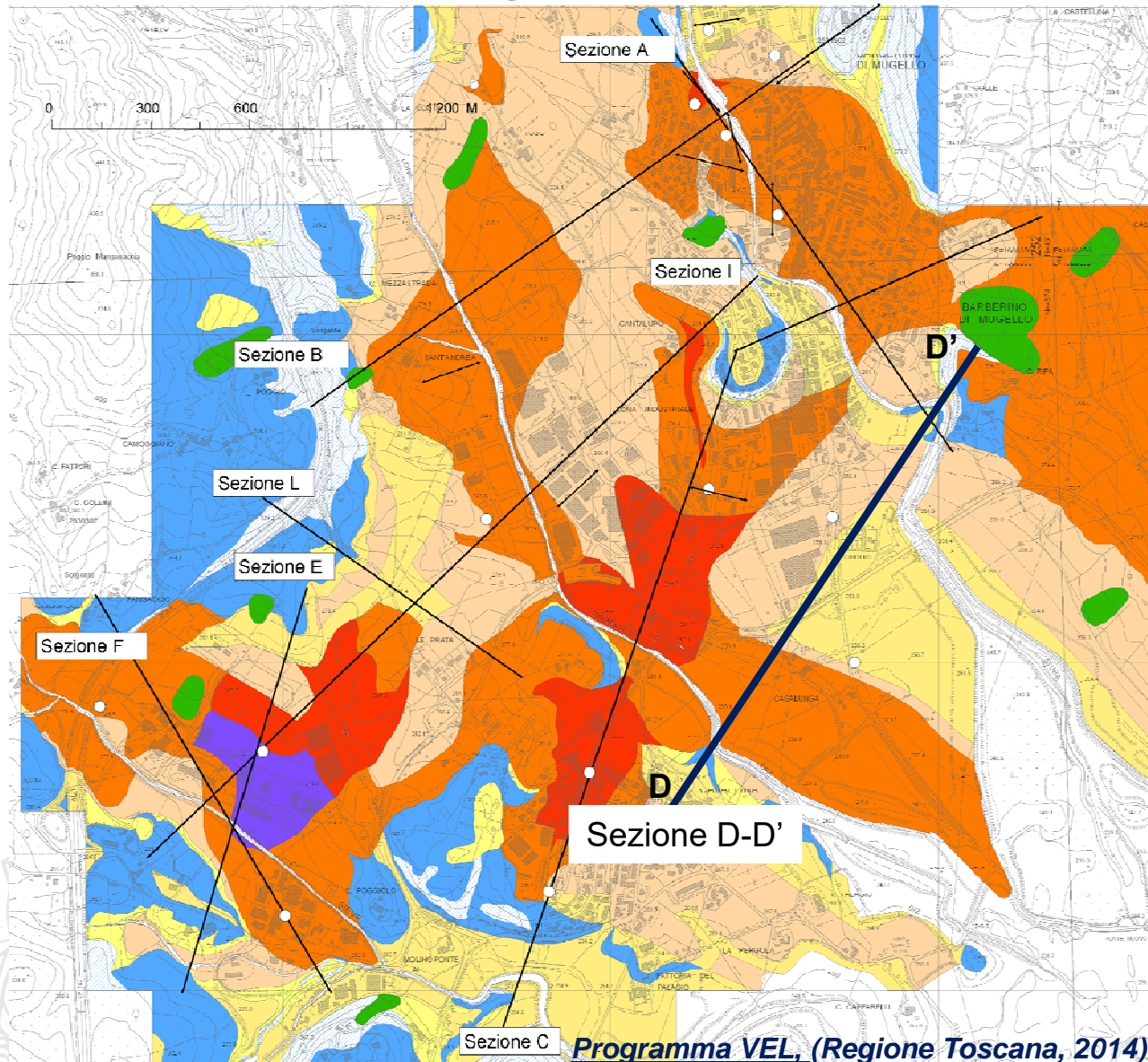




- La scelta del parametro sismico è fondamentale per individuare gli effetti di valle (meglio un parametro integrale come FH)
- Gli effetti di valle sono trascurabili al centro e più evidenti in corrispondenza dei fianchi: per periodi più alti sono più evidenti nella parte più profonda, mentre per periodi più bassi sono più evidenti nella parte più superficiale
- Effetti significativi dovuti alla focalizzazione delle onde sismiche sono osservati per periodi intorno a 1 s al centro del bacino
- L'amplificazione stimata col modello 1D è maggiore di quella ottenuta dal modello 2-D (indipendentemente dal periodo) in corrispondenza del bedrock più rigido



Barberino del Mugello (Carta MZS III livello)



- FH = 1.0 Ft = 1.2
- FH = 1.0
- 1.0 ≤ FH < 1.1
- 1.1 ≤ FH < 1.3
- 1.3 ≤ FH < 1.5
- 1.5 ≤ FH < 2.0
- 2.0 ≤ FH < 2.5
- FH ≥ 2.5
- Slope Instability
- VEL Program boreholes
- VEL Program seismic lines

$$FH = \frac{\int_{0.1}^{0.5} S_{A,o}(\xi, T) dT}{\int_{0.1}^{0.5} S_{A,i}(\xi, T) dT}$$

o = output (superficie)

i = input (bedrock affiorante)

Grazie per l'attenzione!

