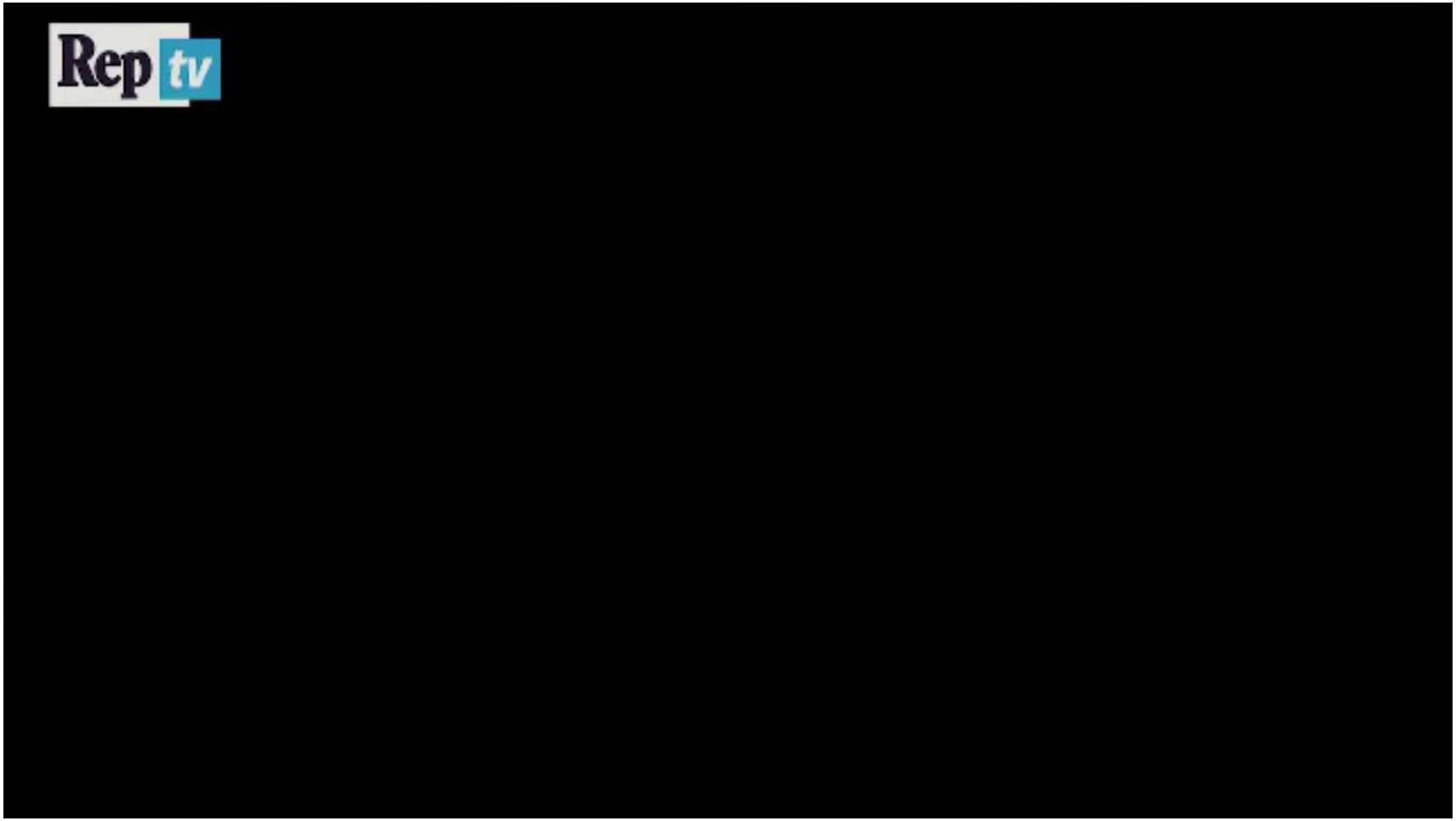
Amatrice 2016

Il rischio sismico

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE



IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

D1

L’Italia e’ un Paese sismico?

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

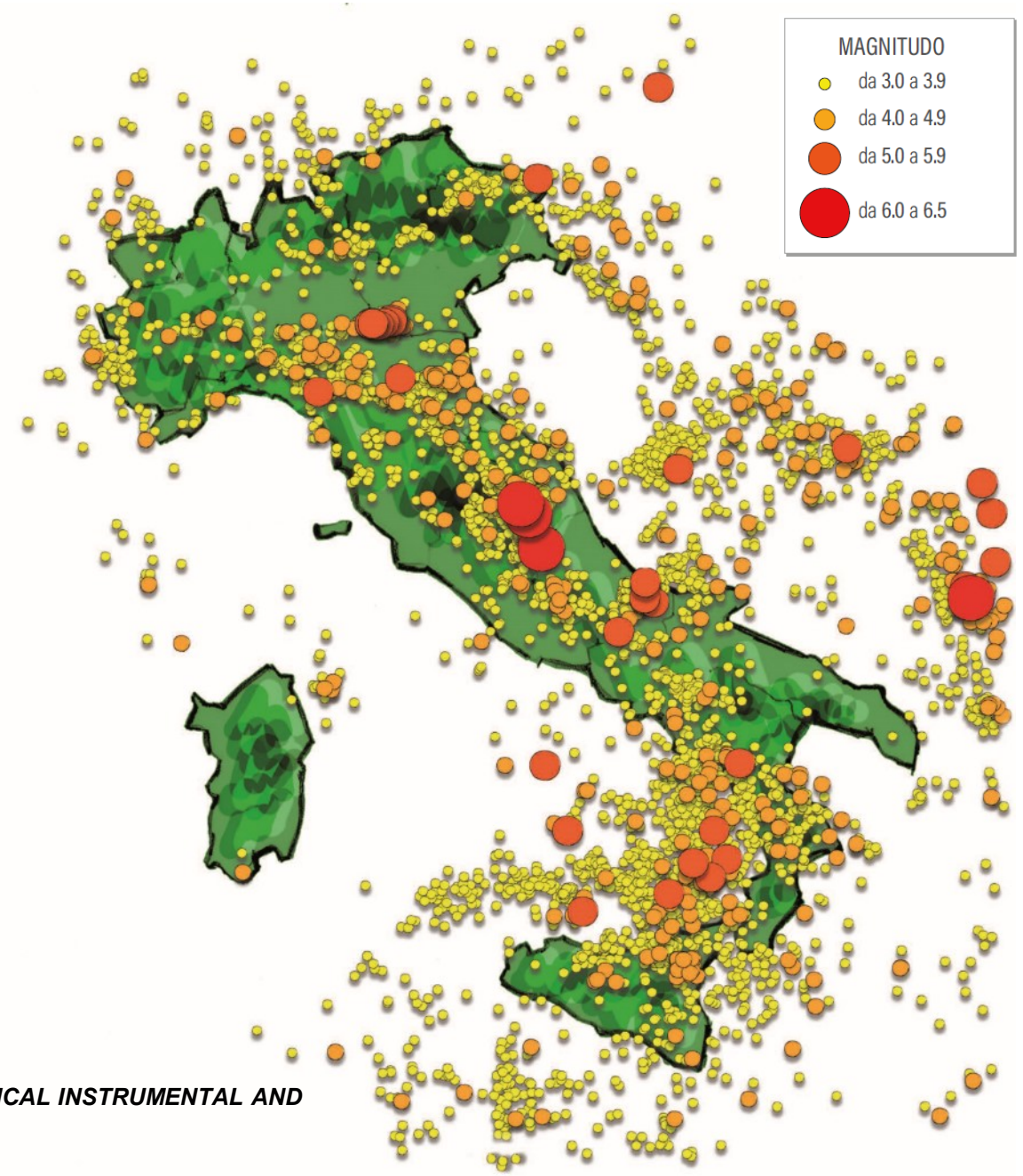
I terremoti dal 2000 al 2020

Terremoti di magnitudo moderata tra 5.5 e 6.0

Molise nel 2002 (Mw 5.8)
Abruzzo nel 2009 (Mw 6.3)
Emilia Romagna nel 2012 (Mw 5.9)
Amatrice nel 2016 (Mw 6.0)

Terremoti forti M > 6.0

Norcia nel 2016 (Mw 6.5)



ESTRATTI DA ITALIAN SEISMOLOGICAL INSTRUMENTAL AND PARAMETRIC DATA-BASE (ISIDE)
http://terremoti.ingv.it

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

D2

Quali terremoti ricordate?

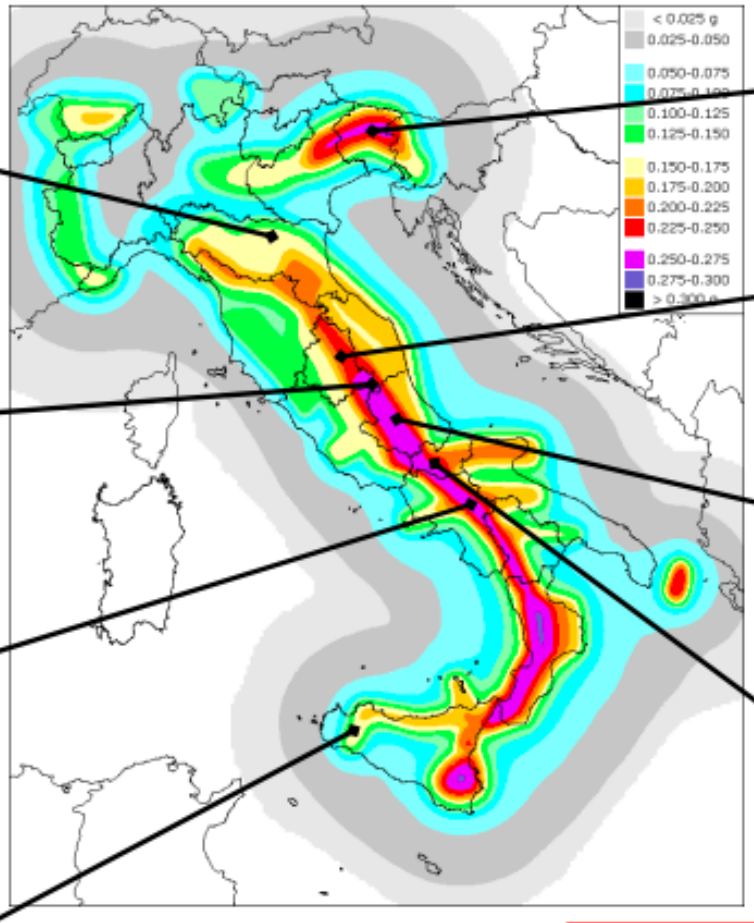
IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Po Plain 2012 (M_w 6.0)
27 fatalities, 5000 homeless
Losses: ~ 10,000 M€

Central Italy 2016 (M_w 6.5)
~ 300 fatalities, 32000 homeless
Losses: ~ 22,000 M€

Irpinia 1980 (M_w 6.9)
~ 3000 fatalities, 400000 homeless
Losses: ~ 65,000 M€

Belice 1968 (M_w 6.1)
~ 300 fatalities, 60000 homeless
Losses: ~ 18,000 M€



Friuli 1976 (M_w 6.4)
~ 1000 fatalities, 90000 homeless
Losses: ~ 42,000 M€

Umbria-Marche 1997 (M_w 5.9)
11 fatalities, 40000 homeless
Losses: ~ 17,000 M€

Abruzzo 2009 (M_w 6.3)
~ 300 fatalities, 67000 homeless
Losses: ~ 19,000 M€

Molise 2002 (M_w 5.7)
30 fatalities, 3000 homeless
Losses: ~ 2,400 M€

1968-2018
Fatalities: ~ 5000 (100/yr)
Homeless: ~ 650000 (6500/yr)

IO NON RISCHIO

BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Audio Terremoto Irpinia
23 novembre 1980

D3

Che rumore fa un terremoto?

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

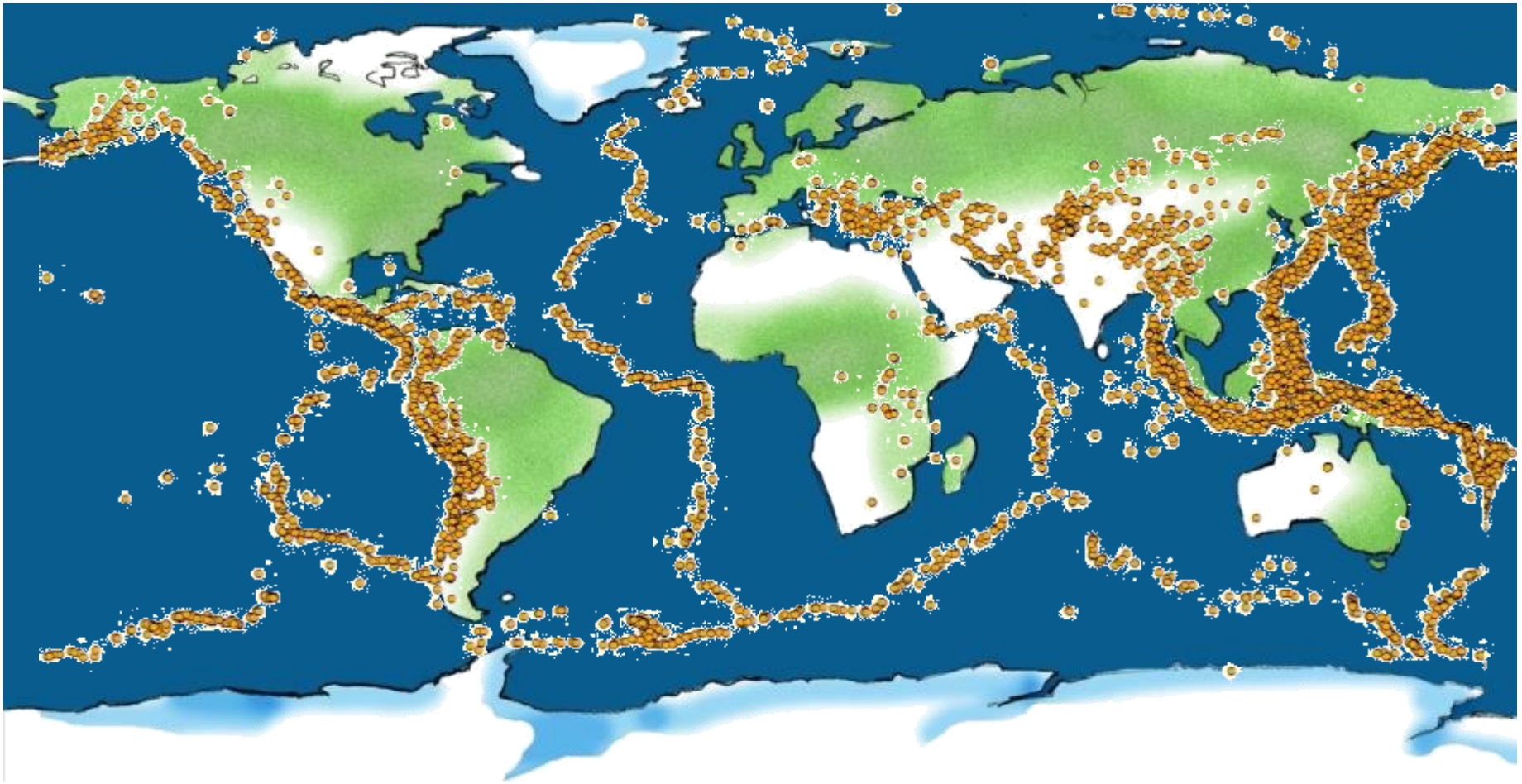
D4

Qual ’e’ la causa dei terremoti?

