

A topographic map of Europe and the Mediterranean region, showing elevation in shades of green, yellow, and red. Overlaid on the map are red and orange areas indicating seismic activity. Labels for 'Bern', 'Zagreb', and 'Roma' are visible. The text is centered over the map.

**Faglie,
faglie attive,
faglie capaci,
faglie sismogeniche:**

cosa abbiamo imparato negli ultimi 30 anni?

Gianluca Valensise
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Roma

Prologo

Geologia e Terremoti

Cosa ha a che vedere la Geologia con la pericolosità sismica?

Come può la storia geologica del pianeta, che utilizza un righello la cui divisione più sottile vale già 10.000 anni, essere utile a stabilire dove e con che violenza colpiranno i terremoti del futuro?

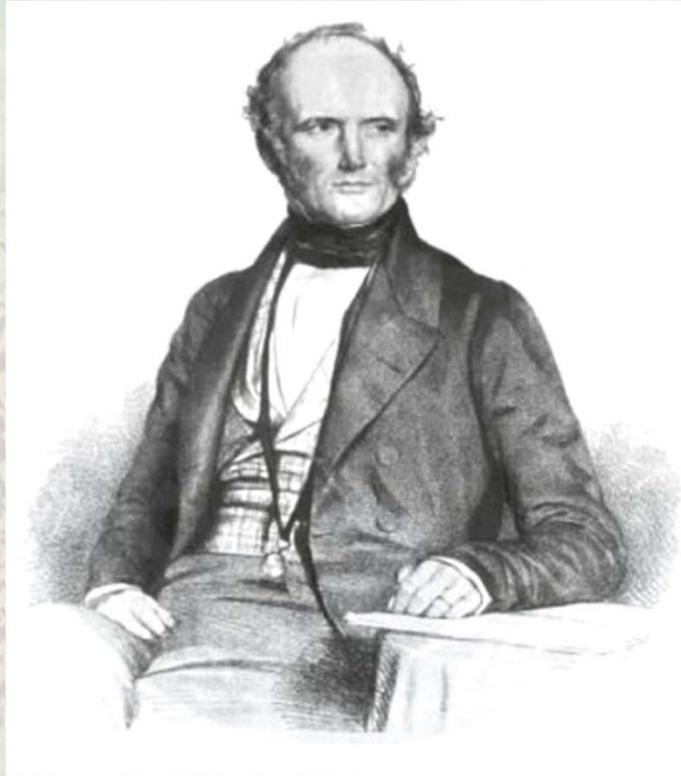
Come si può pensare di prescindere dalle osservazioni strumentali per capire la sismicità del futuro?

Quando oltre trenta anni fa ho iniziato il lavoro che ancora oggi svolgo, la gran parte della comunità scientifica nazionale - e in parte anche di quella europea - si poneva queste domande. Non un secolo fa, ma appena tre decenni fa...

1.

I pionieri

Geologia | I padri



“The Present is the key to the Past”

Sir Charles Lyell
1797-1875

Lyell è stato il primo ricercatore che ha potuto essere testimone delle modificazioni della superficie topografica a seguito di un grande terremoto, quello del 1891 a Cutch, India.

Geologia | I padri



Corollario:
“The Past is the key to the Present”

Grove Karl Gilbert
1843-1918

“... mountains rise little by little... a little cliff, in geologic parlance a ‘fault scarp’, is formed... Cohesion and sliding characterize this motion, and some day (the strain) will overcome the friction, lift the mountains a few feet, and re-enact ... the catastrophe of Owens Valley”.

