

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI ROMA TRE
SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA
ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO
presentano**

LA GEOLOGIA NEL MONDO DEL LAVORO

**SEMINARI DI ORIENTAMENTO PER GLI STUDENTI ISCRITTI ALLA LAUREA TRIENNALE
IN SCIENZE GEOLOGICHE E ALLE LAUREE MAGISTRALI NEL SETTORE GEOLOGICO**

A PIERLUIGI FRIELLO: UN GEOLOGO PROFESSIONISTA, UN AMICO

***MICROZONAZIONE SISMICA ED
EFFETTI DI SITO: IL RUOLO DEL
GEOLOGO, METODI E TECNICHE
OPERATIVE***



PARTE PRIMA: CENNI DI SISMOLOGIA – PERICOLOSITA' SISMICA
DEL TERRITORIO – MACROZONAZIONE SISMICA

PARTE SECONDA: EFFETTI DI SITO E PIANIFICAZIONE
TERRITORIALE (MICROZONAZIONE SISMICA)

PARTE TERZA: PROGETTAZIONE E RISPOSTA SISMICA LOCALE

PARTE QUARTA: STRUMENTAZIONE, TECNICHE DI
PROSPEZIONE, ANALISI DEI DATI

LA SISMOLOGIA E LA PROFESSIONE DEL GEOLOGO

Parte Prima - Cenni di Sismologia

Un po' di Storia Sismica "recente" della nostra Nazione

Molise 2002 M1 5,8; 30 vittime

	Lat	Lon	Prof.	Io	Mw	TMw	Rt	Np	Imax (MCS)	DBMI11
CPTI11	★ 41.716	14.893			5.74 ± 0.09	InoO				
macrosismico	□ 41.695	14.925		7-8	5.18 ± 0.23	Bx	Bosi et al., 2002	51	8-9	visualizza mdp
strumentale	★ 41.716	14.893	25.00		5.74 ± 0.09	MT	Castello et al., 2006			

terremoto con effetti cumulati

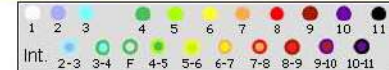
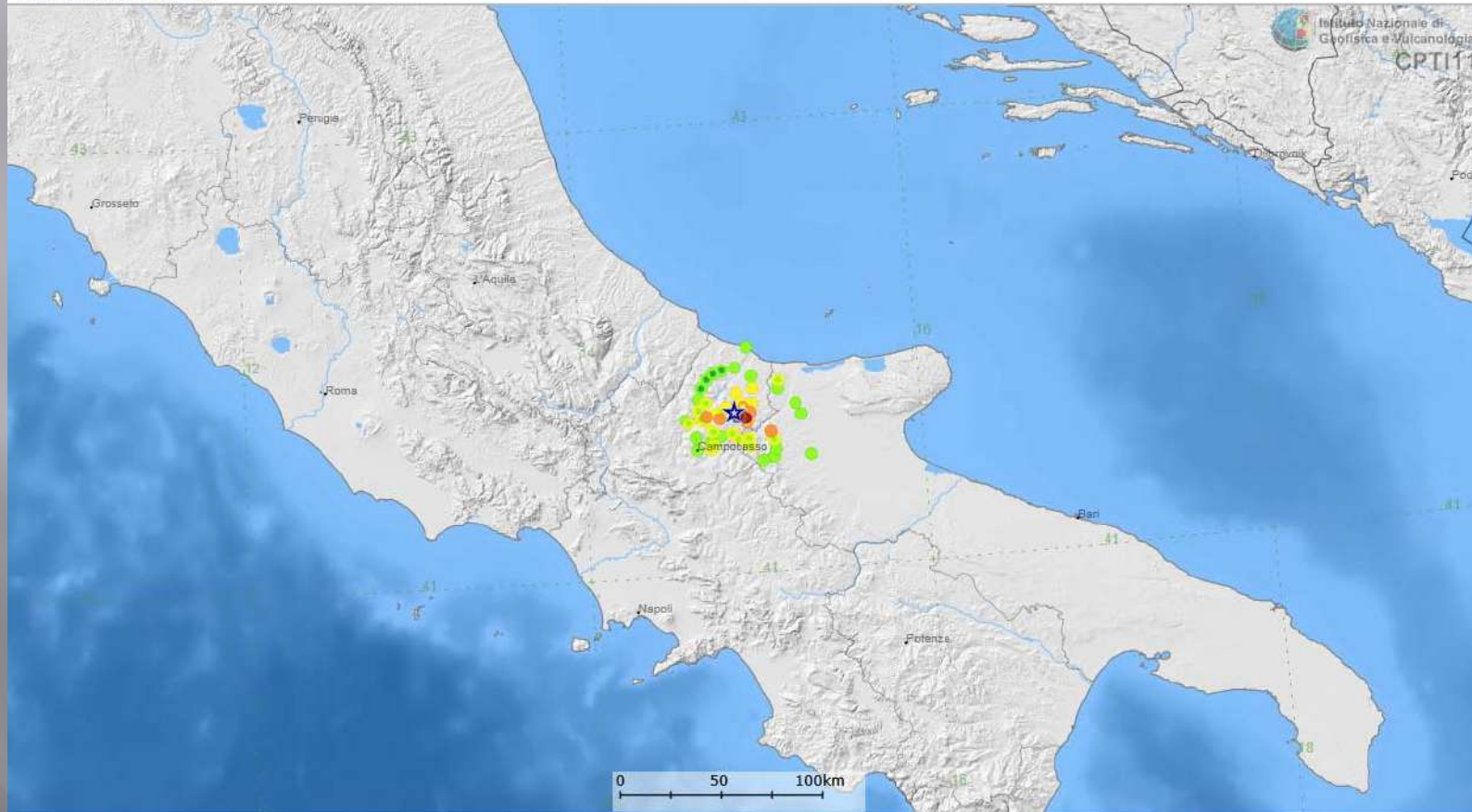
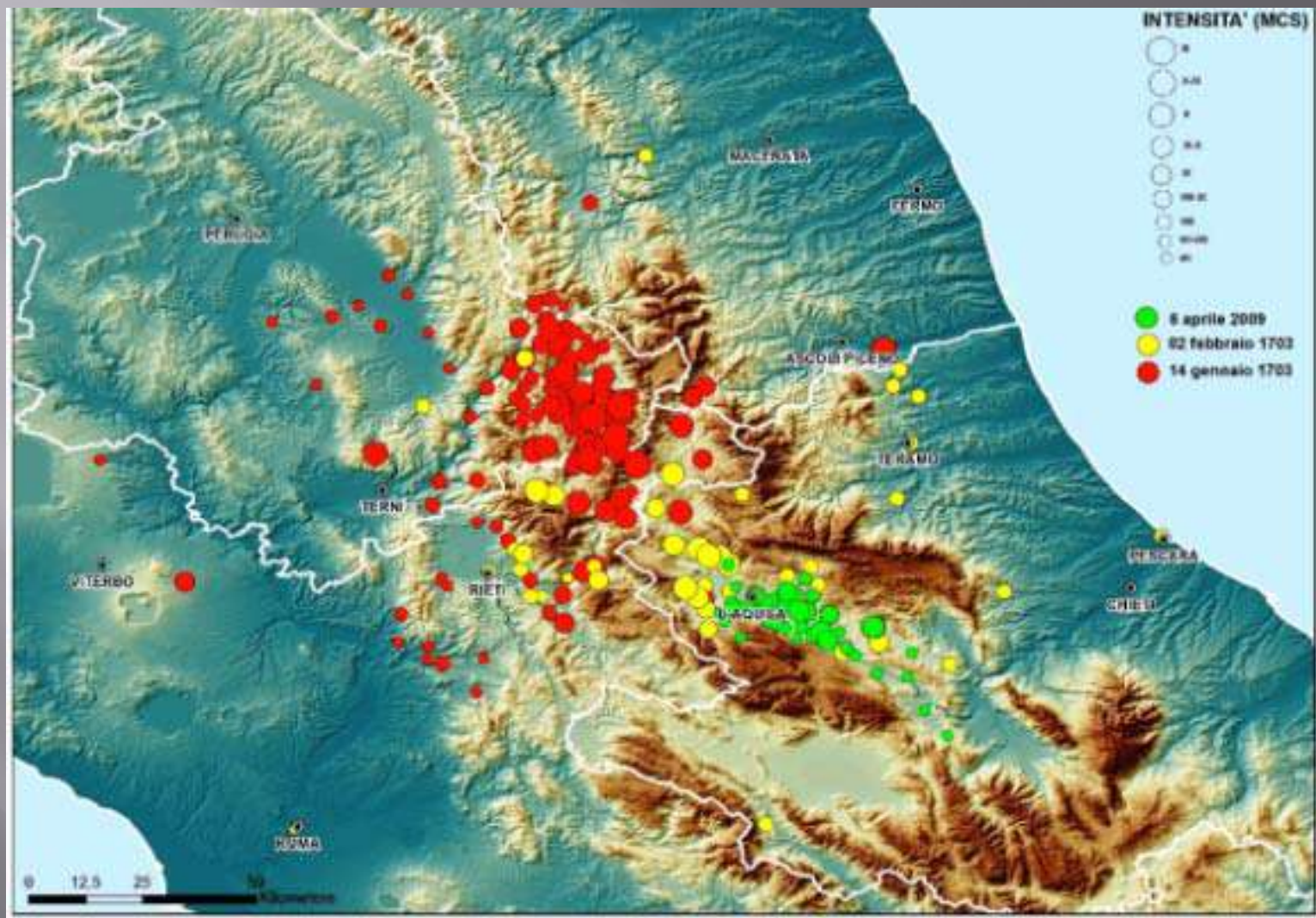