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

I terremoti nel mondo

La sismicità non si distribuisce in maniera né casuale né uniforme, ma si concentra principalmente lungo i margini delle **placche.**

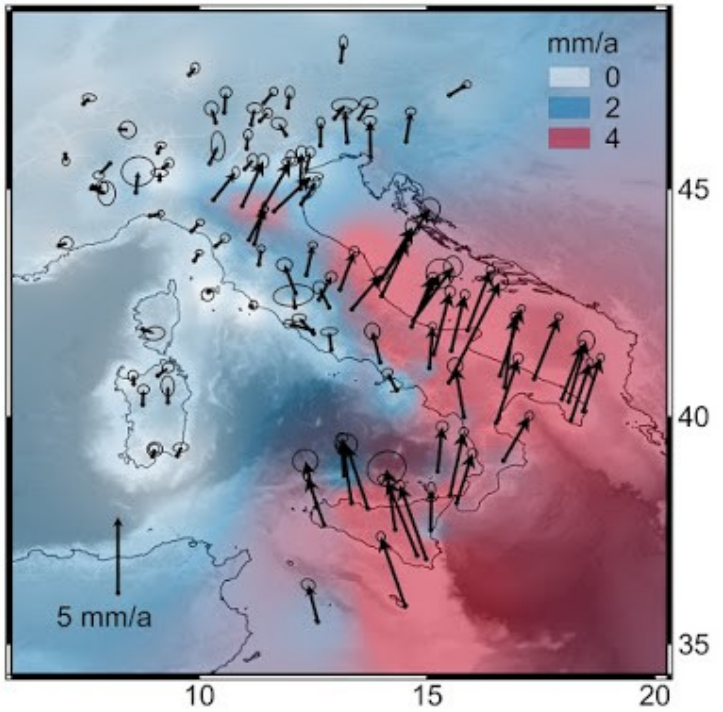


Sismicità Mw≥5.5

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Sistema collisionale del Mediterraneo.

Il lento e progressivo processo di convergenza tra la placca europea e quella africana, lungo una direttrice circa Nord-Sud, ha comportato l'articolazione di diverse fasce di deformazione della crosta terrestre, lungo le quali si produce la maggior parte della sismicità della penisola italiana.

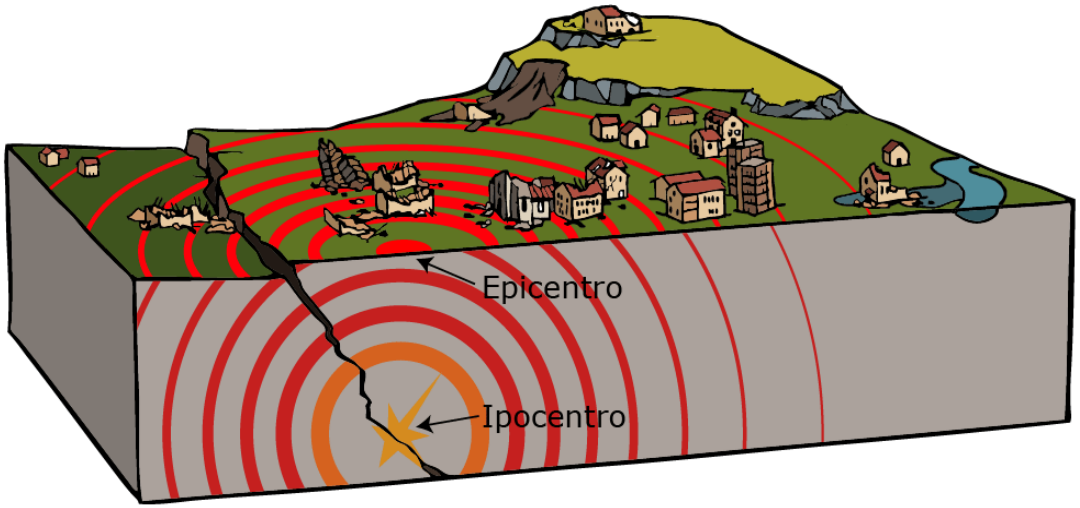


IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

D5

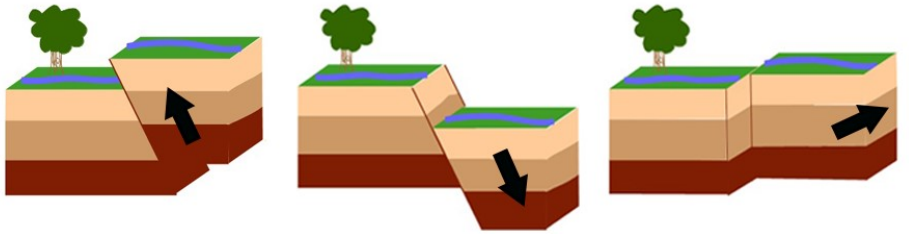
Cos’è una faglia?

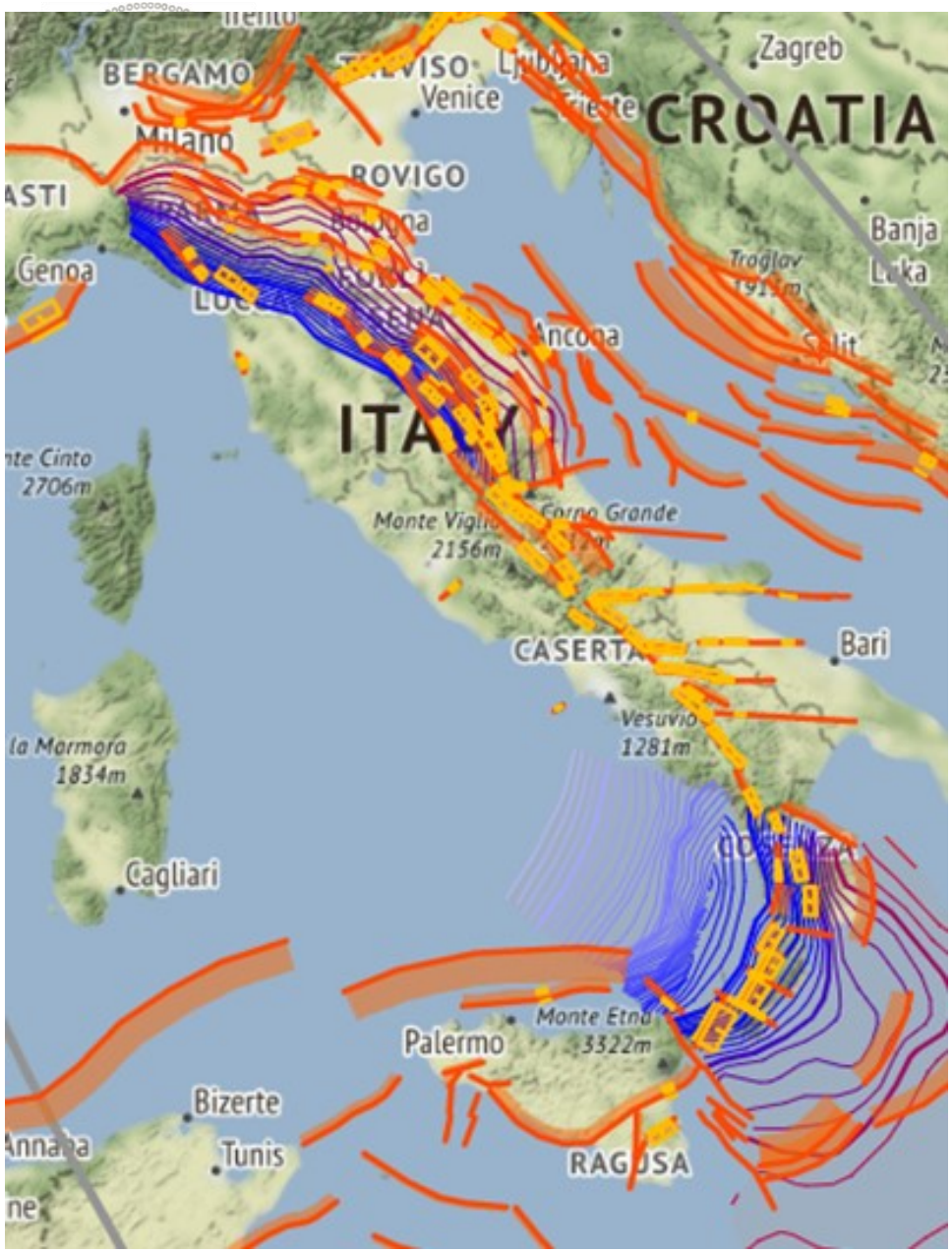
IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

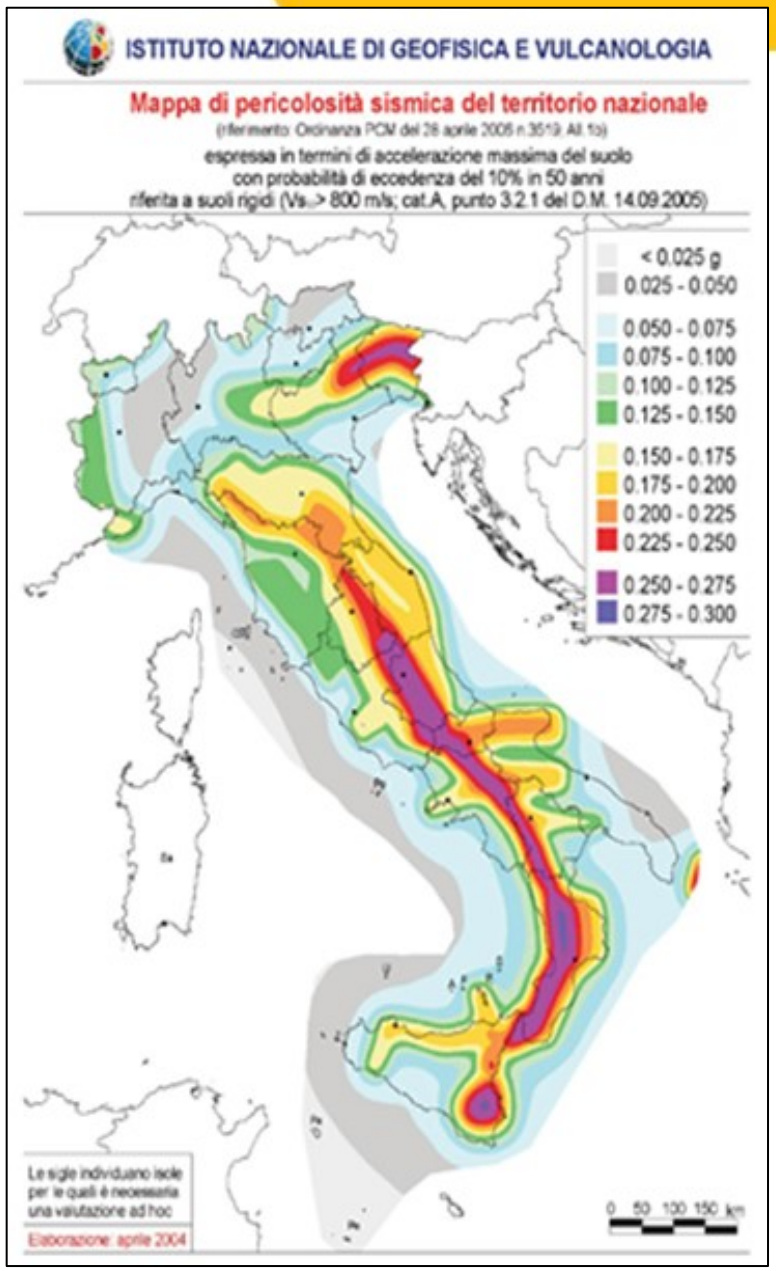


Sul **Monte Vettore** si e' formato uno scalino lungo 10 Km e alto dai 20 ai 50 cm.