(scritto dopo il grande terremoto del 1872 di Owens Valley, California, M 7.6)

Geologia | I padri



Corollario:

***“The Past and the Present
are the key to the Future”***

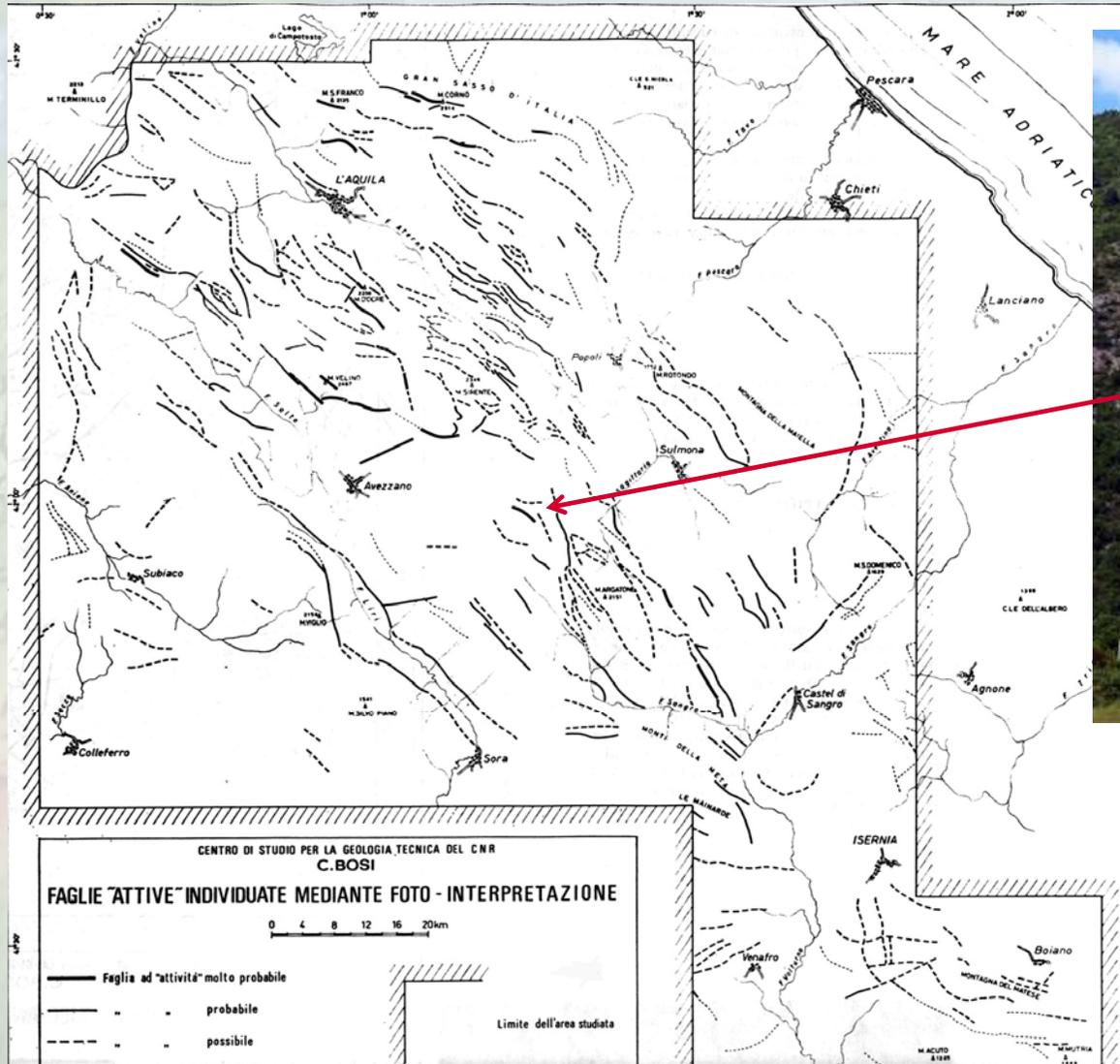
Fusakichi Omori
1868-1923

“... great earthquakes in a given region occur, not everywhere at random, but along a definite line of weakness in the earth’s crust, namely, a seismic zone.”

“...the great disturbances ... happen successively from different points or portions along the seismic zone. ... the places seismically more dangerous ... are exactly those points along the seismic zone ... which have not yet been visited by a very violent shock. ...”