Foto fornite dal Geol. Antonio Colombi

Abruzzo 2009 Mw 6,1; 308 vittime

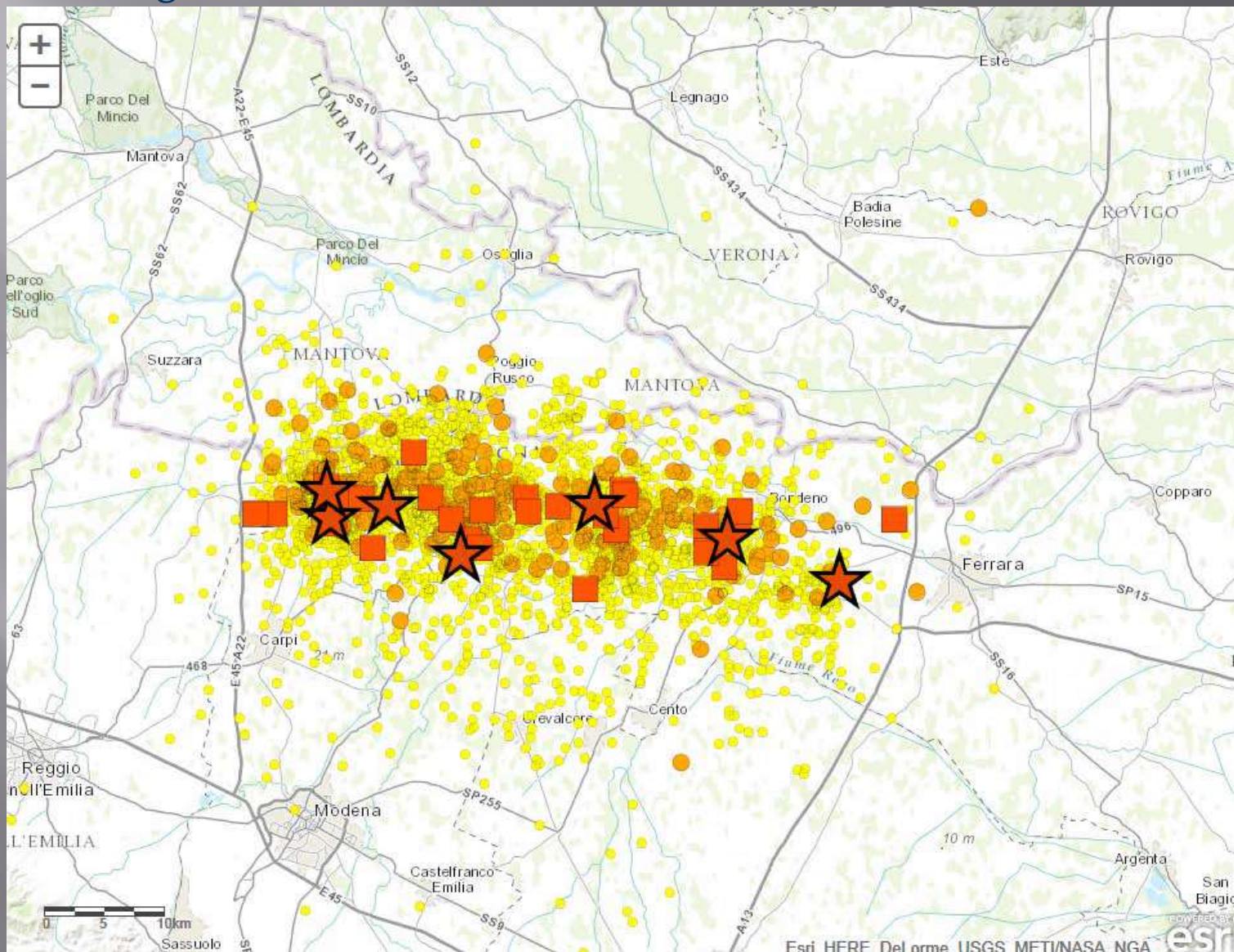








Emilia Romagna 2012 Mw 5,8; 27 vittime



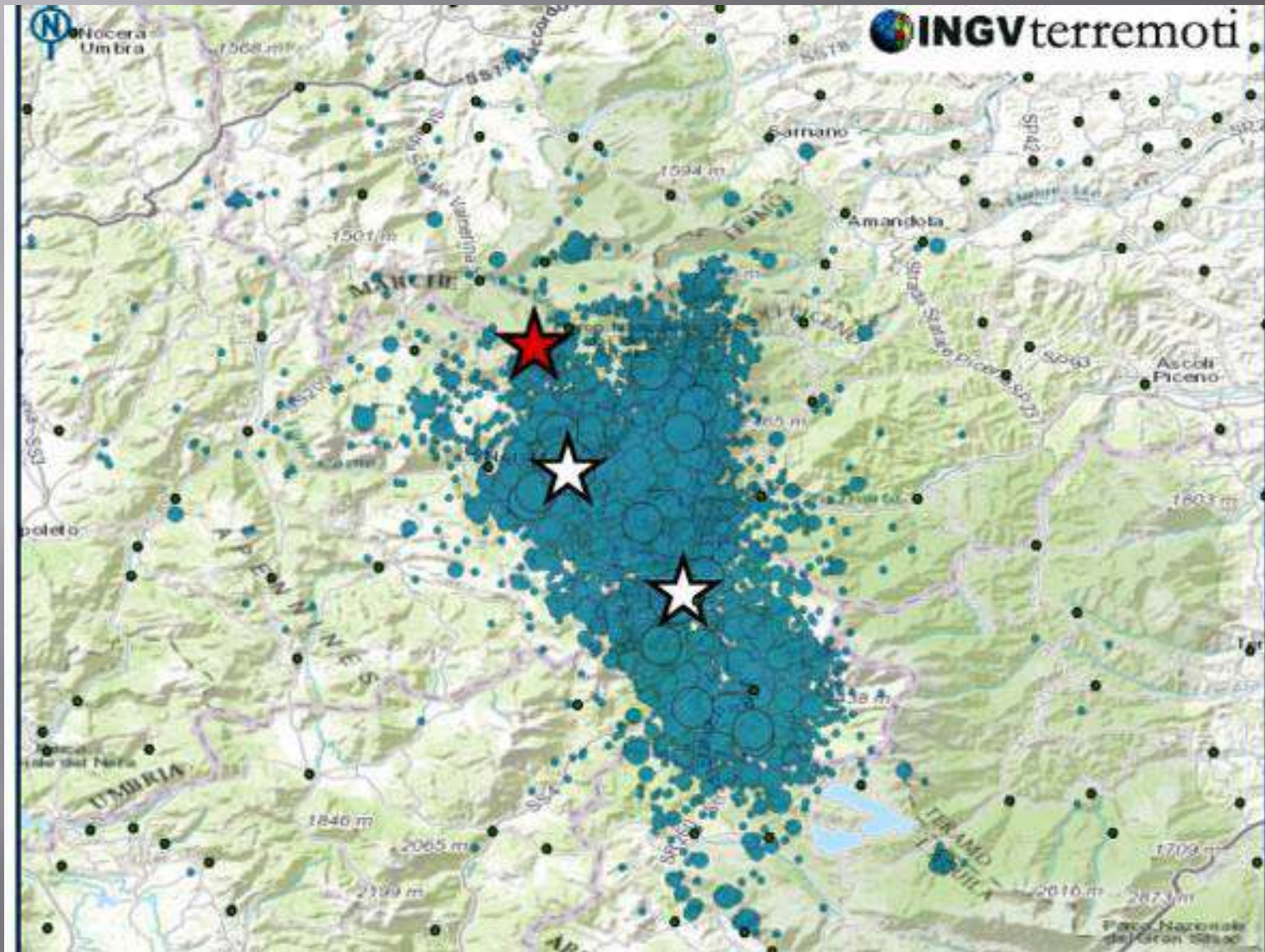




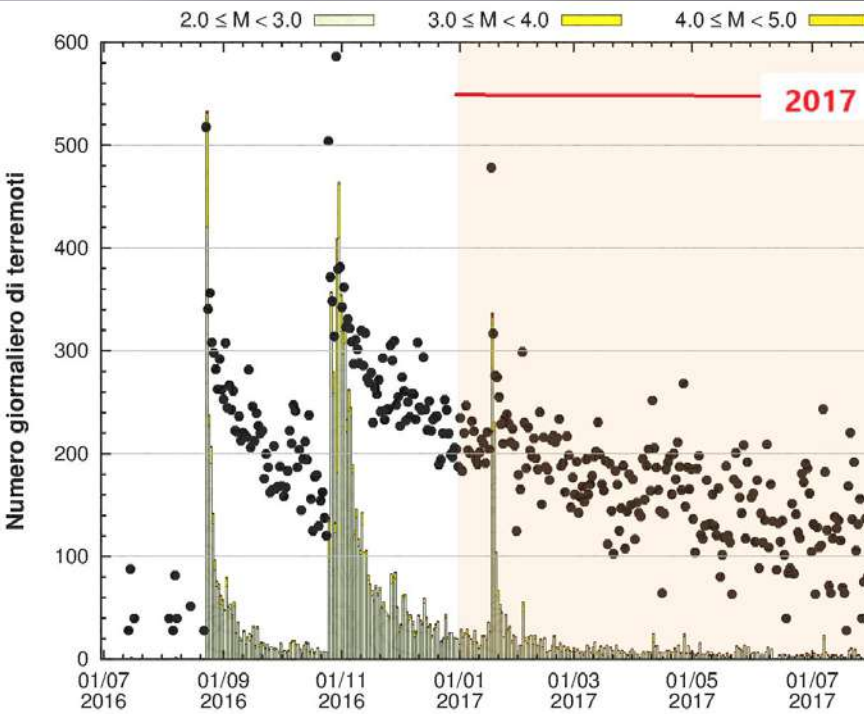


Lazio - Marche - Abruzzo - Umbria 2016

Mw 6,0; 298 vittime



La sequenza sismica in Italia centrale 2016-2017



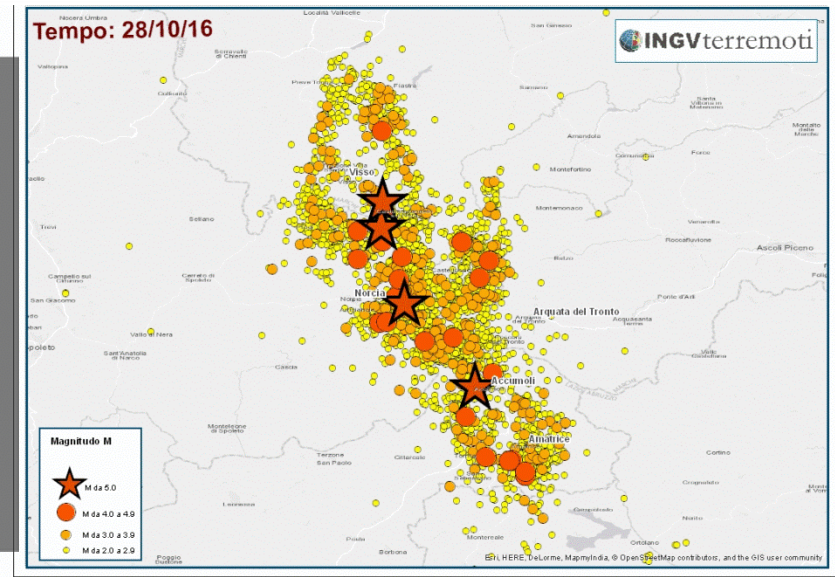
ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

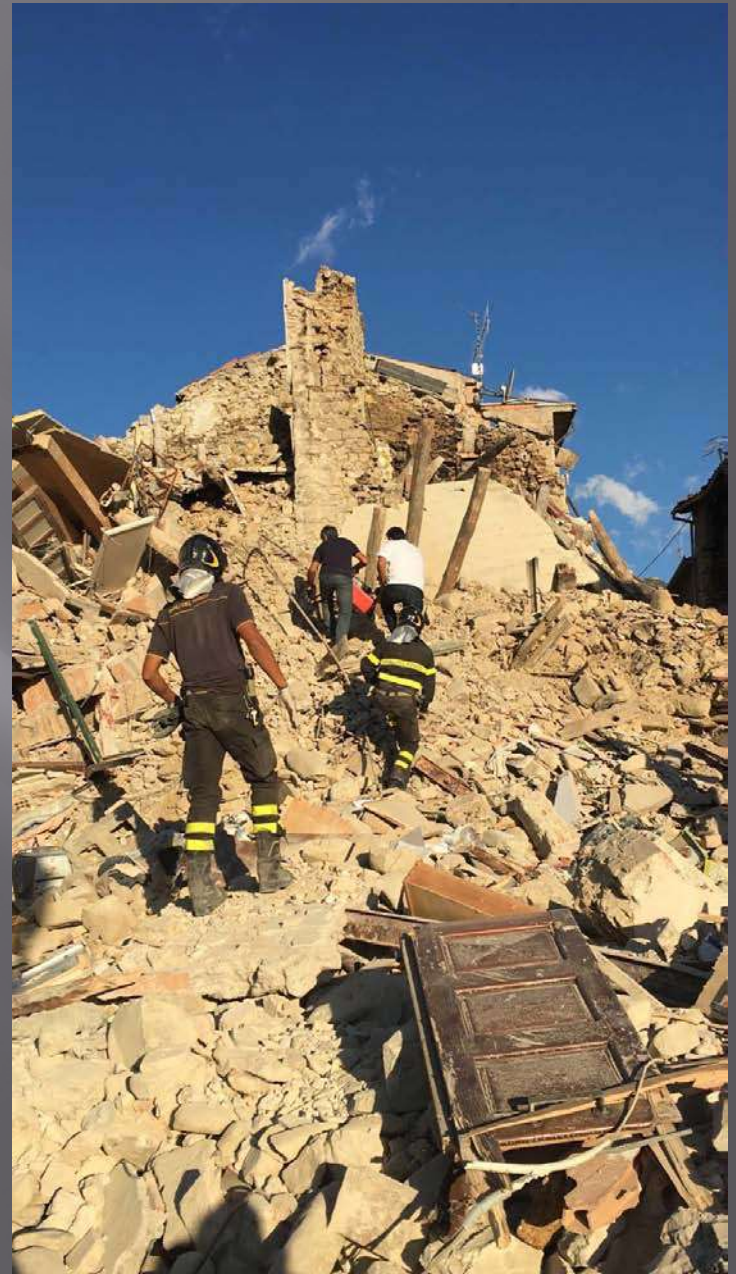
Lista terremoti | Reti sismiche | Dati in tempo reale+ | Osservatori e Centri+ | INGVterremoti+ | Guida al Sito | Contatti