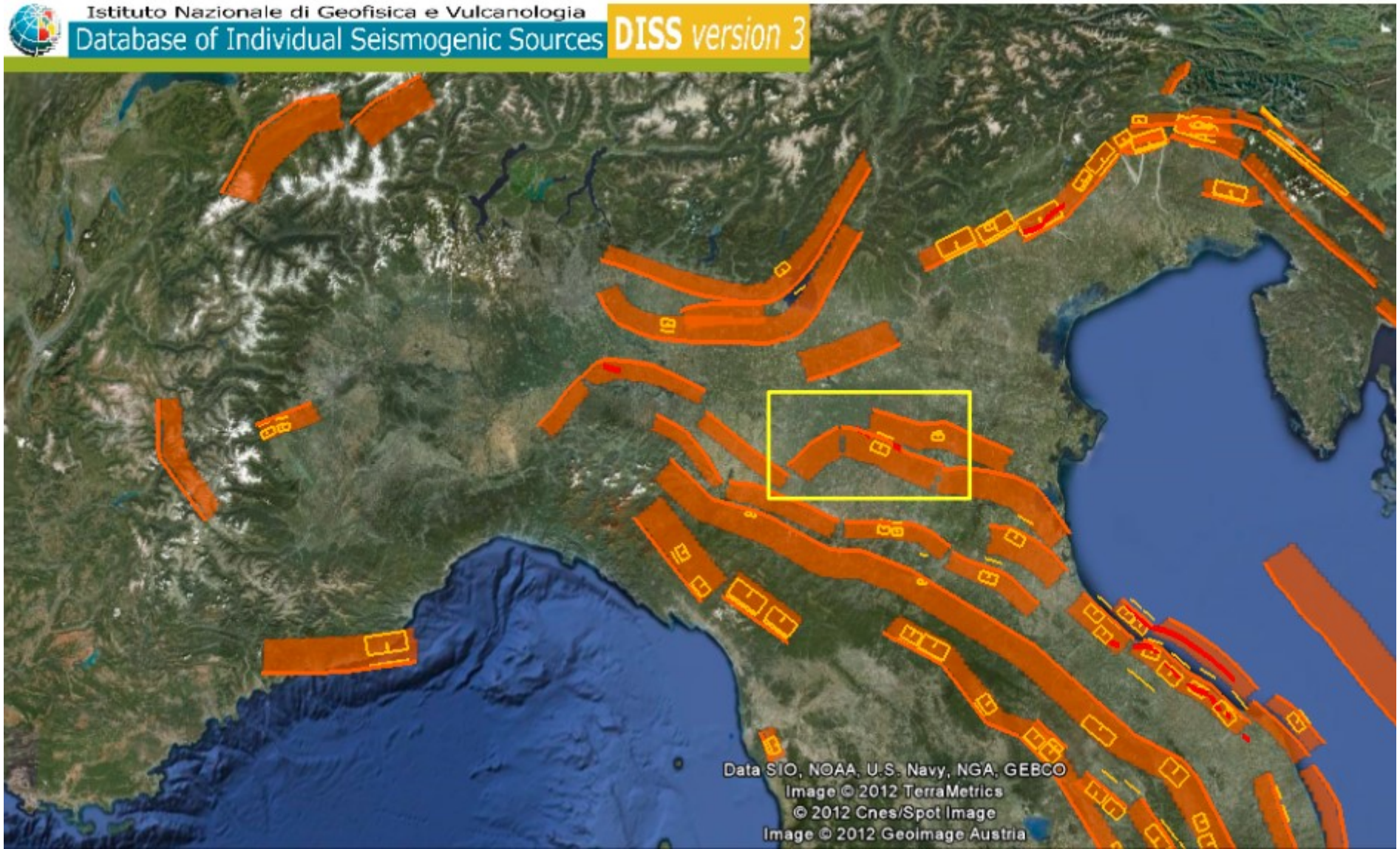
Le faglie sono superfici di frattura.
Le faglie sono fratture tettoniche nel sottosuolo lungo le quali le masse rocciose mostrano evidenze di movimento relativo.
Quando negli ultimi 10'000 anni in una faglia si sono verificati uno o più terremoti, la faglia è considerata attiva.
Sostanzialmente vale la seguente regola: tanto maggiore è la superficie di frattura e tanto più questa si espande quanto maggiore sarà l'entità del sisma



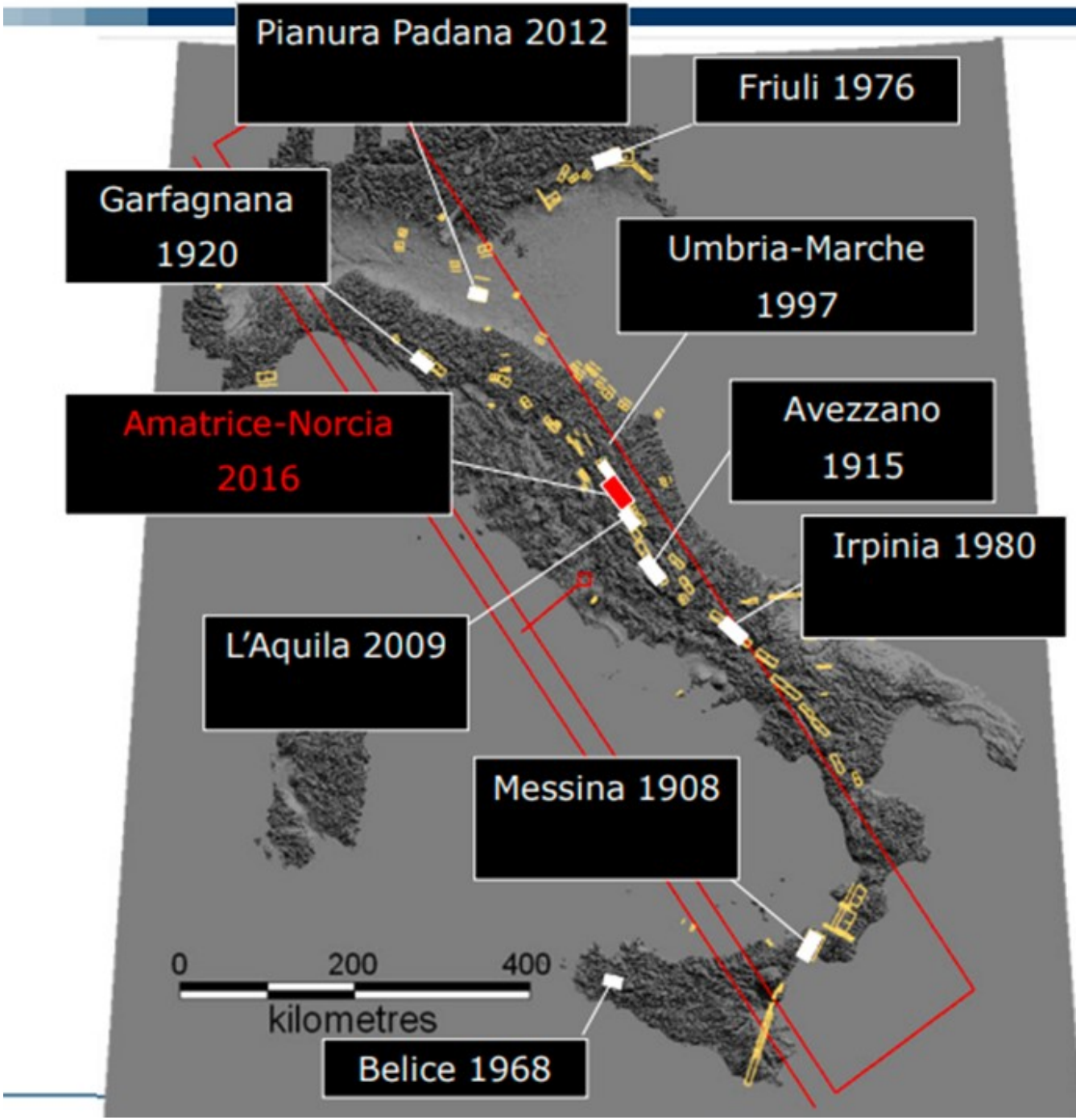

BERGAMO
Venice
Zagreb
CROATIA
Milano
ROVIGO
Genoa
Banja Luka
Troglav 1913m
Ancona
ITALY
Monte Cinto 2706m
Monte Vigli 2156m
Corno Grande
CASERTA
Bari
Vesuvio 1281m
la Marmora 1834m
Cagliari
Monte Etna 3322m
Palermo
Bizerte
Tunis
RAGUSA

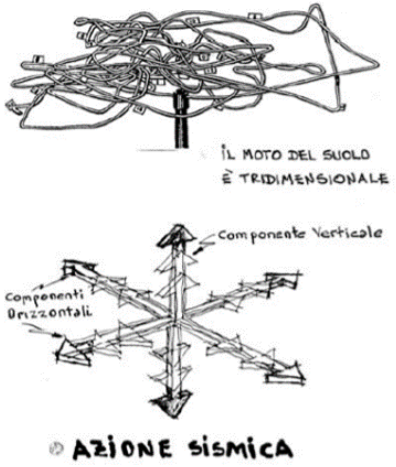

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale
(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b)
espressa in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
riferita a suoli rigidi (Vs > 800 m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)
< 0.025 g
0.025 - 0.050
0.050 - 0.075
0.075 - 0.100
0.100 - 0.125
0.125 - 0.150
0.150 - 0.175
0.175 - 0.200
0.200 - 0.225
0.225 - 0.250
0.250 - 0.275
0.275 - 0.300
Le sigle individuano isole per le quali è necessaria una valutazione ad hoc
Elaborazione: aprile 2004
0 50 100 150 km

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE



IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE





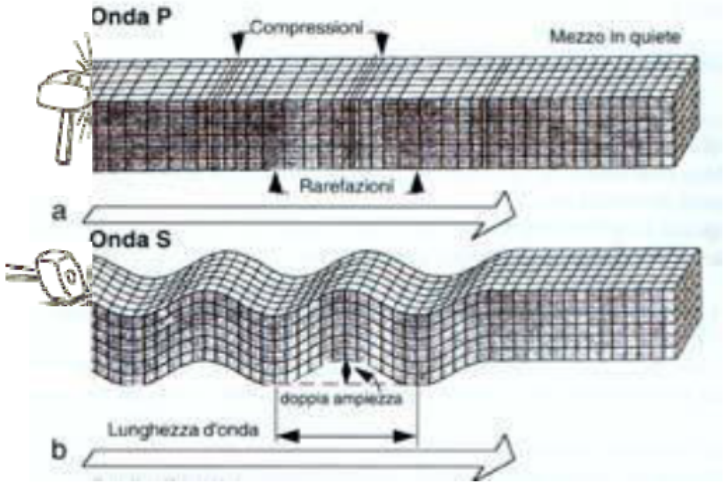
D6

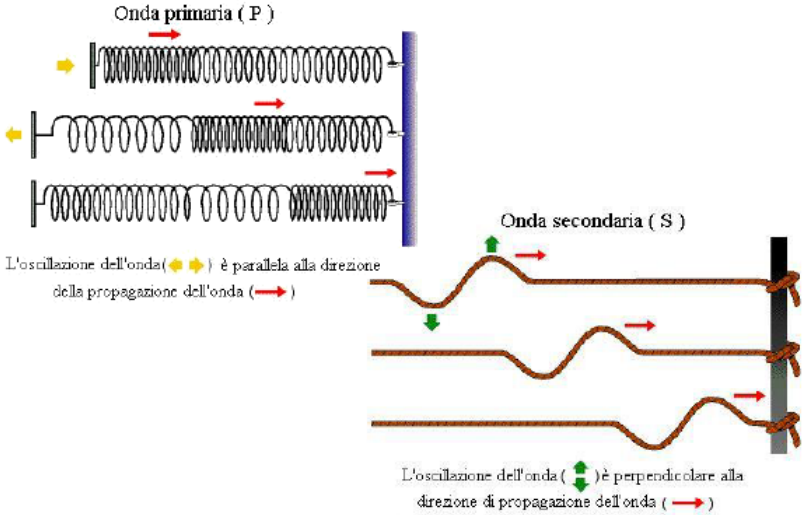
Come si propaga l'energia generata dal terremoto?

D7

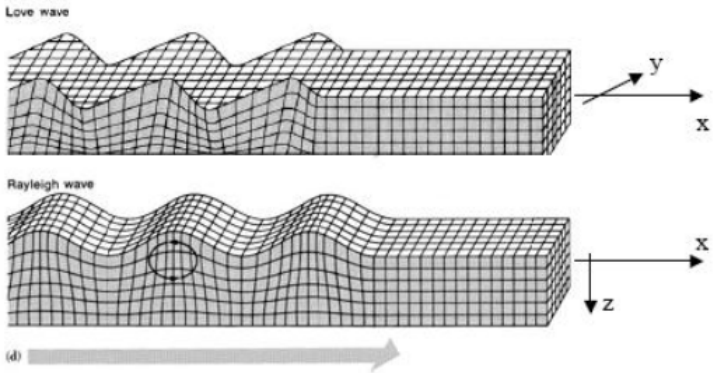
Quante onde sismiche conoscete?

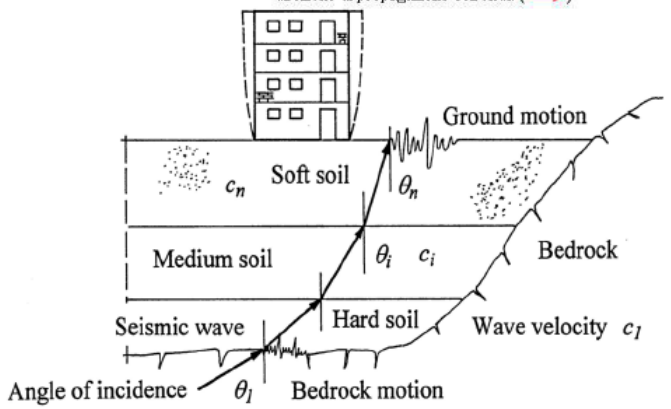
L'energia sismica che viene rilasciata dalla sorgente sismica genera uno stato di tensione – deformazione che si propaga mediante un processo di ONDE SISMICHE. Queste si dividono in ONDE DI VOLUME, PRIMARIE e SECONDARIE:





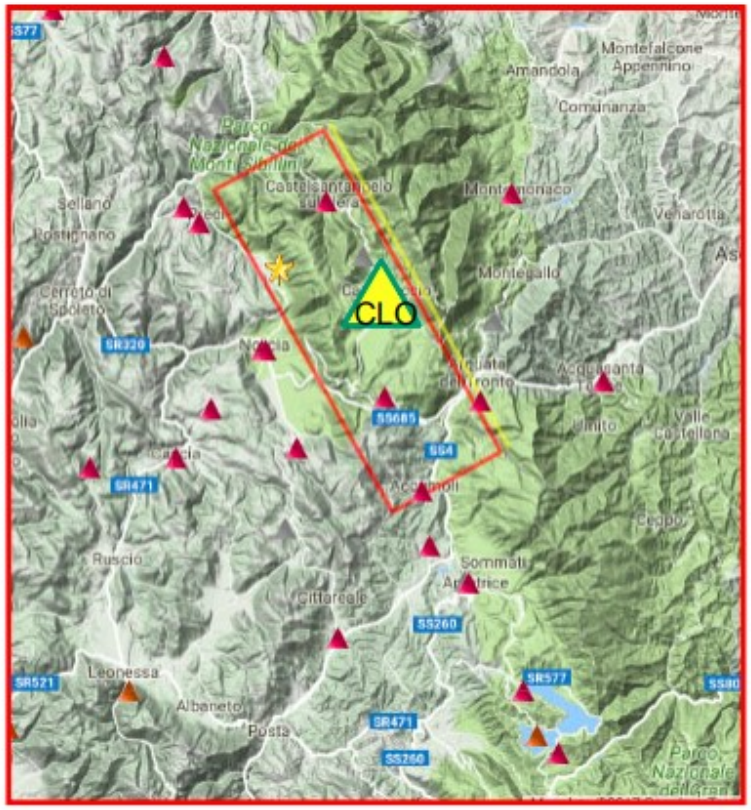
e ONDE DI VOLUME, di RAYLEIGH e di LOVE:

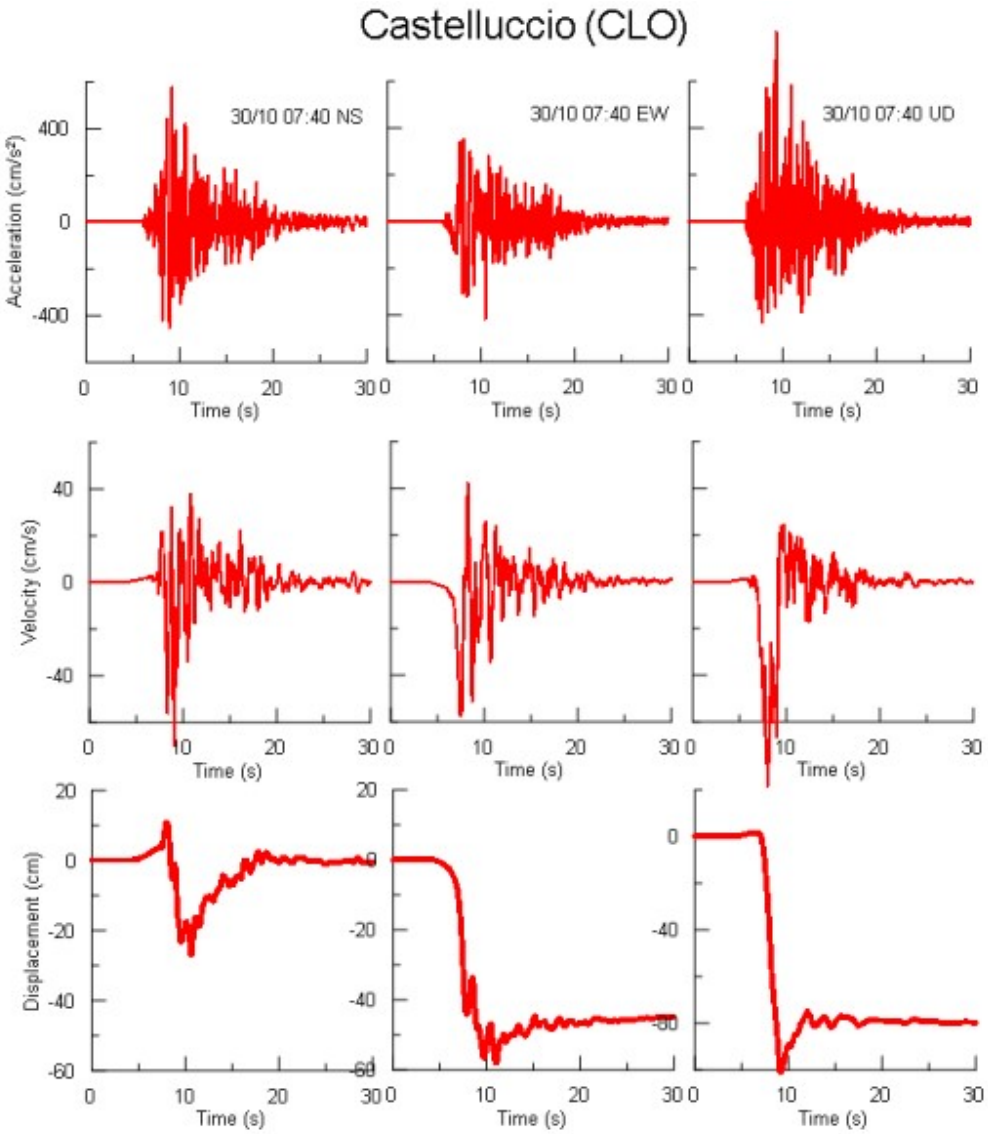




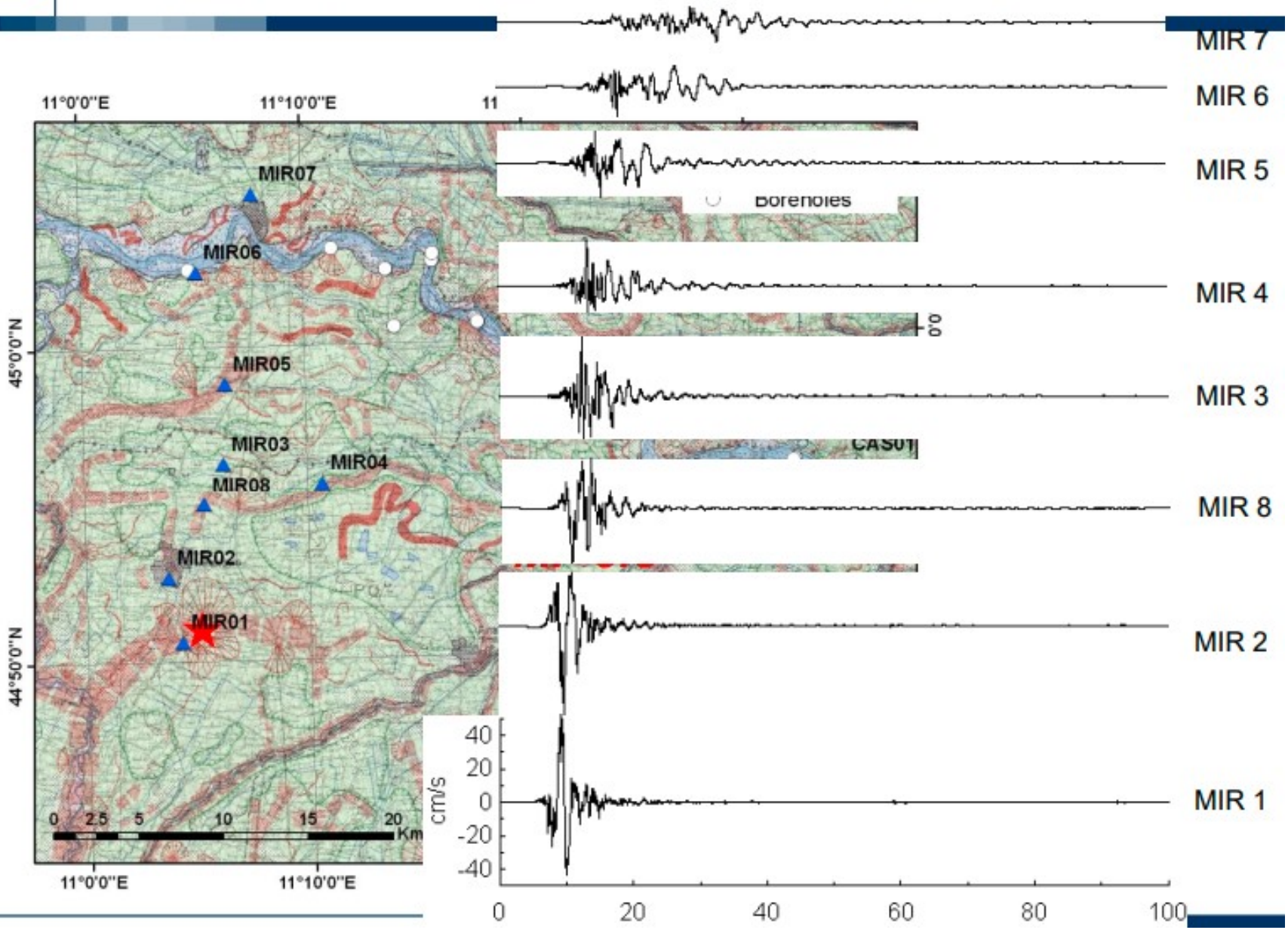
Fonte: EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN OF MASONRY BUILDINGS, Tomazevic, Imperial College Press, 1999

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE





Evento di ML 5.8 (29-05-2012 07:00:03)
Transetto Mirandola – Stazioni INGV – Velocità NS



IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

D8

Come si misurano i terremoti?

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Magnitudo

Dati strumentali

energia

Intensità

Rilievo danni

effetti

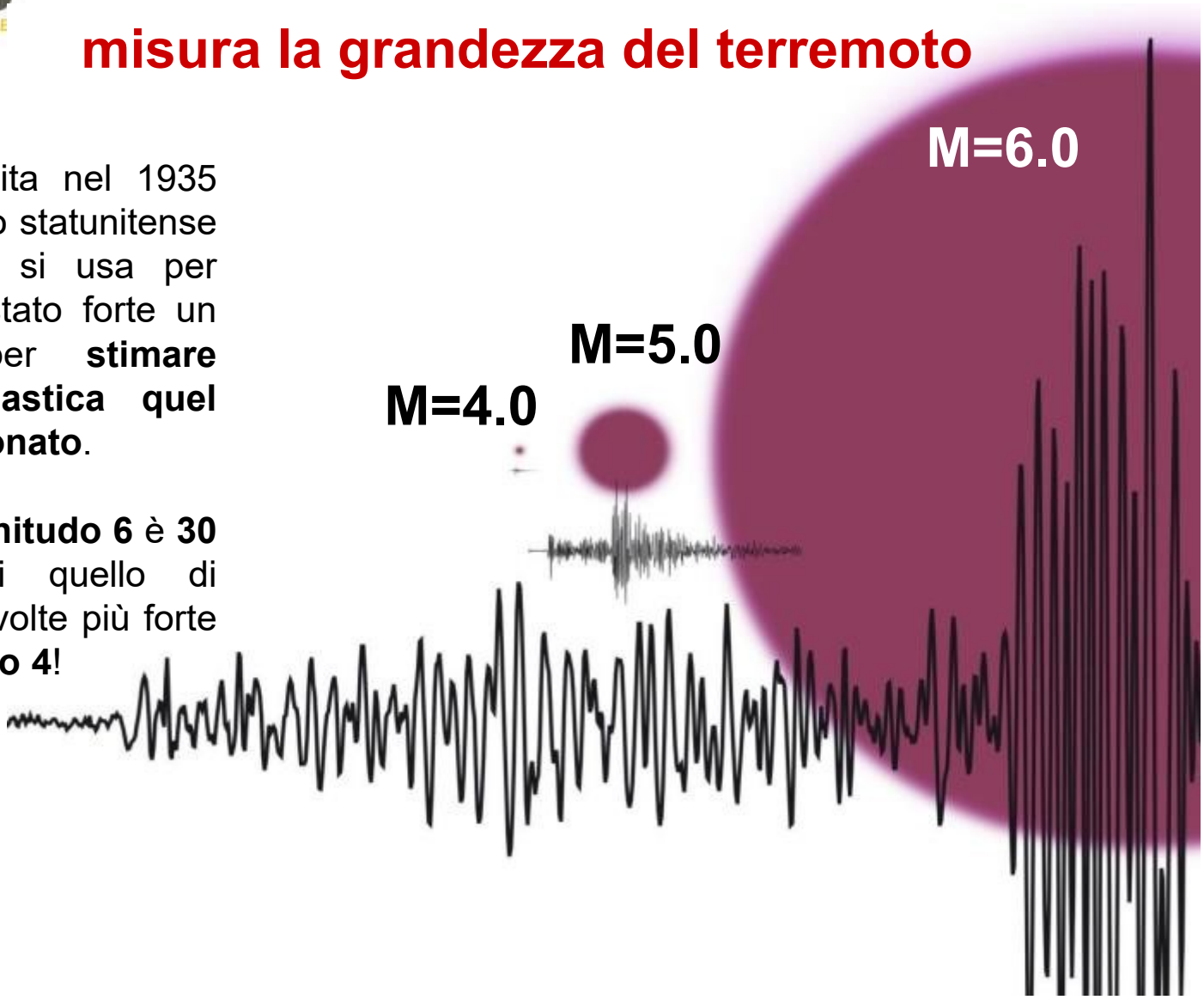
IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

La MAGNITUDO

misura la grandezza del terremoto

La magnitudo (definita nel 1935 dal famoso sismologo statunitense Charles F. Richter) si usa per misurare quanto è stato forte un terremoto, cioè per **stimare quanta energia elastica quel terremoto ha sprigionato**.

Un terremoto di **magnitudo 6** è **30** volte più forte di quello di **magnitudo 5** e **900** volte più forte di quello di **magnitudo 4**!