(scritto dopo il terremoto dello Stretto di Messina del 1908, M 7.2)

La tettonica attiva in Italia | I pionieri (1975-1989)

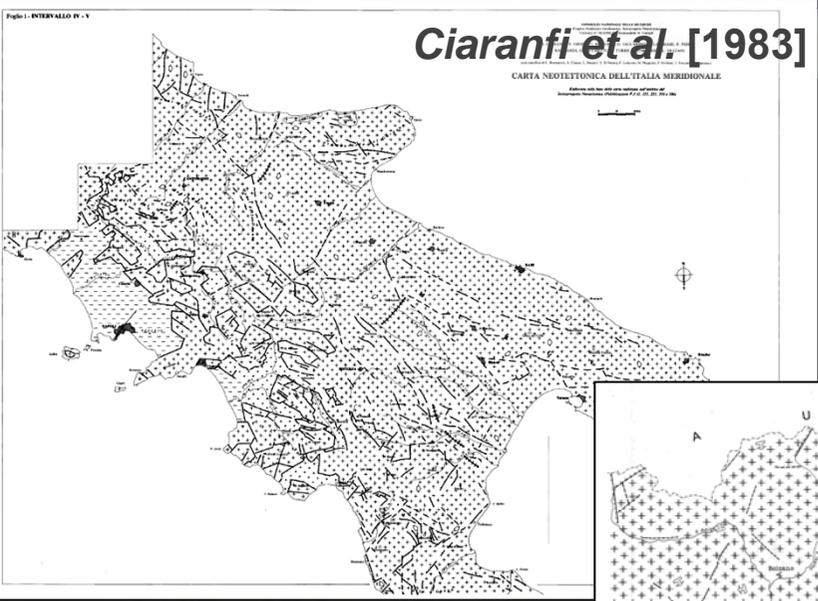


Bosi [1975]

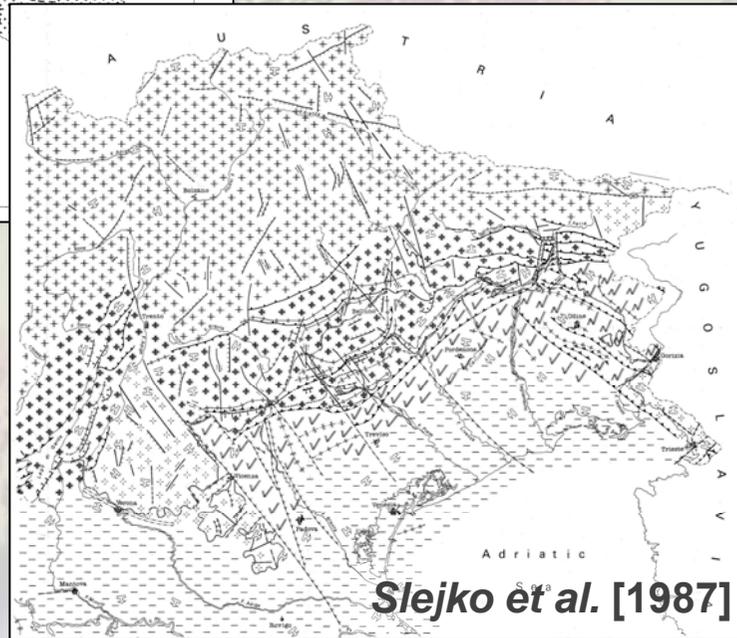
La tettonica attiva in Italia | I pionieri (1975-1989)

Ciaranfi et al. [1983]