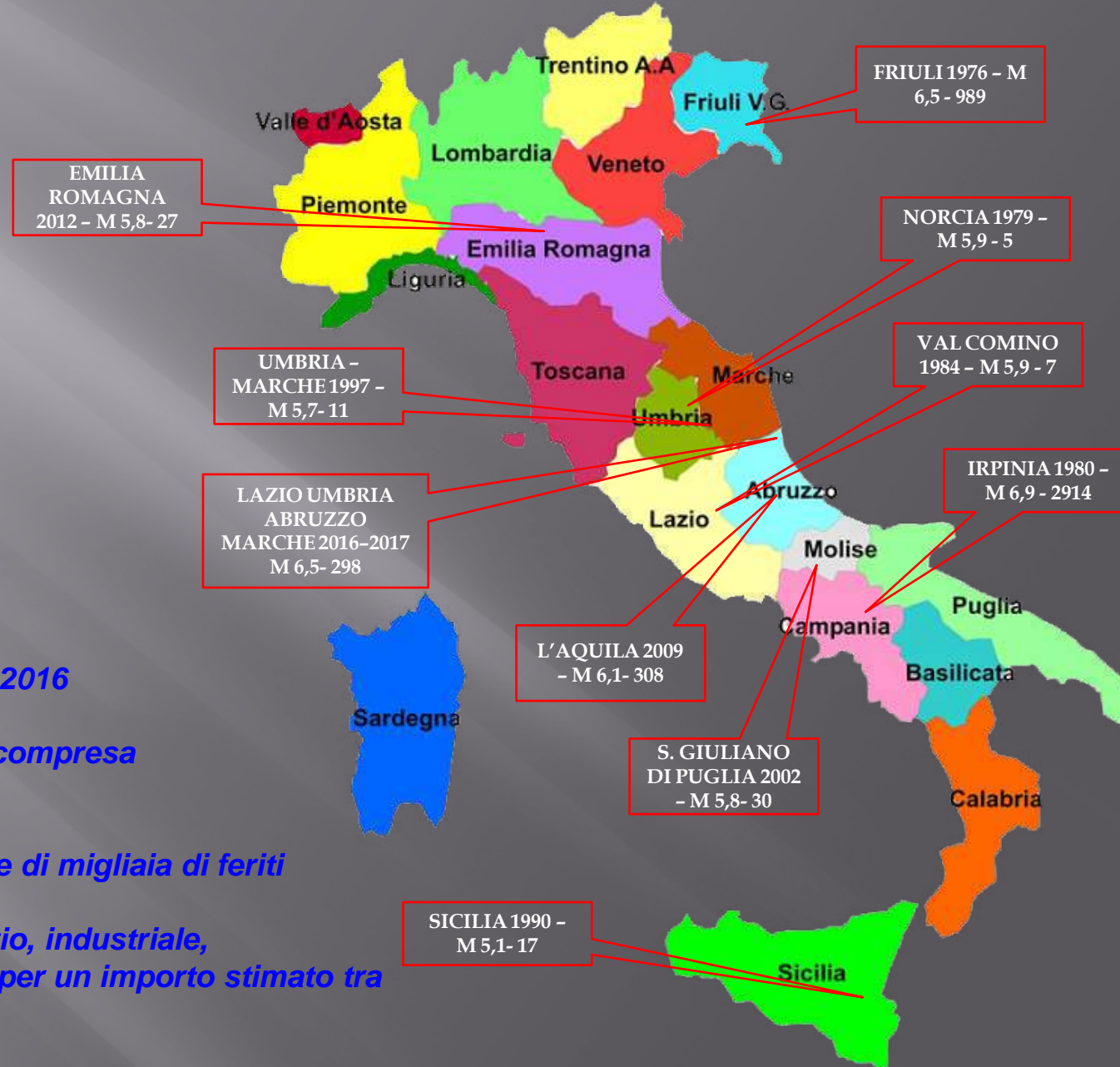
Fuso Orario: Italia | Dal 01-01-2016 al 12-07-2016 | Magnitudo: 5.5+ | Italia

Visualizzati: 5 terremoti (Ordinamento Tempo Decrescente) | Esporta lista (UTC) -

Data e Ora (Italia)	Magnitudo	Zona	Profondità	Latitudine	Longitudine
2017-01-18 11:14:09	Mw 5.5	2 km NW Capitignano (AO)	10	42.53	13.28
2016-10-30 07:40:17	Mw 6.5	4 km NE Norcia (PG)	10	42.83	13.11
2016-10-28 22:02:43	ML 5.8	Tirreno Meridionale (MARE)	481	39.27	13.55
2016-10-26 21:18:07	Mw 5.9	3 km S Visso (MC)	10	42.91	13.09
2016-08-24 03:36:32	Mw 6.0	1 km W Accumoli (RI)	8	42.70	13.23







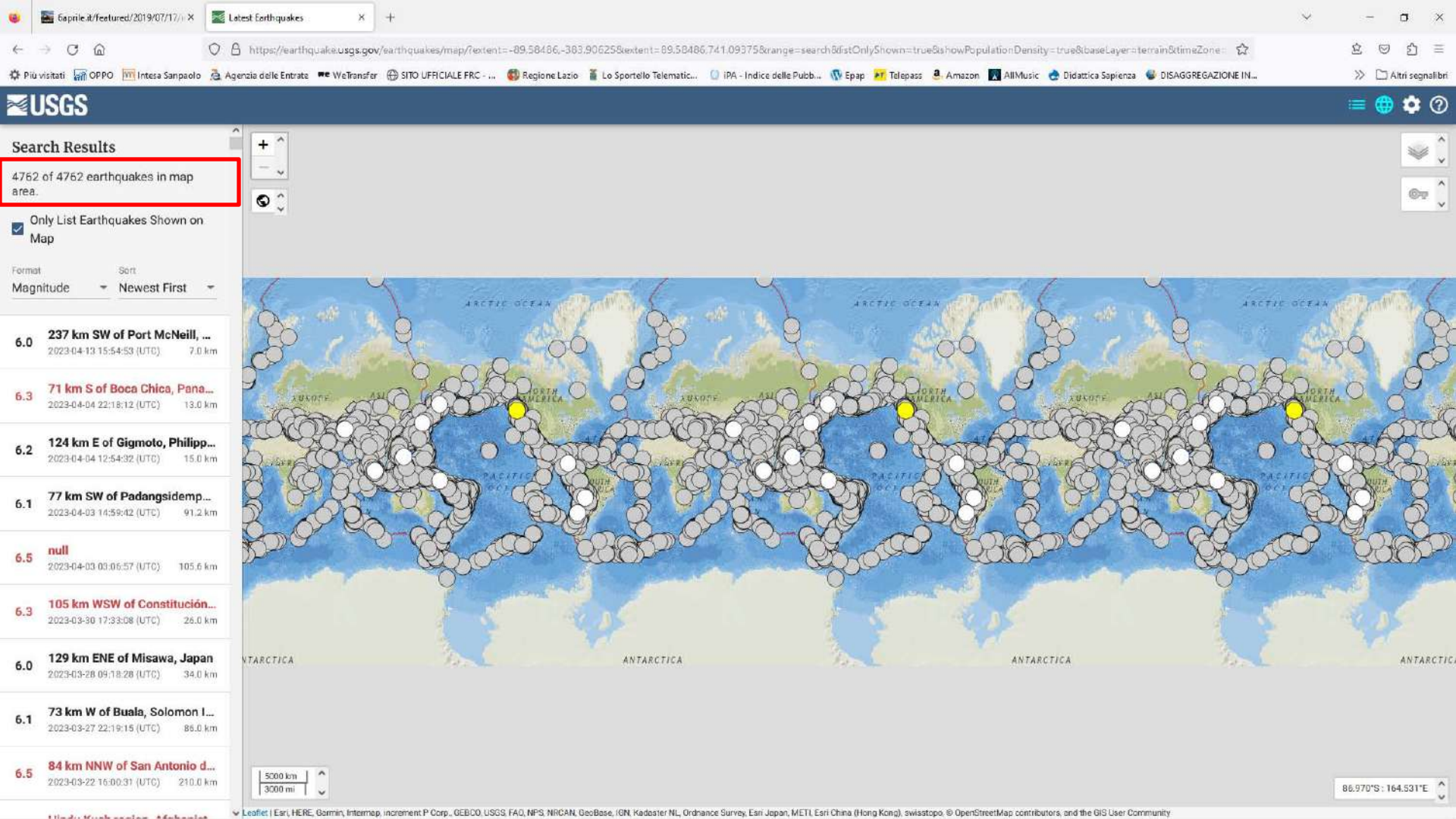
..... NEI 40 ANNI 1976 - 2016

- **10 eventi sismici con M compresa più o meno tra 5,5 e 6,5**
- **con 4606 vittime e decine di migliaia di feriti**
- **danni al patrimonio edilizio, industriale, artistico e monumentale per un importo stimato tra i 150 e i 250 MLD €**

magnitudo	Esplosivo Equivalente	Frequenza
0 - 0,5	1 chilogrammo	circa 8.000 al giorno
Da 1 a 1,5	Da 31,6 a 178 Kg	circa 3.000 al giorno
Da 1,5 a 2	Fino a 1 tonnellata	circa 1.000 al giorno
Da 2,5 a 3	Da 5,6 ton a 31,6 Ton	circa 130 al giorno
Da 3 a 4	Fino a 1000 Ton	circa 15 al giorno
Da 4 a 5	Fino a 31600 Ton	2-3 al giorno
Da 5 a 6	Fino a 1 milione Ton	120 all'anno
Da 6 a 7	Fino a 5,6 milioni Ton	18 all'anno
Da 7 a 8	Fino a 1 miliardo Ton	1 all'anno
8,5	5,6 miliardi di tonnellate	1 ogni 5 anni
9	31,6 miliardi di tonnellate	1 ogni 20 anni
10	1000 miliardi di tonnellate	sconosciuto

X 40 anni = 2800

Quindi in Italia si sono verificati circa lo 0,35 % dei terremoti di Magnitudo compresa tra 5,5 e 6,5 registrati, nello stesso intervallo di tempo, in tutto il Pianeta !!



U.S.G.S. → 4762 eventi La percentuale di quelli avvenuti in Italia scende ulteriormente allo 0,20 % sempre rispetto a quelli avvenuti, nello stesso intervallo di tempo, in tutto il Pianeta !!

- 9.5 **1960 Great Chilean Earthquake...**
1960-05-22 19:11:20 (UTC) 25.0 km
- 9.2 **1964 Prince William Sound E...**
1964-03-28 03:36:16 (UTC) 25.0 km
- 9.1 **2004 Sumatra - Andaman Isl...**
2004-12-26 00:58:53 (UTC) 30.0 km
- 9.1 **2011 Great Tohoku Earthqua...**
2011-03-11 05:46:24 (UTC) 29.0 km
- 9.0 **89 km ESE of Petropavlovsk-...**
1952-11-04 16:58:30 (UTC) 21.6 km
- 8.8 **1906 Ecuador-Colombia Eart...**
1906-01-31 15:36:10 (UTC) 20.0 km
- 8.8 **36 km WNW of Quirihue, Chile**
2010-02-27 06:34:11 (UTC) 22.9 km
- 8.7 **Rat Islands, Aleutian Islands,...**
1965-02-04 05:01:22 (UTC) 30.3 km
- 8.6 **1946 Aleutian Islands (Unim...**
1946-04-01 12:29:01 (UTC) 15.0 km
- 8.6 **1950 Assam-Tibet Earthquake**
1950-08-15 14:09:34 (UTC) 15.0 km
- 8.6 **81 km ESE of Adak, Alaska**
1957-03-09 14:22:33 (UTC) 25.0 km
- 8.6 **78 km WSW of Singkil, Indon...**
2005-03-28 16:09:36 (UTC) 30.0 km
- 8.6 **off the west coast of norther...**
2012-04-11 08:38:36 (UTC) 20.0 km