L’intensità del terremoto

Scala Macrosismica Europea (EMS-98)

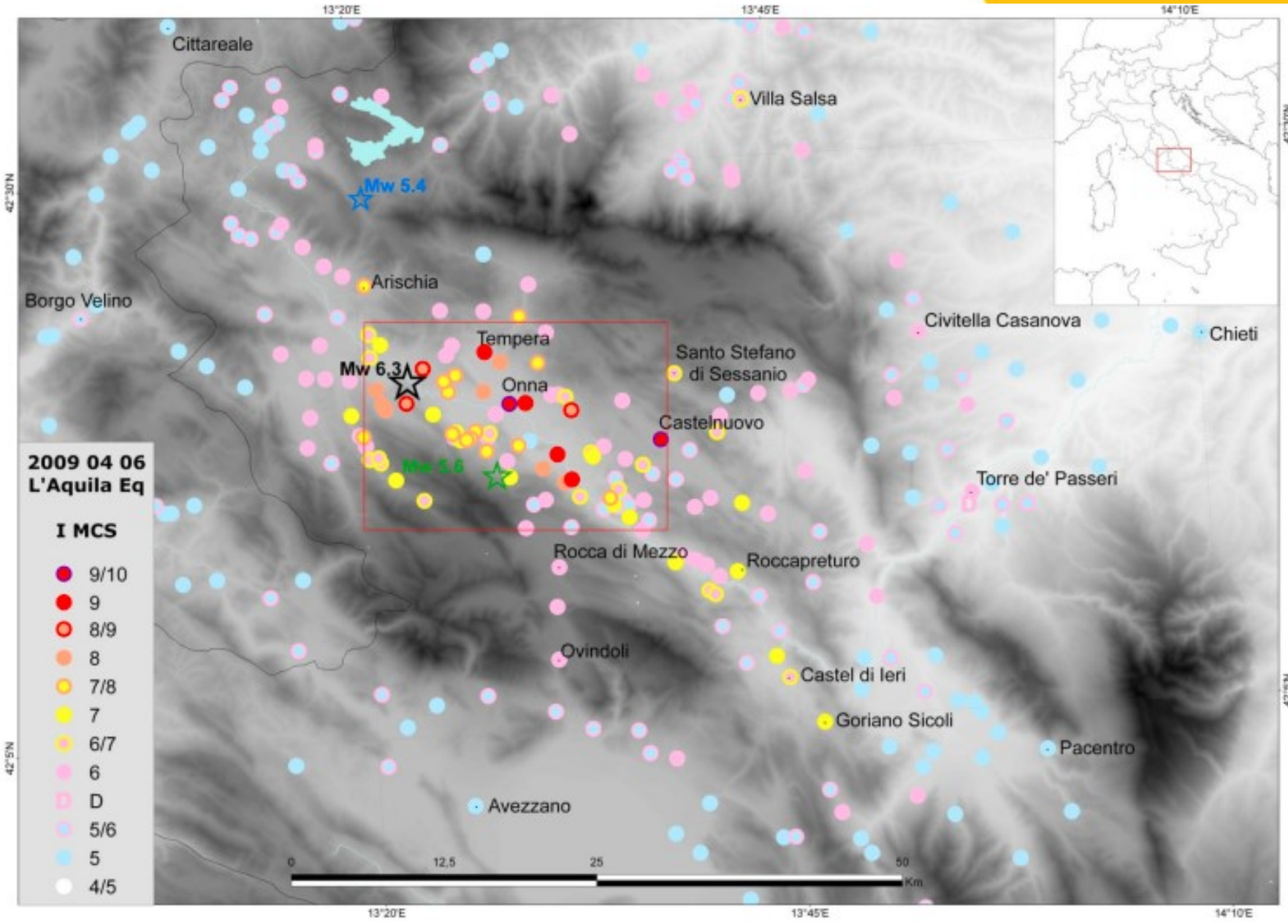
EMS-98 Intensità	Risentito	Impatto	Magnitudo (Valori indicativi)	Danno agli edifici (Muratura)
I	Non risentito	Non risentito		
II-III	Debole	Il terremoto è avvertito all'interno da pochi. I dormienti registrano un ondeggiamento o un lieve tremito.	2 – 3	
IV	Leggero	Il terremoto è risentito all'interno da molti e all'aperto soltanto da pochissimi. Qualcuno viene svegliato. Le porcellane, i vetri, le finestre e le ante si scuotono rumorosamente.		
V	Moderato	Risentito all'interno da molti, all'aperto da pochi. Alcune persone si spaventano. Molti dormienti si svegliano. Gli osservatori sentono un forte scuotimento e oscillazione dell’intera costruzione. Gli oggetti appesi oscillano considerevolmente. Le porcellane e i vetri tintinnano rumorosamente. I piccoli oggetti possono essere spostati o cadere. Le ante e le finestre si aprono o si chiudono.	4	
VI	Forte	Molta gente si spaventa e fugge all'aperto. Alcuni oggetti possono cadere. Molti edifici soffrono leggeri danni non strutturali, come fessure capillari e caduta di piccole porzioni di intonaco.		
VII	Molto forte	La maggior parte delle persone si spaventa e cerca di fuggire all'aperto. I mobili si spostano e molti oggetti cadono dalle mensole. Molti edifici residenziali di buona qualità' soffrono danni moderati: fessure nelle pareti, caduta di intonaco, collasso parziale dei camini; altri edifici possono riportare grandi fessure nelle pareti e collasso dei tamponamenti.	5	
VIII	Severo	Molte persone non riescono a stare in piedi. Mole costruzioni riportano grandi crepe nelle pareti. Alcuni edifici di buona qualità' soffrono gravi collassi delle pareti. Edifici deboli e vecchi possono crollare.		
IX	Violento	Panico generale. Molte costruzioni deboli crollano. Anche gli edifici di buona qualità' riportano danni molto pesanti: collasso di pareti e parziale collasso strutturale.	6	
X+	Estremo	Crolla la maggior parte delle costruzioni di buona qualità. Vengono distrutte anche alcune costruzioni con buona progettazione antisismica.	7	

© Servizio Sismico Svizzero

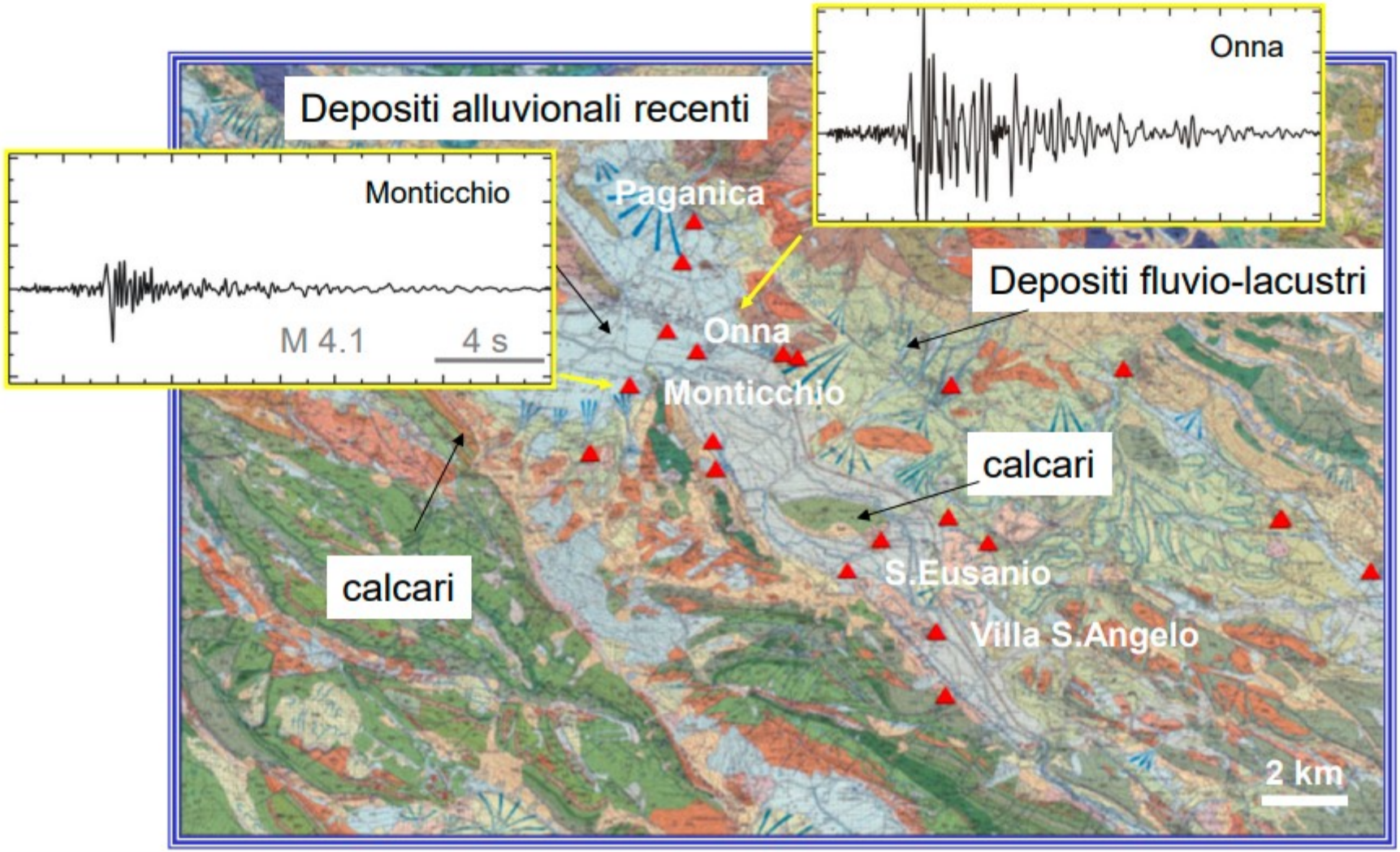
L'intensità descrive la forza di un terremoto in un luogo, basandosi sulla dimensione del danno (edifici, paesaggio) e sulla percezione soggettiva dell'osservatore.

Nell’utilizzo classico i numeri da:
I (terremoto non percepito) a
XII (distruzione totale)

della Scala Macrosismica Europea (EMS-98) vengono determinati in maniera soggettiva.


13°20'E
13°45'E
14°10'E
42°30'N
42°5'N
Cittareale
Villa Salsa
Mw 5.4
Arischia
Borgo Velino
Tempera
Mw 6.3
Onna
Santo Stefano
di Sessanio
Castelnuovo
Civitella Casanova
Chieti
Mw 5.6
Torre de' Passeri
Rocca di Mezzo
Roccapreturo
Ovindoli
Castel di Ieri
Goriano Sicoli
Pacentro
Avezzano
2009 04 06
L'Aquila Eq
I MCS
9/10
9
8/9
8
7/8
7
6/7
6
D
5/6
5
4/5
0
12,5
25
50
Km

Legame del danno con la geologia superficiale



IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

I TERREMOTI AQUILANI

ED IL PRIMO CONGRESSO GEODINAMICO ITALIANO

IN AQUILA DAL 4 ALL'8 SETTEMBRE 1887

RELAZIONE LETTA IL GIORNO 8 SETTEMBRE 1887

DAL SEGRETARIO DEL CONGRESSO

CAV. PROF. COSIMO DE GIORGI

PROF. DI STORIA NATURALE NELL'ISTITUTO TECNICO DI LECCE

Se dovete scegliere l'area più opportuna per fabbricare un nuovo quartiere della città, preferite sempre di fondare gli edifizii su rocce e su terreni compatti, ed evitate quelli più recenti a base di argilla, di sabbia e di conglomerati sciolti. E questo il primo precetto, sanzionato da una lunga e dolorosa esperienza di terremoti avvenuti in Italia e fuori, in questo e nei secoli scorsi. Per Aquila abbiamo già veduto che la parte orientale della città è relativamente più resistente della occidentale per la sua costituzione geologica e per l'esperienza che fatalmente se n'è fatta nei terremoti del 1456 del 1462 e del 1703.

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Tutti i morti ed i feriti sono causati dal crollo di parti strutturali e non strutturali degli edifici esistenti, nonché da fenomeni naturali indotti dal terremoto stesso.

Nessuno

D10

Quanti morti causano «direttamente» i terremoti?

Fenomeni indotti

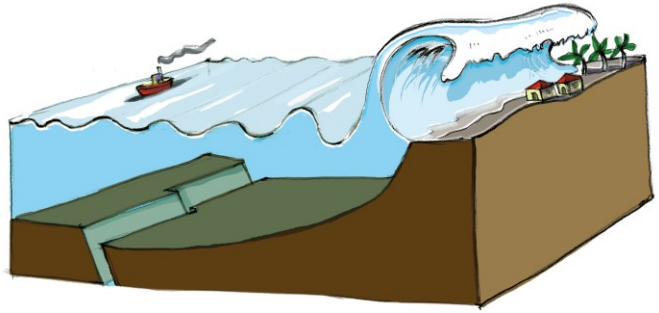
FRANE

Salvador, 2001

LIQUEFAZIONE

Kocaeli, Turkey, 1999

TSUNAMI



IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

D11

Qual ’e’ l’equazione elementare del Rischio sismico?

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

$$R_{ischio\ sismico} = f(P, V, E)$$

D12

Pericolosità sismica e rischio sismico sono sinonimi?

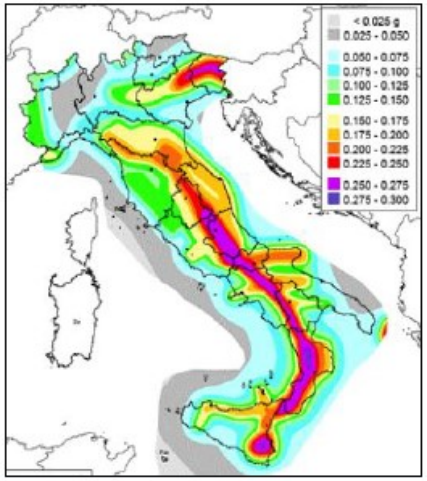
IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

RISCHIO SISMICO

Il **rischio sismico** è la valutazione probabilistica dei **danni** sociali (persone), materiali, economici e funzionali che ci si attende in un dato **luogo** ed in un prefissato intervallo di **tempo**, a seguito del verificarsi di uno o più **terremoti**.

$$R = f(P, V, E)$$

E' un concetto generale che comprende sia la probabilità dell'evento, sia le conseguenze che l'evento stesso potrebbe produrre. E' la misura dei danni che, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti), ci si può attendere in un dato intervallo di tempo.



PERICOLOSITA' P

VULNERABILITA' V

ESPOSIZIONE E

IONONRISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

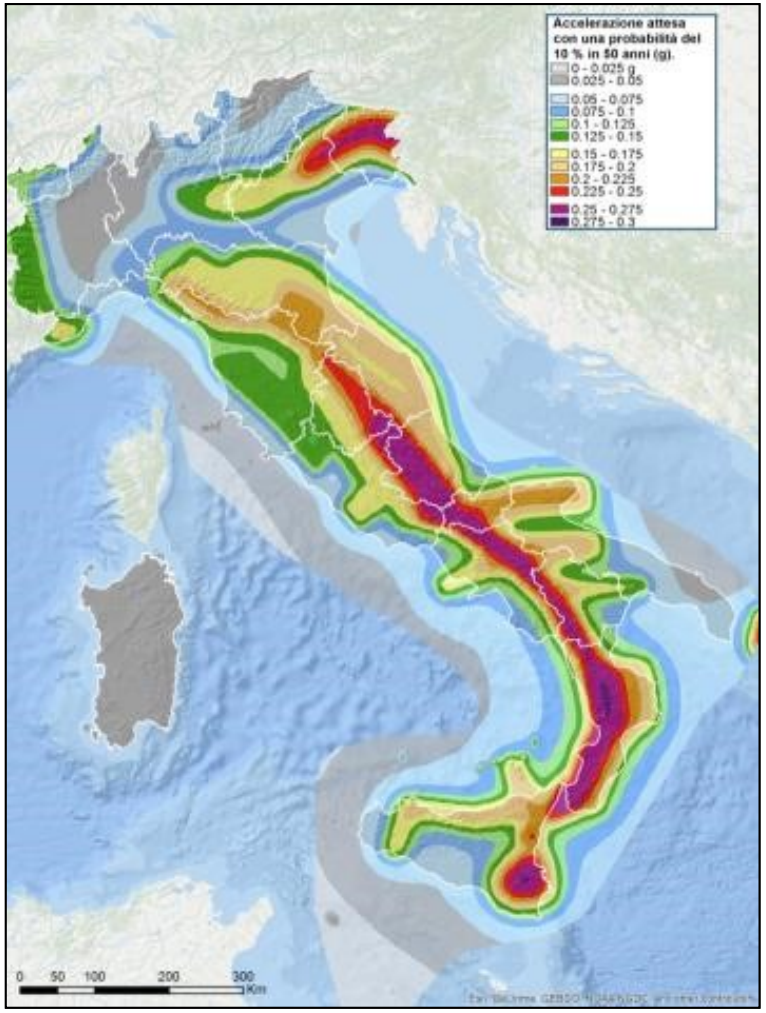
R= *f* (P, V, E)

PERICOLOSITA'

Prevedere un terremoto non è possibile e potrebbe verificarsi in qualsiasi momento. Sui terremoti sappiamo molte cose, ma non è ancora possibile prevedere con certezza quando, con quale forza e precisamente dove si verificheranno.