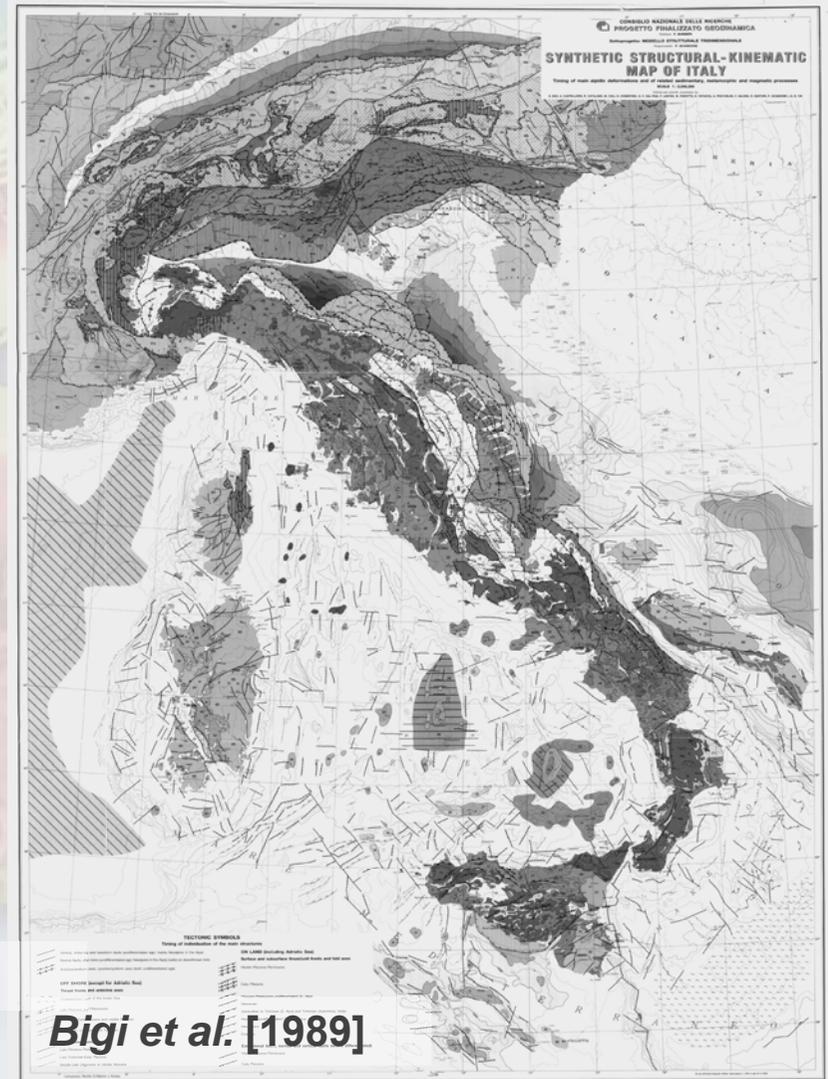
CARTA NEOTETTONICA DELL'ITALIA MERIDIONALE



Slejko et al. [1987]



Bigi et al. [1989]



La tettonica attiva in Italia | I pionieri (1986-1993)

GLI EFFETTI SUL TERRENO DEL TERREMOTO DEL FUCINO (13 GENNAIO 1915); TENTATIVO DI INTERPRETAZIONE DELLA EVOLUZIONE TETTONICA RECENTE DI ALCUNE STRUTTURE

L. SERVA (*), A.M. BLUMETTI (**), & A.M. MICHETTI (***)

ABSTRACT

This paper in the intention of the Authors wants to be an attempt to interpret the genesis and evolution, in recent periods, of ground features which can be correlated with strong releases of seismic energy.

The attempt starts from the examination of the ground «primary» effects (surface faulting) usually of limited length and offset, due to seismic events and it goes, through the study of ground features that show the same geometry (tectonic style) and get older (historic, Holocene, Upper Pleistocene, etc.) and than bigger and bigger (assuming that the ground effects have been added up), not only to elongate the seismic catalogue, but fundamentally, to recognize ground features that can be correlated with the effects of many seismic events.

The Authors have chose the Fucino Area (Central Italy) because it was the epicentral area of one of the greatest Italian earthquake (13.1.1915; $M_L = 6.8$; $I = XI$ MCS) and also because that area is known to be interested by very young tectonic features.