No.	M	W	Location	Alternative Name	Date (UTC)	Time (UTC)	Lat (N)	Long (E)	Depth (km)	Reference
1	9.5	1	Off the West Coast of Northern Chile	Valdivia Earthquake	1960-05-22	19:11	33.0	70.47	0	Ekman et al., 1962
2	9.2	1	Southwest Alaska	1964 Great Alaska Earthquake, Prince William Sound Earthquake, Good Friday Earthquake	1964-03-28	03:36	61.94	157.0	0	Ekman et al., 1962
3	9.1	1	Off the West Coast of Northern Sumatra	Sumatra-Andaman Island Earthquake, 2004 Indian Ocean Tsunami and the Great Indian Ocean Earthquake	2004-12-26	00:58	3.72	95.83	0	DePaul et al., 2005
4	9.1	1	Off the West Coast of Northern Japan	Tohoku Earthquake	2011-03-11	05:46	38.3	142.4	0	DePaul et al., 2012
5	9.0	1	Off the East Coast of the Hawaiian Islands, Hawaii	Kamoharui, Hawaii	1952-11-04	16:58	20.0	155.0	0	Ekman et al., 1952
6	8.8	1	Offshore the West Coast of Ecuador	Macha Earthquake	1906-01-31	15:36	0.0	79.94	0	DePaul et al., 2005
7	8.8	1	Off the East Coast of Ecuador	1906 Ecuador-Colombia Earthquake	1906-01-31	15:36	0.0	79.94	0	Ekman et al., 1907
8	8.7	1	Rat Islands, Aleutian Islands, Alaska, Alaska	Rat Islands Earthquake	1965-02-04	05:01	58.3	178.0	0	Ekman et al., 1965
9	8.6	1	Eastern Taining Circle, Northern Japan	Assam, Tibet	1950-08-15	14:09	25.5	92.62	0	Ekman et al., 1951
10	8.6	1	Off the West Coast of Northern Sumatra	Kat Islands Earthquake	2005-03-28	16:09	0.0	95.83	0	DePaul et al., 2005
11	8.6	1	Northern Sumatra, Indonesia	Sum Earthquake	2005-03-28	16:09	0.0	95.83	0	MOSE
12	8.6	1	Offshore the West Coast of Northern Sumatra	Sum Earthquake	2005-03-28	16:09	0.0	95.83	0	Subramanian et al., 2005
13	8.6	1	South of Adak	Unimak Island Earthquake, Alaska	1957-03-09	14:22	57.0	178.0	0	Ekman et al., 1957
14	8.6	1	Hawaii Sea	Unimak Island Earthquake, Alaska	1957-03-09	14:22	57.0	178.0	0	Wahr et al., 1957
15	8.6	1	Offshore the West Coast of Ecuador	Chilo, Argentina Island	1950-08-15	14:09	0.0	79.94	0	Ekman et al., 1951
16	8.6	1	Rat Islands	Rat Islands Earthquake	1965-02-04	05:01	58.3	178.0	0	Ekman et al., 1965
17	8.6	1	Off the West Coast of the Hawaiian Islands, Hawaii	Kamoharui, Hawaii	1952-11-04	16:58	20.0	155.0	0	Wheeler, 1950
18	8.6	1	Southwest Sumatra, Indonesia	Sum Earthquake	2005-03-28	16:09	0.0	95.83	0	MOSE
19	8.6	1	Off the East Coast of Northern Sumatra	Sum Earthquake	2005-03-28	16:09	0.0	95.83	0	DePaul et al., 2005
20	8.6	1	Off the East Coast of Northern Japan	Kamoharui, Japan	1952-11-04	16:58	20.0	155.0	0	Ekman et al., 1952

GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

88.932°S - 73.125°E

TOP 20

1° → Grande terremoto cileno del 1960 M = 9,5

.....

20° → costa est Giappone (Honshu) del 1933 M = 8,4

COSA SI PUO' FARE ?

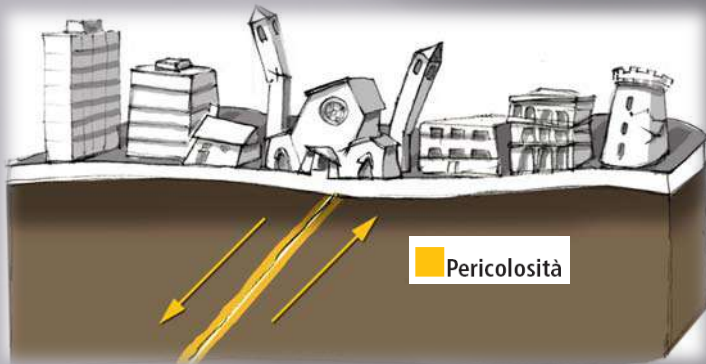
QUALI GLI ASSETS STRATEGICI DA METTERE IN CAMPO ?

QUALI LE LINEE DI RICERCA DA INTRAPRENDERE ?

QUALI GLI INPUT DA FORNIRE AL MONDO DEI DECISORI ?

Cos'è il RISCHIO sismico?

è il prodotto tra le 3 componenti:



Pericolosità sismica

probabilità di osservare un certo valore di scuotimento in un fissato periodo di tempo

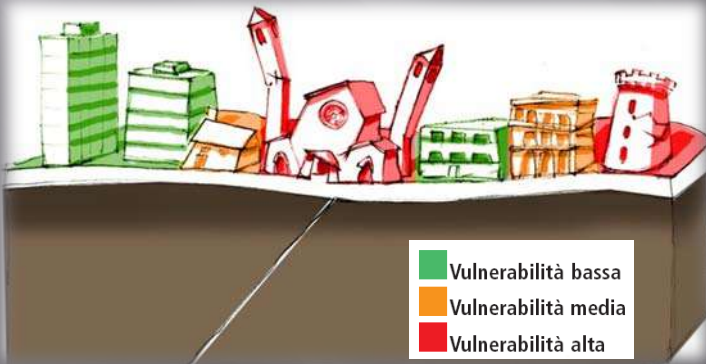
X



Valore esposto

quantificazione (economica, sociale, ecc.) dell'oggetto esposto a rischio

X

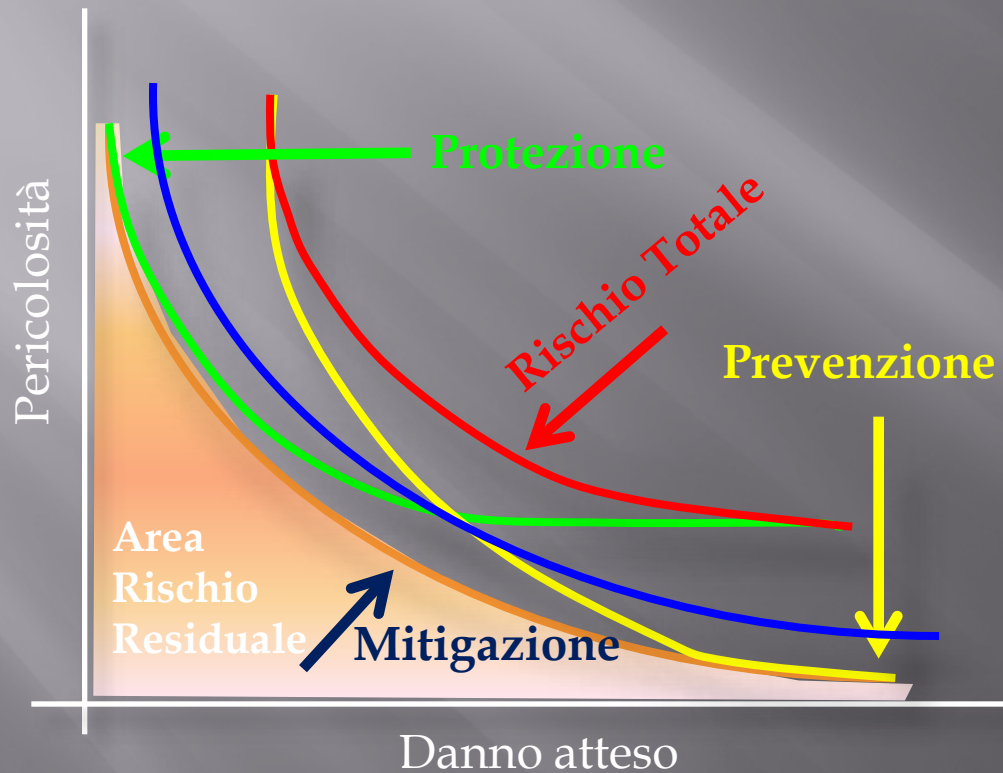


Vulnerabilità

propensione di un oggetto a subire danni o alterazioni

Per le molte variabili in gioco, **l'opzione RISCHIO ZERO NON è raggiungibile**

$$R = \text{Peric} \times \text{Vuln} \times \text{Espos}$$



nessuna delle attività di **PREVENZIONE**

o di **PROTEZIONE**

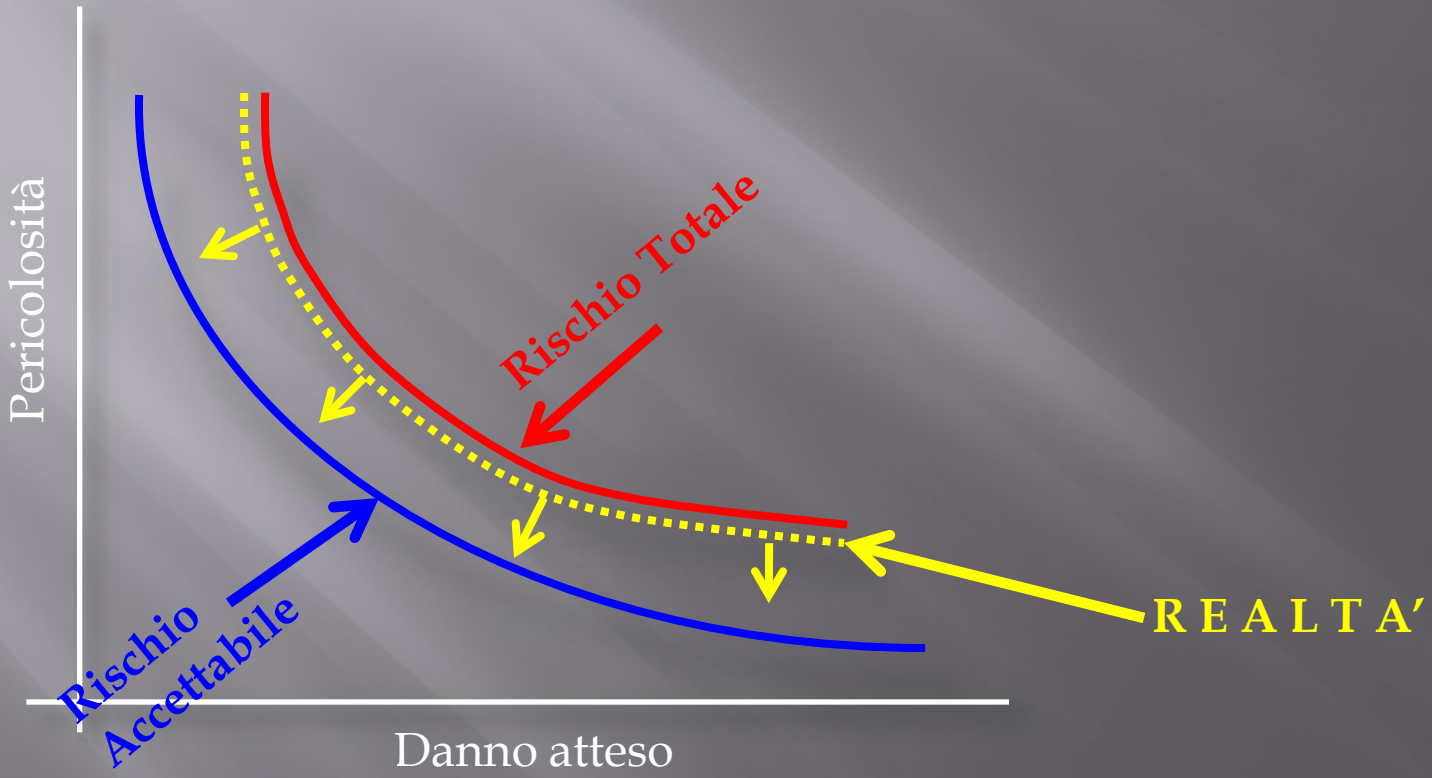
può eliminare completamente la possibilità di rischio soggetta a un regime di pericolosità.

Avremo sempre:

RISCHIO RESIDUALE: il rischio minimo possibile.

Attraverso i processi di MITIGAZIONE (Prevenzione e Protezione) si consegue un RISCHIO ACCETTABILE: rischio da accettare dopo aver fatto tutte le azioni di mitigazioni, nell'ambito delle nostre capacità tecnico-scientifiche e possibilità economiche.

Ecco spiegato il motivo per cui pur rientrando appieno nella statistica sismologica "planetaria" subendo "solo" 10 di M tra 5 - 6 in 40 anni abbiamo subito danni umani ed economici così ingenti !



Come possiamo portare la curva gialla verso la curva blu ?