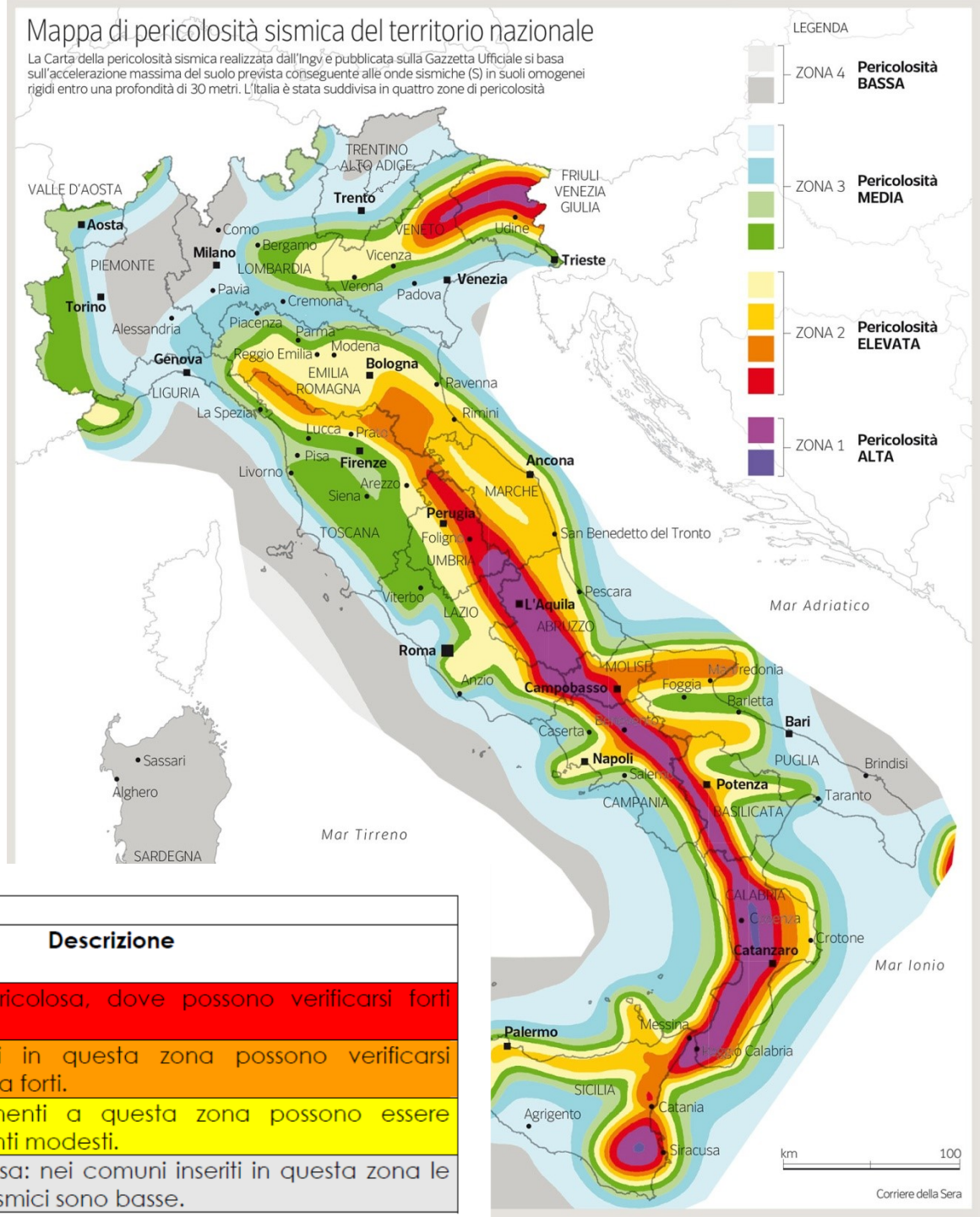
Sappiamo bene, però, quali sono le zone più pericolose

I valori di pericolosità di base sono calcolati e riportati in mappe ufficiali per tutto il territorio nazionale



Il territorio italiano è suddiviso in **4 zone**:

- **zona 1** dove forti terremoti sono molto probabili;
- **zona 2** e **zona 3** con eventi forti e mediamente poco frequenti, o terremoti moderati ma frequenti;
- **zona 4** con rari eventi di energia moderata. Forti terremoti, seppur molto rari, sono comunque possibili.



Ordinanza PCM n. 3274 del 20/03/2003

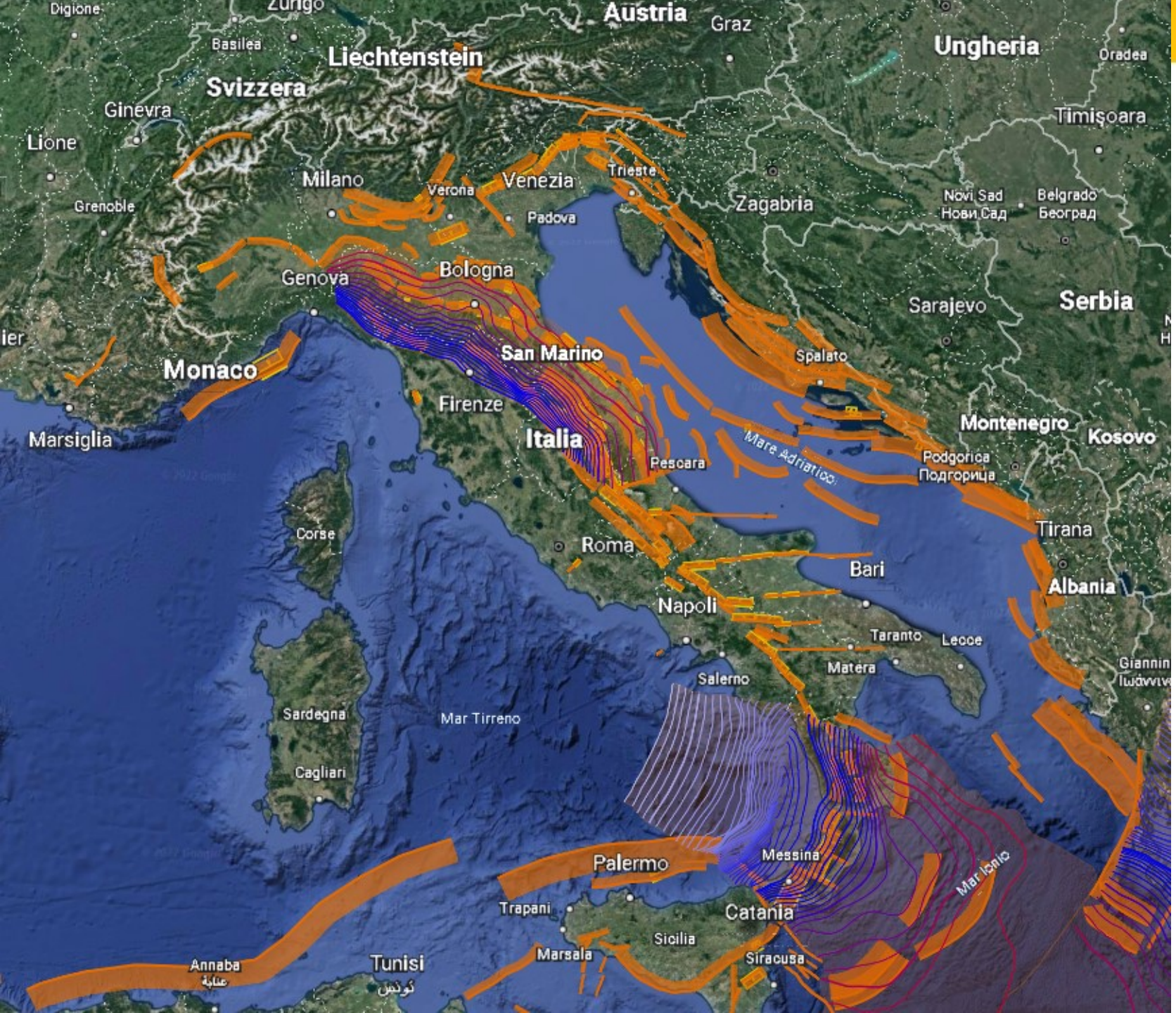
Zona sismica	Accelerazione massima	Descrizione
1	a_g>0,25	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
2	0,15<a_g<0,25	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
3	0,05<a_g<0,15	I comuni appartenenti a questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
4	a_g<0,05	E' la meno pericolosa: nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

…. Tanto noi abitiamo in Val Padana …..

D13

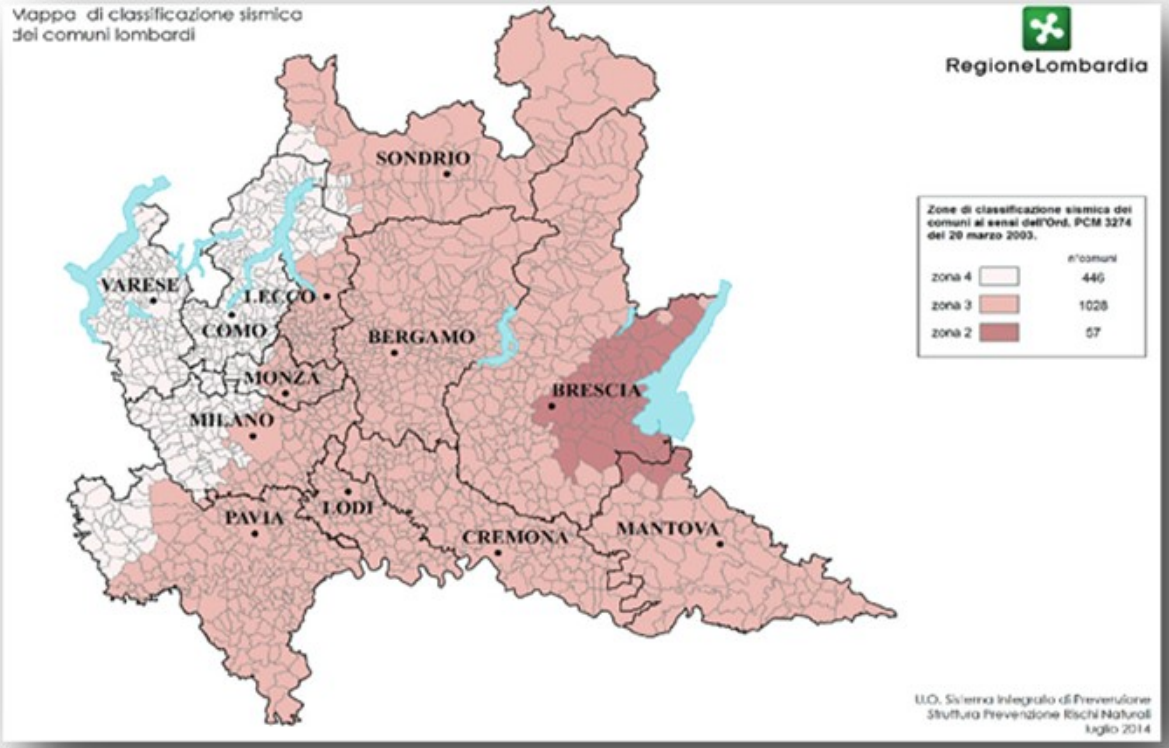
Come si può considerare il rischio sismico in Lombardia?
Alto, medio o basso?