PREVISIONE

= previsione deterministica o "predizione"



**NON E' UN TABU' Esempio di
PARKFIELD**

**..... IL MONDO DELLA RICERCA HA
PERSEGUITO QUESTA STRADA PER
20 – 30 ANNI**

**MA OGGI NON E' CONSIDERATO UN
ASSE PRIMARIO NELLE LINEE DI
RICERCA SISMOLOGICA**

**ANCHE SE ... NELLE NTC 2018 C'E' DI
NUOVO QUALCHE ACCENNO**

PREVENZIONE

= riduzione degli effetti



RICERCA

NORMATIVA

PROFESSIONE

LIVELLI

AZIONI

CONOSCENZA

(pericolosità sismica di base del territorio Nazionale e Regionale)

- **Definizione Zone Sismogenetiche**
- **Individuazione meccanismi focali**
- **Macrozonazione Sismica**
- **Informazione - educazione**



NORMATIVA / PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

- **Microzonazione Sismica**

PROGETTAZIONE

- **Caratterizzazione geologica e sismologica del sito**
- **Risposta Sismica Locale**

LA PREVENZIONE

DEL RISCHIO

SISMICO

SI SVILUPPA

SU 3 LIVELLI

LIVELLI

**CONOSCENZA DELLA
PERICOLOSITA'
SISMICA DEL
TERRITORIO** (Nazionale e
Regionale)

**PIANIFICAZIONE
TERRITORIALE**

PROGETTAZIONE

NORMATIVA

MODIFICHE ULTIMI 4 ANNI

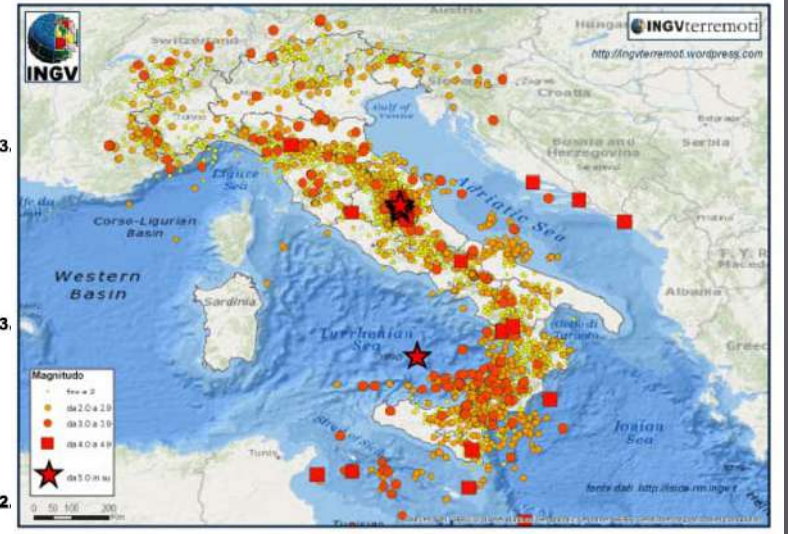
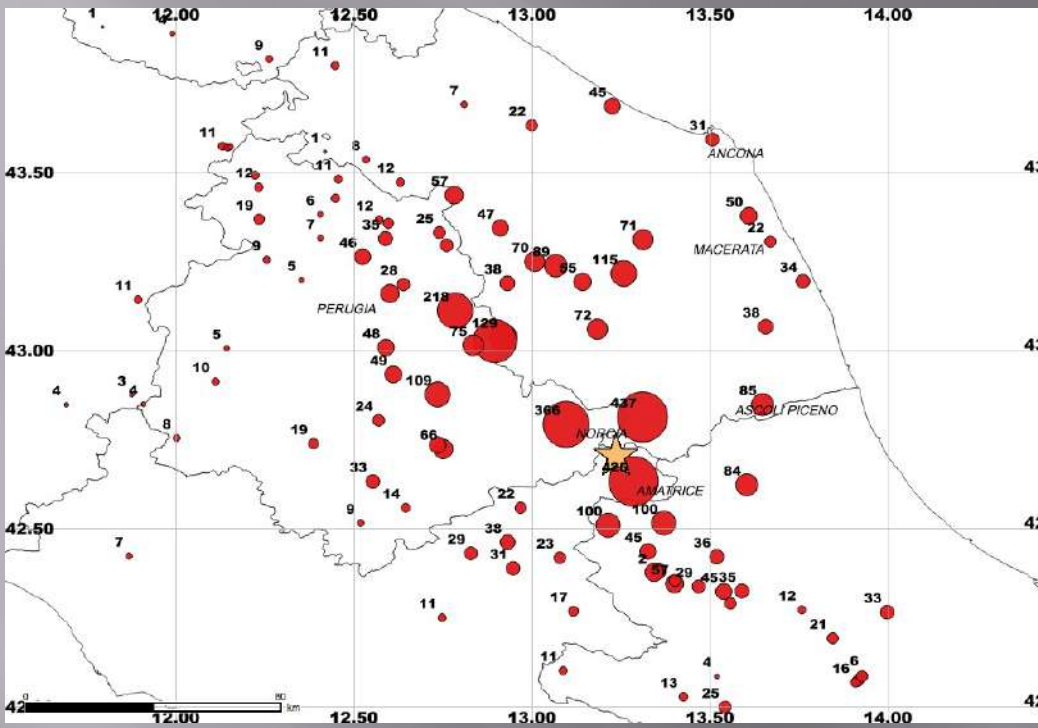
N.T.C. 2008 → N.T.C. 2018

**D.G.R. Lazio 375/2016 → Regolamento
Sismico n. 26 (ottobre 2020) → D.G.R.
Lazio 189 (aprile 2021)**

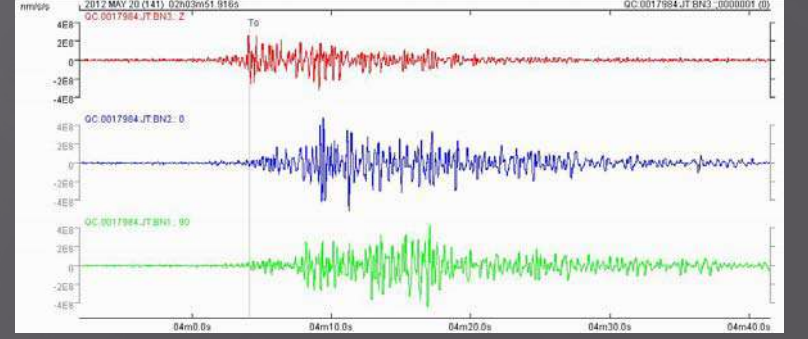
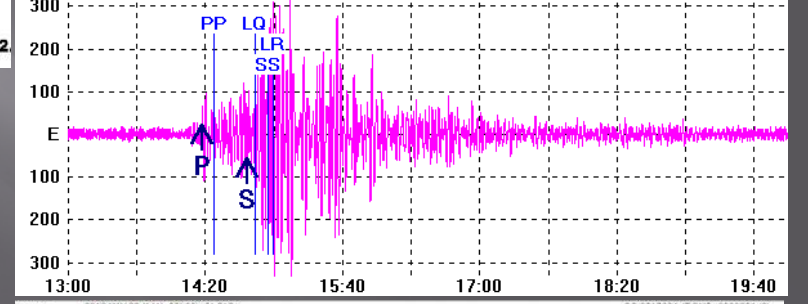
**D.G.R. Lazio 490/2011 → D.G.R. Lazio
155/2020 (M.S. Liv. 2)**

**D.G.R. Lazio 489/2012 → D.G.R. Lazio
493/2019 → D.G.R. Lazio 793/2020**

***DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DEL
TERRITORIO
(Nazionale e Regionale)***

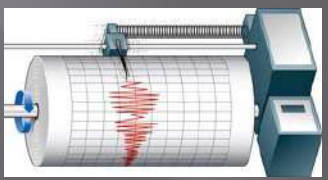


Start: 10/04/97 18:13:00 UTC Station: CARRARA ITALIA 44.005N 10.006E Samples: 136
 Comment: SISMA COLFIORITO (PG) M. 4.3 Max/Min: 370/-370 X: 7:00 Y: -3
 Event Mag: ML 4.3
 Org: 18:13:40.4 P: 18:14:15.9 S: 18:14:42.4 Diff: 26.5sec Dist: 2.16deg 240km 149mi Ma



COME SI MISURA UN TERREMOTO ?

COME SI LOCALIZZA UN TERREMOTO?



DOI (Digital Object Identifier): 10.13127/SD/X0FXNH7QFY
 Metadati (DataCite): JSON, XML
 Data inizio: 1988-01-01 00:00:00
 Data Fine: -
 Restrizione Dati: open
 Download StationXML
 Numero di stazioni: 626

626 Stazioni sismiche dislocate su tutto il territorio nazionale e tutte teleconnesse con la sala sismica

INGV

Citazione bibliografica:

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). (2005, December 13). Rete Sismica Nazionale (RSN). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/SD/X0FXNH7QFY>

[Clicca qui per generare la citazione usando un altro standard bibliografico](#)

Descrizione:

The Italian National Seismic Network (Italian: Rete Sismica Nazionale, RSN) is the nationwide permanent seismological network operated by the National Institute for Geophysics and Volcanology (Italian: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV) with contributions from collaborating institutions and observatories. Initially, it was deployed mainly as a seismic monitoring facility and over the years has grown both in quantity and in quality of the installed instruments. Thereby it also gained importance as a valuable research infrastructure. It now consists of various types of seismic sensors, i.e. short period, broadband and accelerometric instruments, which are collocated at many sites, and it is the largest Italian seismological network by number of sensors and by geographical extent. All stations are connected to the datacentre through a variety of technologies and are transmitting sensor data in real time. Data is distributed through the Orfeus European Integrated Data Archive (EIDA) federation and International Federation of Digital Seismograph Networks (FDSN) standard protocols under an open definition compliant license.

Licenza: CC BY 4.0



I segnali sismici e le fasi provengono dalla Rete Sismica Nazionale Italiana (IV) o da altre reti locali, regionali e nazionali che appartengono ad altre istituzioni italiane o estere. Per un totale di circa 1200 stazioni.

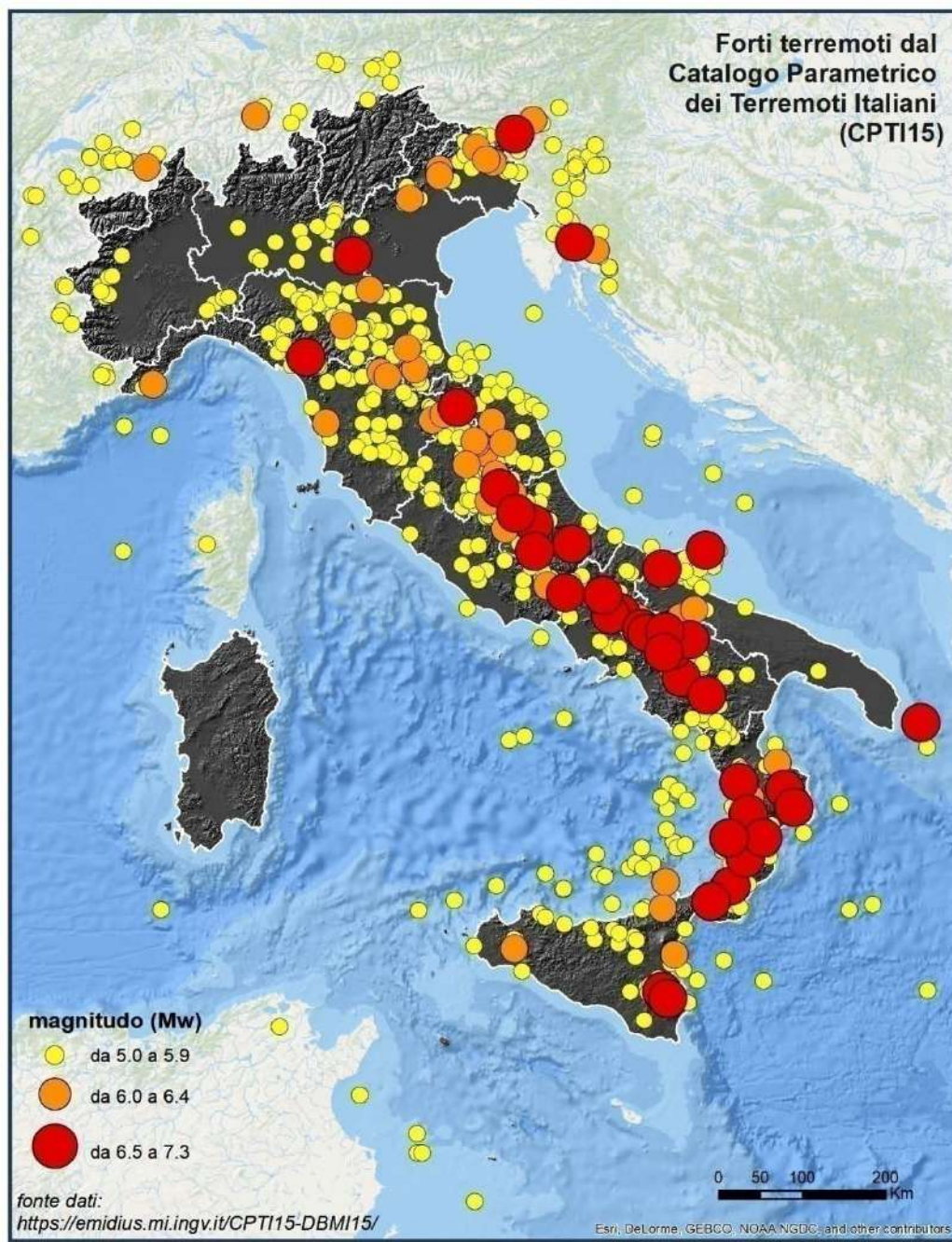
Code	Nome	Numero di stazioni
1J	Focuss temporary fast-network	10
3A	Seismic Microstation Network, 2016 Central Italy	56
8D	INOV temporary network for seismic monitoring of the island of Vulcano to increase volcanic activity (Sulci, Italy)	5
4A	Emerito Seismic Network for Site Effect Studies in Uquillo town, Central Italy	12
4C	NERA-JMI Aspinos basin experiment, Greece	16
4P	INOV-Livorno Tuscany GeoSens-OSG Contribution to Adriatic Temporary Network	5
5H	FURTHER seismic network	6
5J	The Sardinia PASSION Array experiment	6
7C	Urban Seismic Network (RUSH-CAL-INO)	5
7F	Snow-Anaetho Seismic Monitoring around Sibilla Mount (Central Italy)	3
AD	Albanian Seismic Network	16
BA	Università della Basilicata Seismic Network	1
CH	Switzerland Seismological Network	16
CR	Croatian Seismograph Network	5
FR	French Broadband and Accelerometric Seismological Network	4
GE	GEOPON Global Seismic Network	1
GU	Regional Seismic Network of North Western Italy	36
HL	National Observatory of Athens Seismic Network	2
IT	Italian Strong Motion Network	47
IV	Italian Seismic Network	626
IX	Igrija Seismic Network, Italy	31
PC	Reza Università Calabria	6
ML	Malta Seismic Network	2
MW	Mediterranean Very Broadband Seismographic Network	37
NE	North-East Italy Broadband Network	14
OE	Austrian Seismic Network	2
OT	OTRIONS Local Seismic Network, Apulia, Italy	15
OK	North-East Italy Seismic Network	19
RO	CSA/GASB Seismic Network, Korea	2
BF	Foiba Venezia Giulia Accelerometric network, Italy	1
SI	Siedlitz Network, Italy	7
SL	Slovenian Seismic Network	3
ST	Trentino Seismic Network, Italy	8
TV	INOV Experiments Network	07
VR	Virgo Interferometric Antenna for Gravitational Waves Detection	3
XJ	INOV SISMING emergency seismic network for Salerno, Italy	4
XE	POLLING - Near Fault Observations	16
XX	Temporary network seismic in Central Calabria	2
XO	EMERSTO Seismic Network, 2016 Central Italy	46
Y1	INOV SISMING Emergency Seismic Network for Northern Marche Coast, Italy	8
YD	Seismic Emergency for Molise Italy by Sismolo	3
ZB	AlpKey Seismic Network (AASIN) temporary component	16
Z4	INOV SISMING Emergency Seismic Network for Chianti Florentine, Italy	5
ZM	Seismic Emergency for Ischia by Sismolo	6



I forti terremoti del passato
dall'anno 1000 al 2014
circa 4500 terremoti

La grandezza del simbolo
è proporzionale alla
magnitudo stimata M_w
ed è una approssimativa
rappresentazione in
pianta del volume di
roccia coinvolto dalla
rottura. *In mappa quelli
di $M_w \geq 5.0$.*

I terremoti in rosso hanno
 $M_w \geq 6.5$



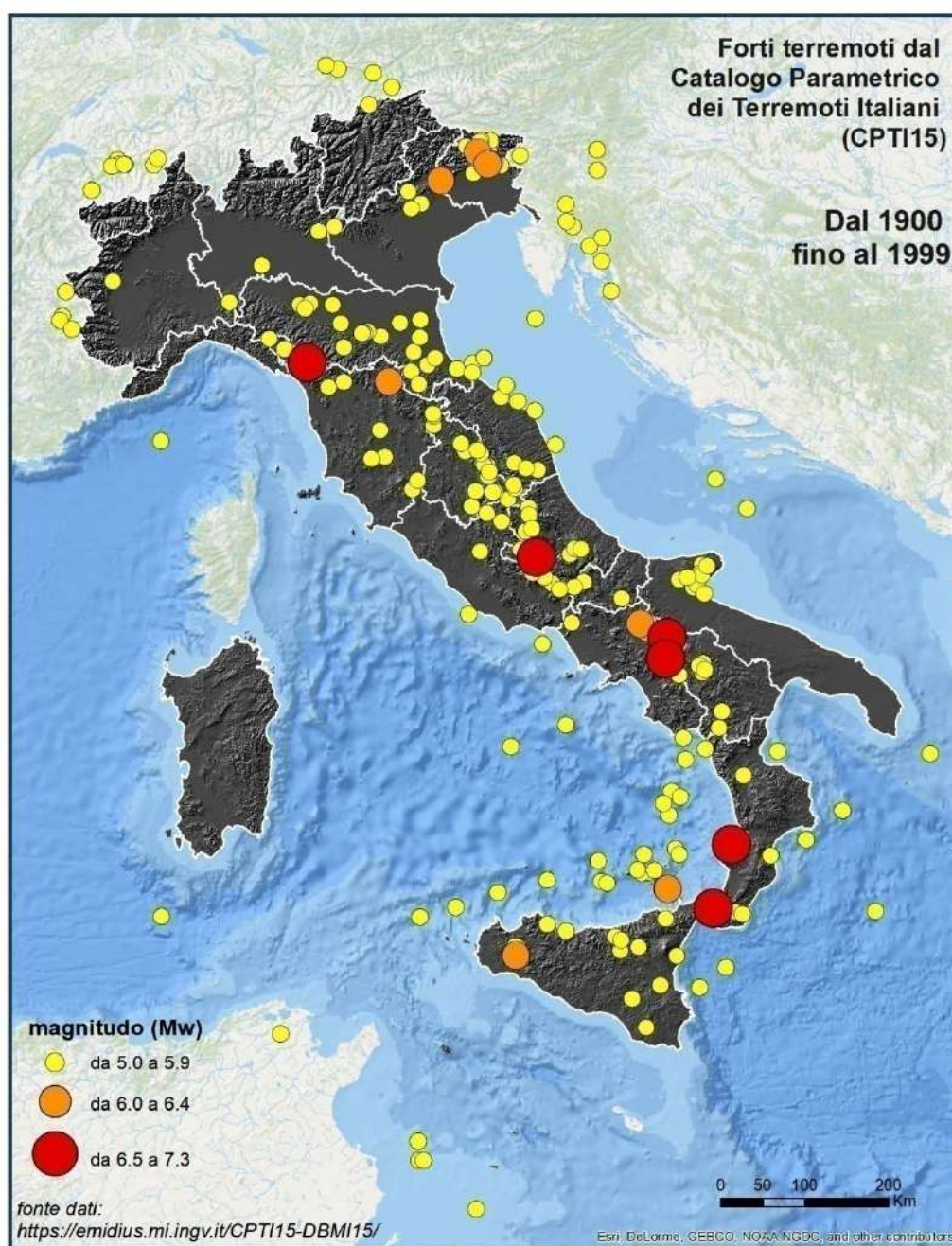
Terremoti sopra la soglia del danno [CPTI15]

I forti terremoti del secolo scorso

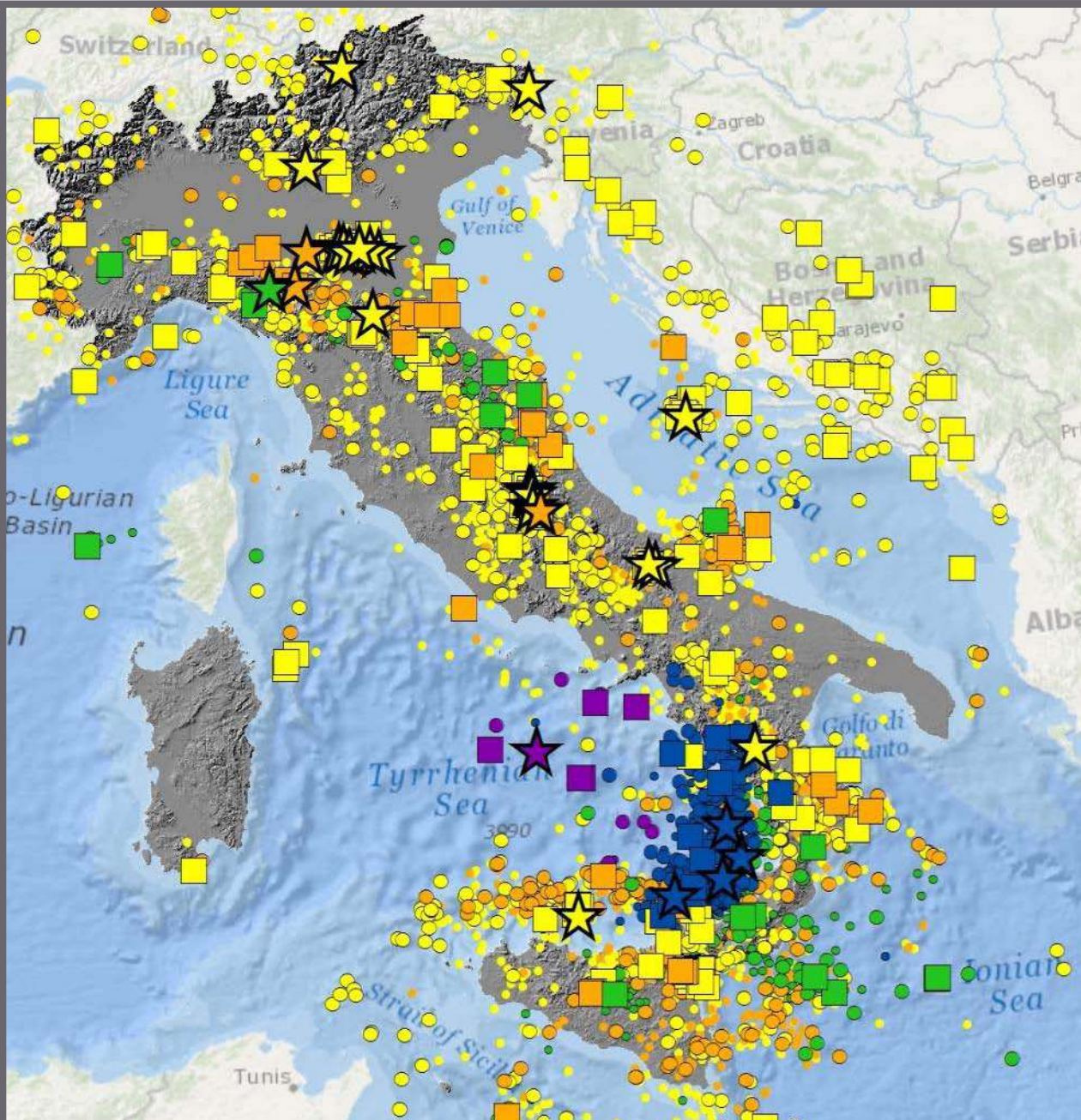
dall'anno 1900 al 1999

La grandezza del simbolo è proporzionale alla magnitudo stimata M_w ed è una approssimativa rappresentazione in pianta del volume di roccia coinvolto dalla rottura. *In mappa quelli di $M_w \geq 5.0$.*