Austria
Graz
Ungheria
Oradea
Liechtenstein
Svizzera
Ginevra
Timişoara
Lione
Milano
Verona
Venezia
Trieste
Zagabria
Novi Sad
Нови Сад
Belgrado
Београд
Grenoble
Padova
Genova
Bologna
Sarajevo
Serbia
San Marino
Spalato
Monaco
Firenze
Montenegro
Kosovo
Marsiglia
Italia
Pescara
Mare Adriatico
Podgorica
Подгорица
Tirana
Corse
Roma
Bari
Albania
Napoli
Taranto
Lecce
Matera
Salerno
Sardegna
Mar Tirreno
Cagliari
Palermo
Messina
Mar Ionio
Trapani
Catania
Sicilia
Marsala
Siracusa
Annaba
عنابة
Tunisi
تونس

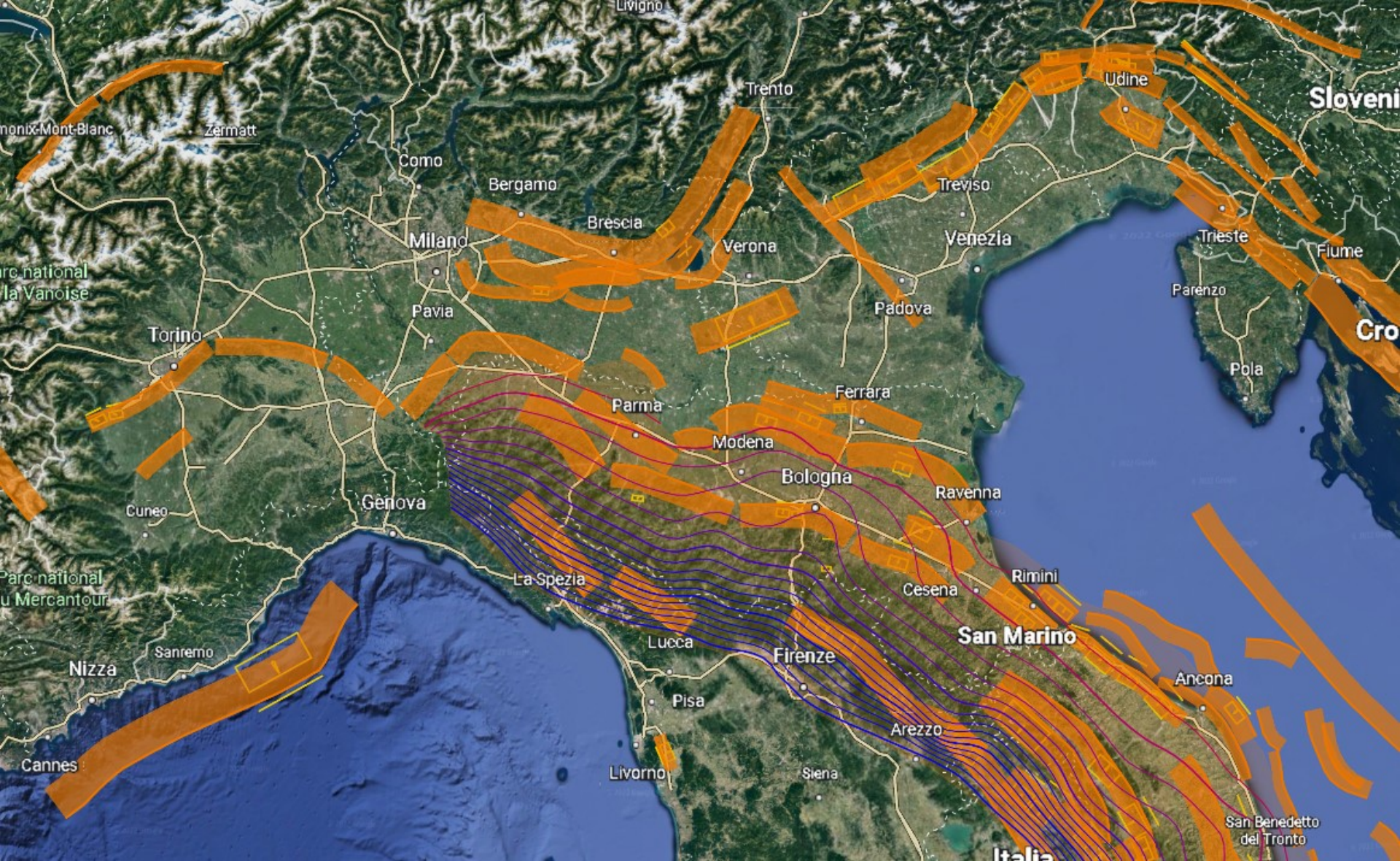
Pericolosità sismica in Regione lombardia

Il territorio regionale Lombardo è attualmente suddiviso in 3 zone:

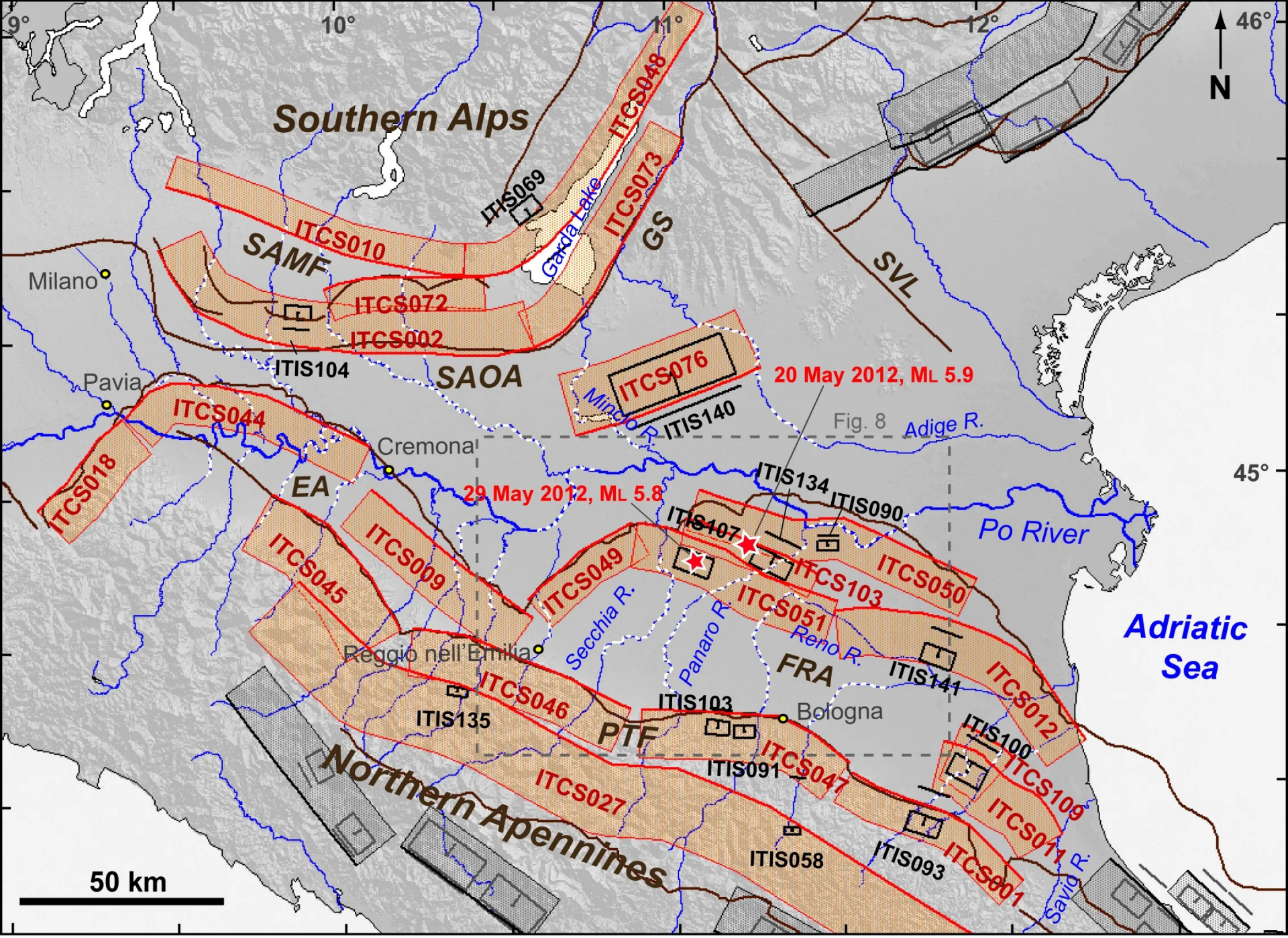
- zona 2, dove sono mediamente poco frequenti eventi forti o frequenti eventi moderati;
- zona 3, dove sono frequenti eventi moderati;
- zona 4, dove sono rari gli eventi di energia moderata, ma dove possono comunque essere possibili, seppur molto raramente, terremoti forti

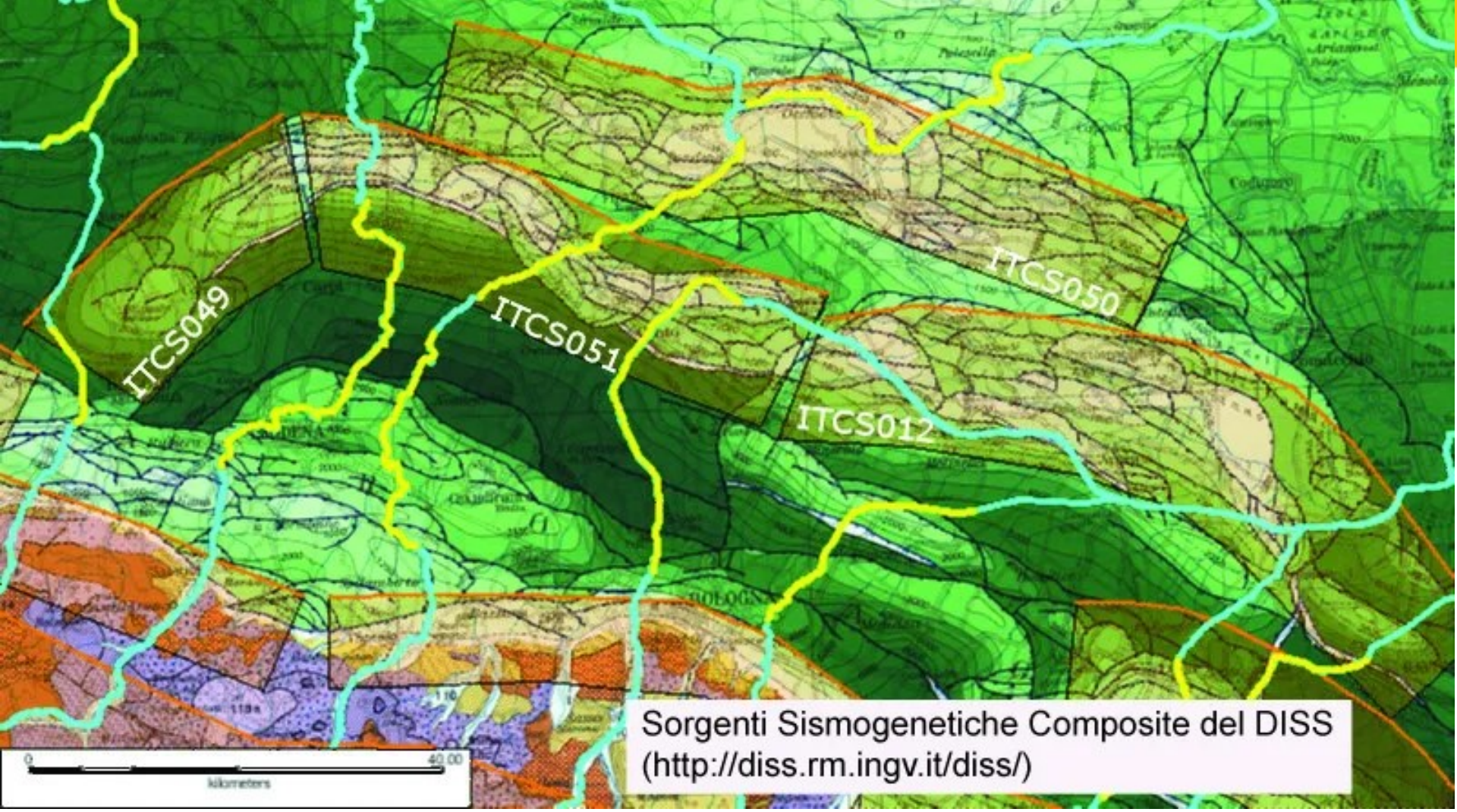


Nota.
La zona 1, dove sono molto probabili forti terremoti, non è classificata in Lombardia.

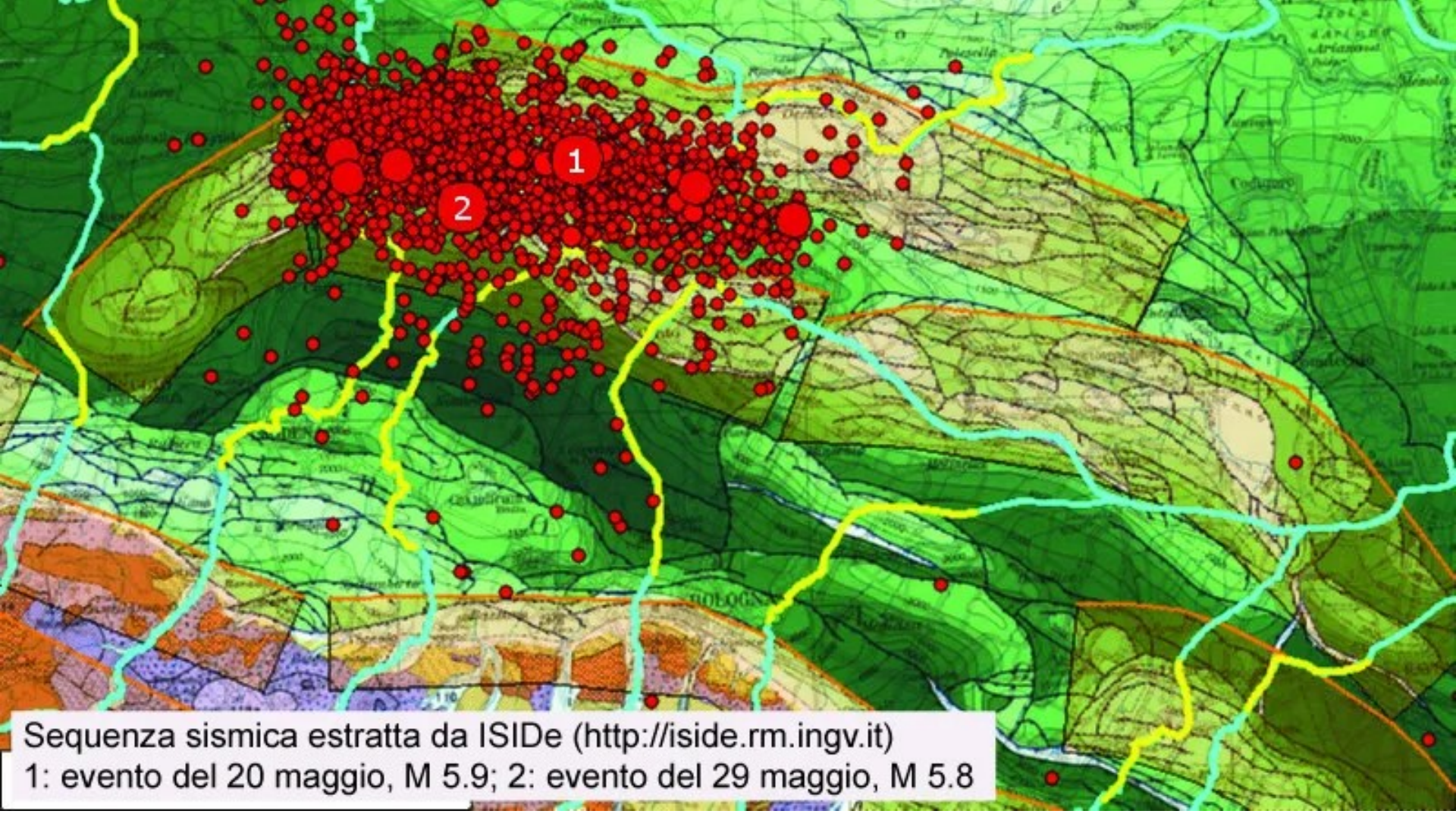


Mappa delle faglie attive in pianura padana


9°
10°
11°
12°
46°
45°
N
Southern Alps
ITCS048
ITCS073
ITIS069
Garda Lake
GS
SVL
ITCS010
SAMF
ITCS072
ITCS002
ITIS104
Milano
Pavia
SAOA
ITCS076
ITIS140
Mincio R.
20 May 2012, ML 5.9
Fig. 8
Adige R.
ITCS044
ITCS018
Cremona
EA
29 May 2012, ML 5.8
ITIS134
ITIS090
ITIS107
Po River
ITCS045
ITCS009
ITCS049
ITCS103
ITCS050
ITCS051
Secchia R.
Panaro R.
Reno R.
Adriatic Sea
Reggio nell'Emilia
FRA
ITIS141
ITCS012
ITCS046
ITIS135
ITIS103
Bologna
PTF
ITIS100
ITCS109
ITIS091
ITCS047
ITCS027
Northern Apennines
ITCS011
ITCS001
ITIS058
ITIS093
Savio R.
50 km



Sorgenti Sismogenetiche Composite del DISS
(http://diss.rm.ingv.it/diss/)



Sequenza sismica estratta da ISIDe (http://iside.rm.ingv.it)
1: evento del 20 maggio, M 5.9; 2: evento del 29 maggio, M 5.8

Edificio in muratura - Amatrice
Evidente fuori piombo e disgregazione della parete muraria

$$R = f(P, V, E)$$

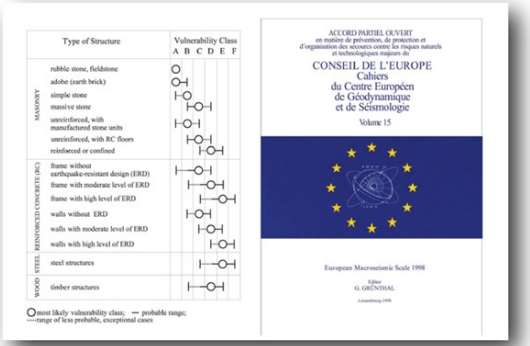
VULNERABILITA’

La differenziazione delle strutture in classi di vulnerabilità

Tipologie		Classi di vulnerabilità A	B	C	D	E	F
MURATURA	Pietra grezza	○					
	Case in terra o con mattoni crudi	○	⊣				
	Pietre sbozzate o a spacco	⊢	○	⊣			
	Pietre squadrate		⊢	○	⊣		
	Mattoni	⊢	○	⊣			
	Muratura non armata con solai in c.a.		⊢	○	⊣		
	Muratura armata o confinata			⊢	○	⊣	
CEMENTO ARMATO	Telaio senza protezione sismica (ERD)	⊢	·····	○	·····	⊣	
	Telaio con livello di ERD moderato		⊢	·····	○	·····	⊣
	Telaio con livello di ERD elevato			⊢	·····	○	·····
	Pareti senza ERD		⊢	○	⊣		
	Pareti con livello di ERD moderato			⊢	○	⊣	
	Pareti con livello di ERD elevato				⊢	○	⊣
Strutture in ACCIAIO				⊢	·····	○	·····
Strutture in LEGNO				⊢	·····	○	·····

○ most likely vulnerability class; — probable range;
····· range of less probable, exceptional cases

Tabella 2.2-1: Tabella di vulnerabilità



Note.
cerchio: la maggior parte degli edifici appartengono alla classe indicata

tratto continuo: indica un intervallo probabile, ovvero una parte degli edifici può appartenere a quella classe

tratteggio: indica un intervallo con probabilità molto basse, si tratta di casi eccezionali.

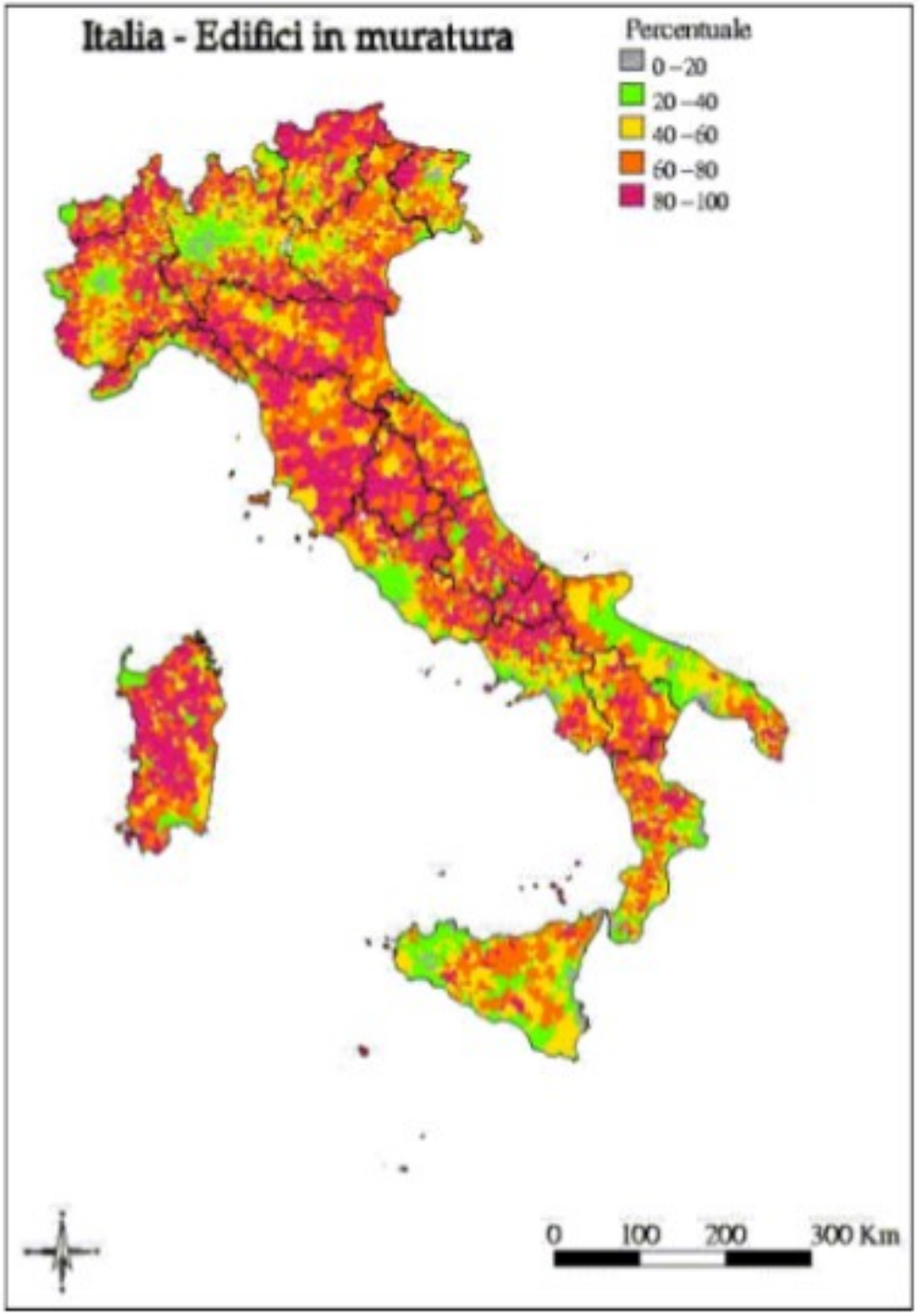
*La **vulnerabilità** sismica di un edificio può essere considerata una misura della maggiore o minore propensione dell'edificio stesso a subire danni per effetto di un terremoto di assegnate caratteristiche.*

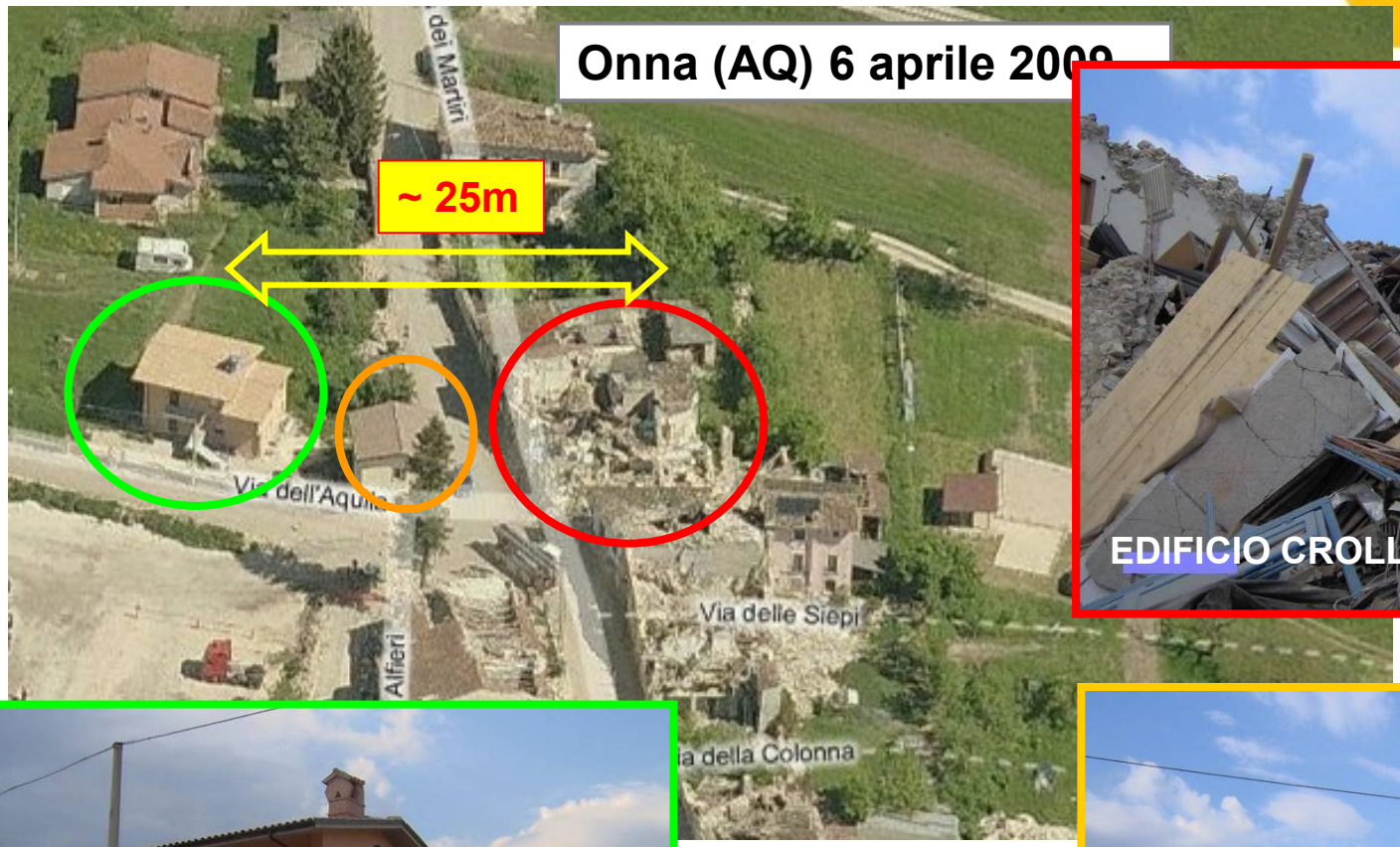
IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Nelle Zone 1 e 2 (aree a elevato rischio sismico) ci sono:
2893 comuni (36% dei Comuni italiani)
21,8 milioni persone
6,2 milioni di edifici (28.000 sono scuole)

Per la sola edilizia residenziale la tipologia costruttiva e':
54,6% in muratura portante (2,8 milioni di edifici)
33,6% in calcestruzzo armato.
11,8% con altro materiale (acciaio, legno ecc..).

Il **74%** di tutti gli edifici residenziali, pari a 3,8 milioni di immobili, è stato costruito prima della piena operatività della normativa antisismica per nuove costruzioni.
(legge 2 febbraio 1974, n. 64)





Vulnerabilità

ESPOSIZIONE

*Per **Esposizione** si intende la quantità e la qualità dei diversi elementi antropici che costituiscono la realtà territoriale: popolazione, edifici, infrastrutture, beni culturali, etc., le cui condizioni ed il cui funzionamento possono essere danneggiati, alterati o distrutti dall'evento sismico.*

$$R = f(P, V, E)$$

Arquata del Tronto

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

D15

Quando possiamo considerare il Rischio sismico pari a zero?

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Rischio sismico = 0 ?

Il rischio sismico non si può eliminare, ma ridurre agendo in modo particolare sulla

Pericolosità

Esposizione

Vulnerabilità

parola d'ordine: Prevenzione!

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

D14

Come si presenta il mondo dopo un terremoto?

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Amatrice 4 giorni prima: 20 agosto 2016
Corso Umberto I

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Amatrice la mattina del 24 agosto
Corso Umberto I

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Amatrice - Corso Umberto I

Prima del terremoto

…. dopo il 24 agosto 2016

Prima del terremoto

…. dopo il 24 agosto 2016

Edificio in c.a. dove il piano terra è stato completamente schiacciato dai piani superiori causa rottura dei nodi dei pilastri con staffe praticamente inesistenti e riprese di armature minimali. I pilastri del piano terra sono stati espulsi completamente verso l'esterno ed i piani superiori sono atterrati perfettamente sul primo impalcato.

Amatrice - Hotel Roma
Centro di prima accoglienza in caso di evento sismico

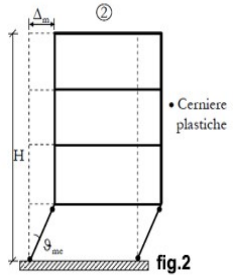


fig.2

IO NON RISCHIO
BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE

Sono passati più di cento anni dal terremoto di Messina: possiamo dire di aver fatto tesoro di quella terribile esperienza ?

Messina 1908

Se accadesse di nuovo, oggi, saremmo più preparati?

Amatrice 2016