I terremoti in rosso hanno $M_w \geq 6.5$



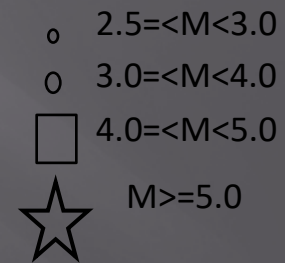
La sismicità dal 2000 al 2012



Profondità

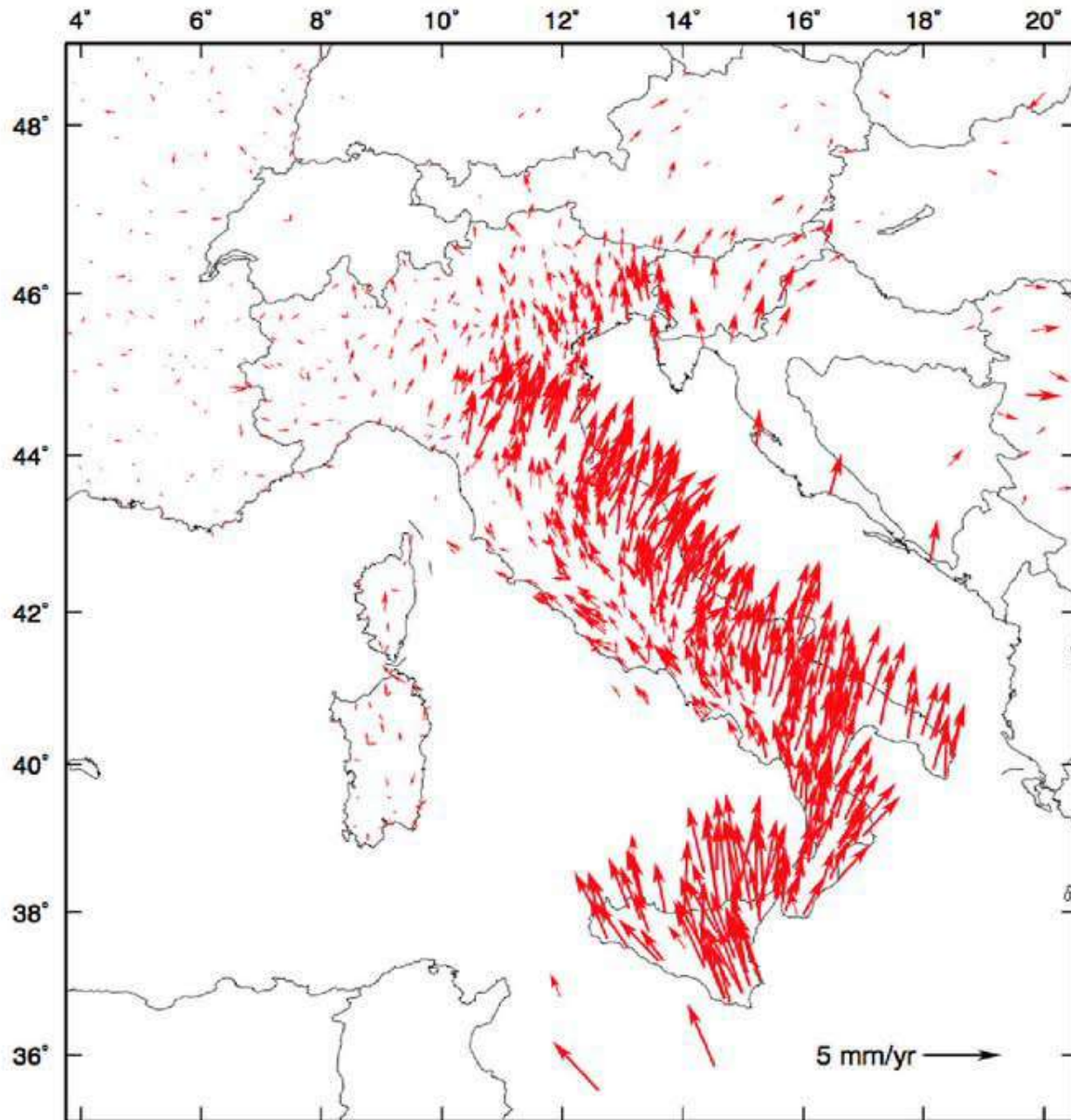


Magnitudo



Terremoti con $M \geq 2.5$

CSI e www.iside.ingv.it



GPS data

- GPS velocity field from CNT-Geodetic Analysis Working Group (Devoti et al., 2016)
- 934 continuous CGPS
- Min. obs. interval 3.5 yrs
- 84 stations excluded (volcanic areas, discrepant with regional velocity)

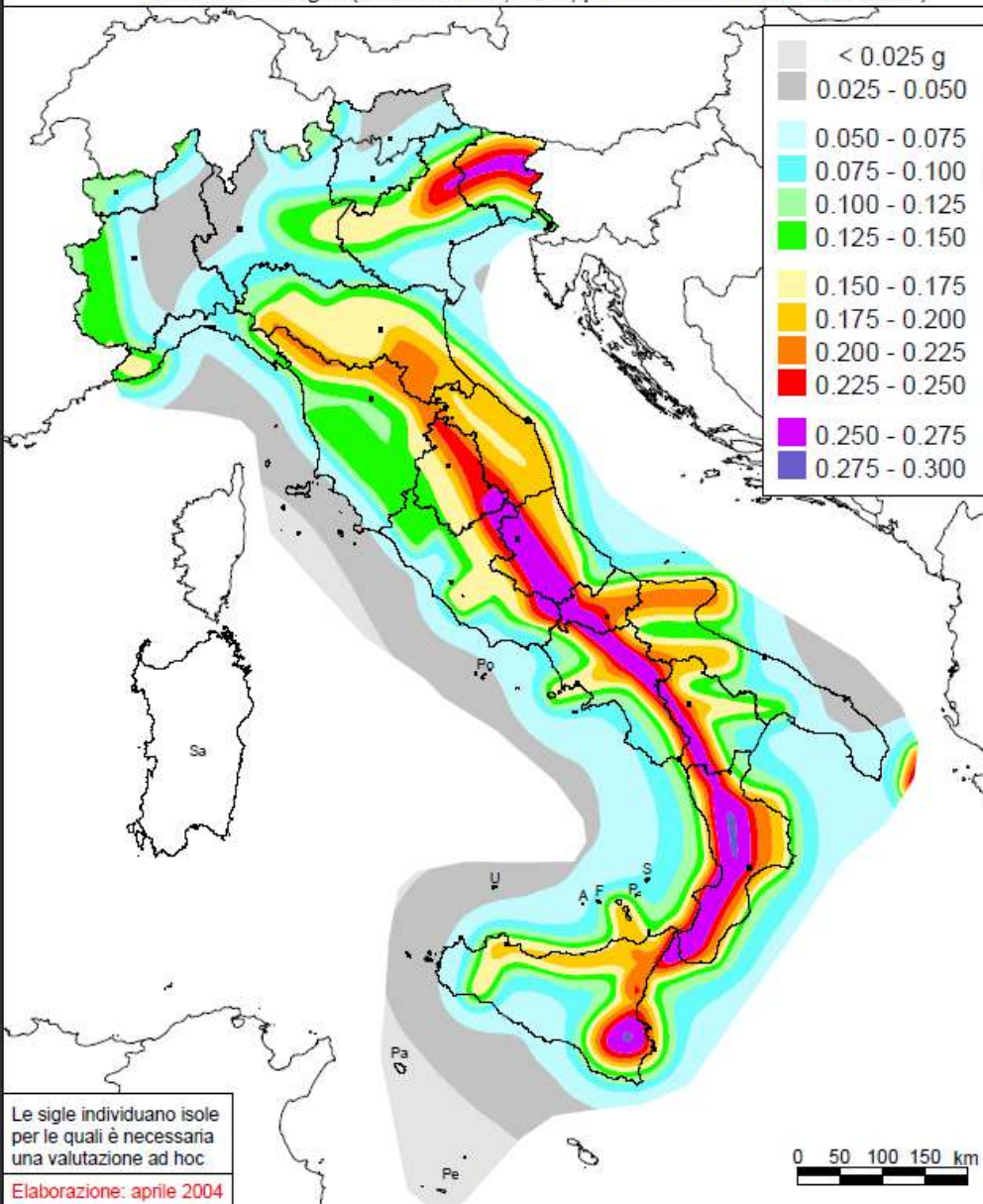


Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

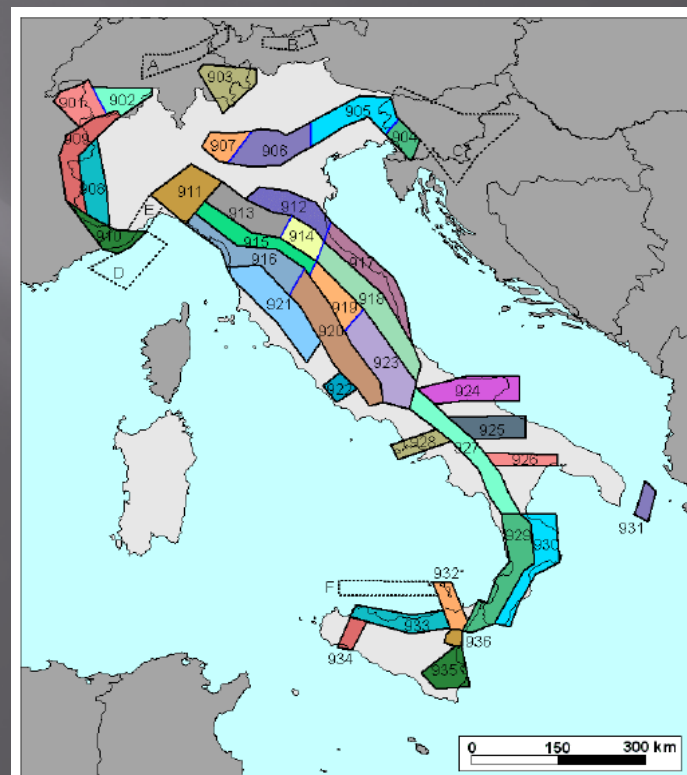
(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.





Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

Selezione Mappa

Visualizza punti della griglia riferiti a:

Parametro dello scuotimento:

Probabilità in 50 anni:

Percentile:

Periodo spettrale (sec.):

Ridisegna mappa

Navigazione

Scala:

(Valori consentiti: 50.000 - 5.000.000)

Scala:

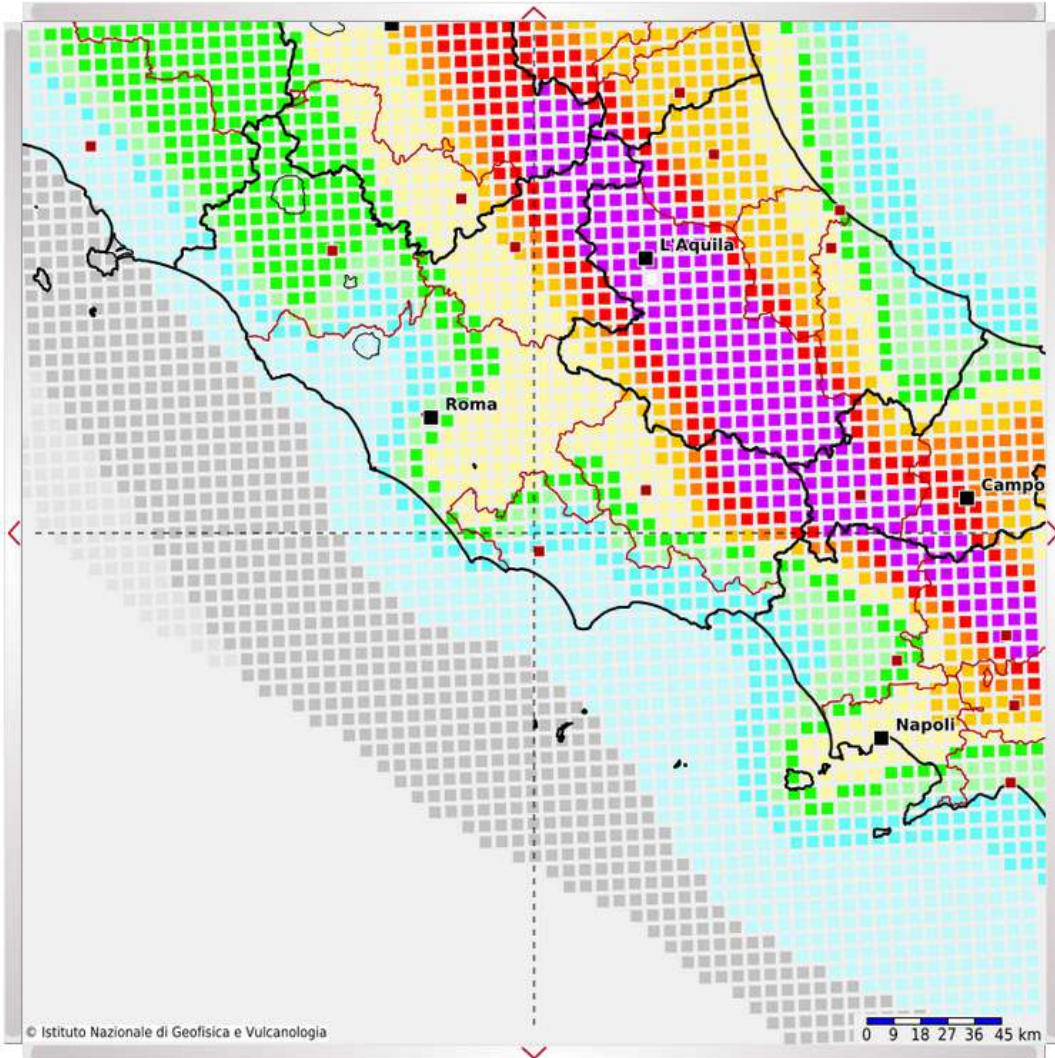
Coordinate del centro della mappa

Lat.:

Long.:

Ricerca Comune

Il nome contiene:



Legenda

< 0.025g
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
0.300-0.350
0.350-0.400
0.400-0.450
0.450-0.500
0.500-0.600
0.600-0.700
0.700-0.800
0.800-0.900
0.900-1.000
1.000-1.250
1.250-1.500
1.500-1.750
1.750-2.000

Copyright



© Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

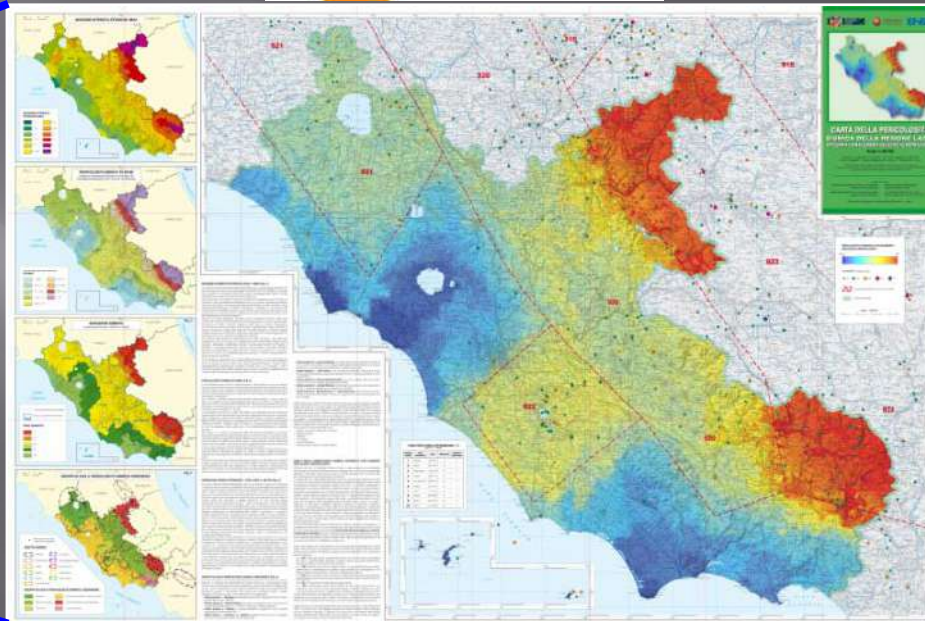
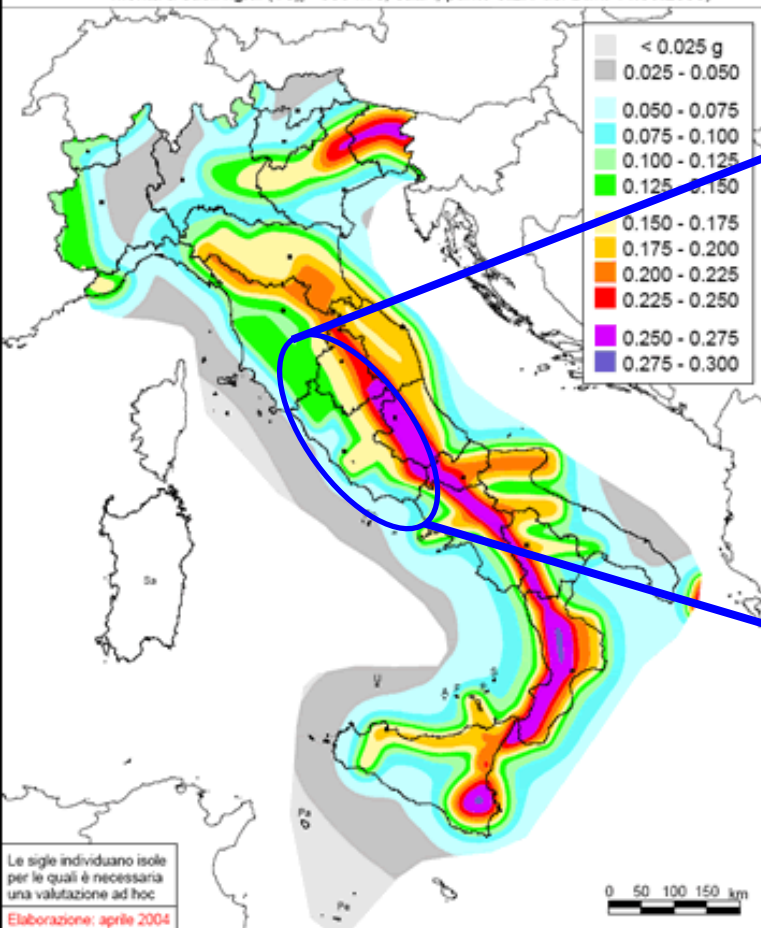
0 9 18 27 36 45 km



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

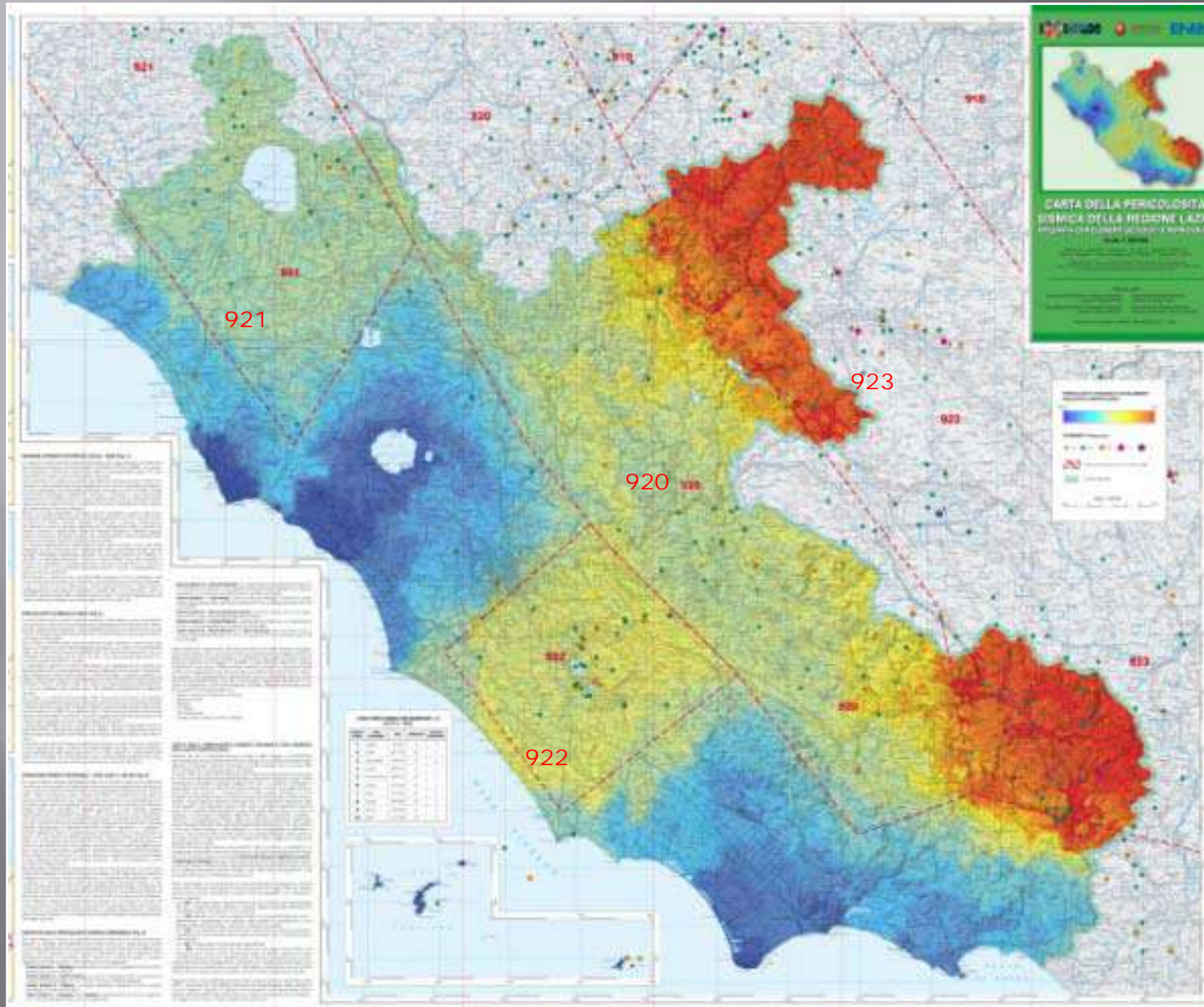
Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(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 ($V_{s,0} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



LO SCENARIO SISMICO

*Carta della Pericolosità Sismica della Regione Lazio
combinata con elementi geologici e geomorfologici
ENEA – Regione Lazio*



Zone Sismogenetiche (Progetto ZS9)

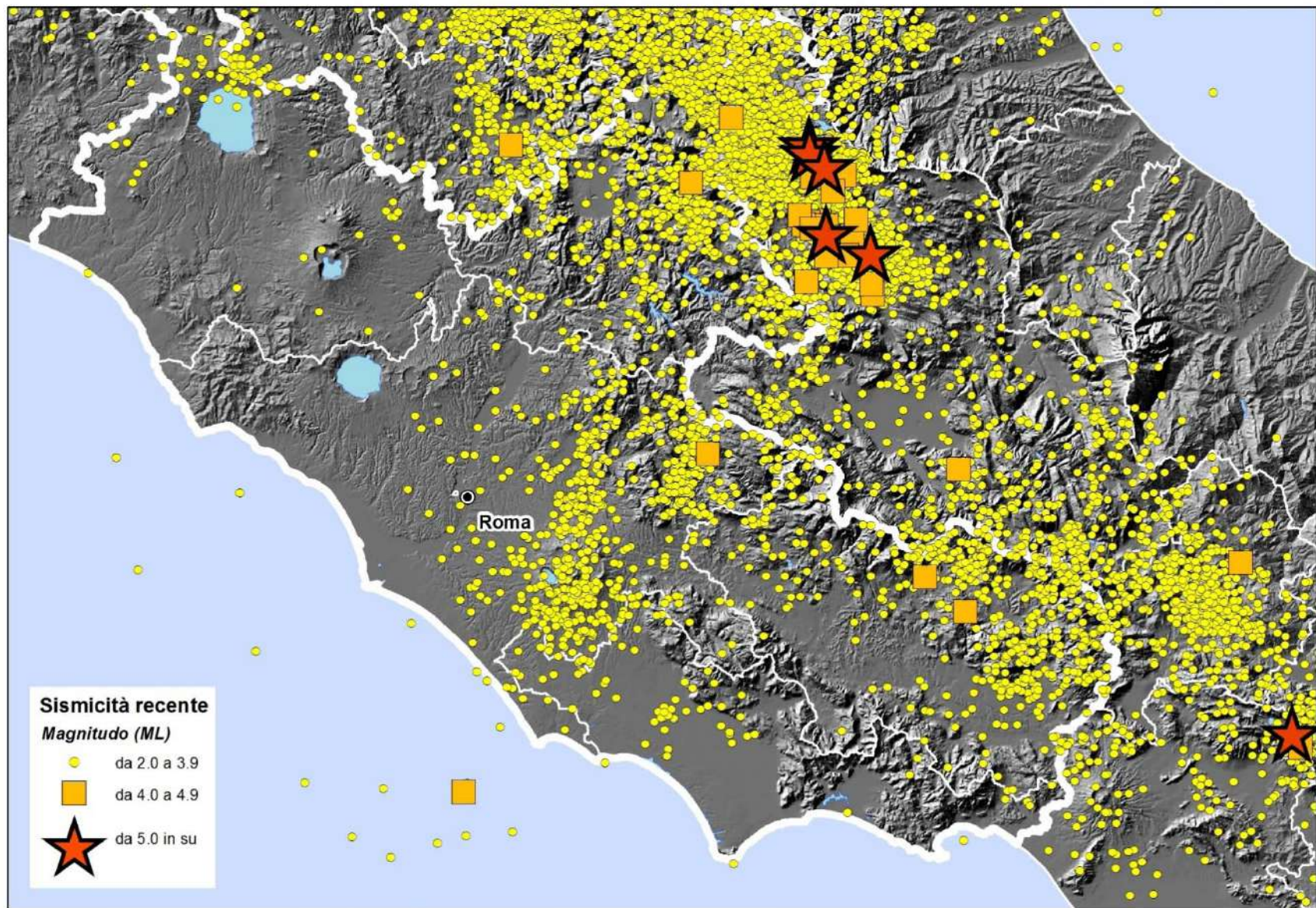
920 – Settore tirrenico a tettonica distensiva "sismicità bassa con sporadici eventi a M relativamente elevata"

921 – Area Vulsina caratterizzata da elevato flusso di calore; "diffusa sismicità di energia moderata, con pochi eventi a M più elevata"

922 – Area Colli Albani "sismicità diffusa con moderato rilascio di energia e pochi eventi a M più elevata"

923 – area che include le "sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti a M più elevata che hanno interessato l'Appennino centrale"

La sismicità dal 1981 al 2014



La sismicità storica