RÉSUMÉ

Cette étude représente un essai d'interpréter la genèse et l'évolution en temps récents des structures tectoniques qui sont en rapport avec des forts tremblements de terre. Cet essai est conduit à partir des effets «primaires» sur le terrain produits par les séismes, c'est-à-dire à partir des «failles de surface», qui ont en général des longueurs et des rejets limités; pour aboutir, à travers l'examen de structures qui présentent presque les mêmes géométries (style tectonique), de plus en plus anciennes (historiques, holocènes, du Pléistocène sup., etc) et par conséquent de plus grands dimensions (en postulant que les effets produits par les séismes s'additionnent), non pas tant à prolonger en arrière le catalogue macrosismique que à reconnaître la somme dans le temps des effets produits par des forts tremblements de terre.

(*) ENEA/DISP, Via V. Brancati, 48 - 00144 Roma.

(**) Via F. Algarotti, 8 - 00137 Roma.

(***) Via dei Taurini, 27 - 00185 Roma.

Les auteurs ont choisi comme zone pour cette recherche le Bassin du Fucino, qui fut frappé le 13.1.1915 par un séisme parmi les plus désastreux de l'histoire sismique italienne; ce Bassin est connu dans la bibliographie parce-que on y reconnaissent des nombreuses structure tectoniques d'un âge très récent.

TERMINI CHIAVE: terremoto, fagliazione superficiale, geomorfologia, tettonica.

INTRODUZIONE

Il presente lavoro, nell'intendimento degli autori, vuole rappresentare un tentativo di interpretare la genesi e la evoluzione in tempi recenti delle strutture tettoniche correlabili a forti rilasci di energia sismica. Il tentativo parte dall'esame degli effetti «primari» sul terreno, intesi come effetti riconoscibili come dislocazioni (fagliazione superficiale), di regola di limitati lunghezze e rigetti, prodotti da eventi sismici; giunge, quindi, attraverso l'esame di strutture presentanti analoghe geometrie (stile tettonico) via via più antiche (storiche, dell'Olocene, del Pleistocene superiore, etc.) e quindi anche di dimensioni maggiori (postulando che gli effetti prodotti dagli eventi sismici si sommano), non tanto a prolungare a ritroso nel tempo il catalogo macrosismico, quanto al riconoscimento della sommatoria nel tempo degli effetti prodotti dal verificarsi di forti rilasci di energia sismica.

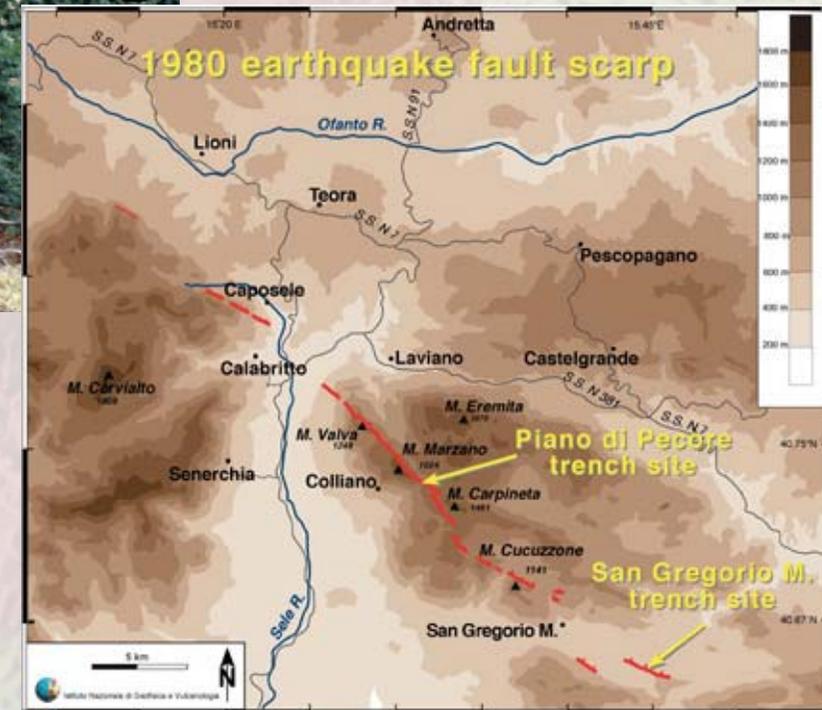
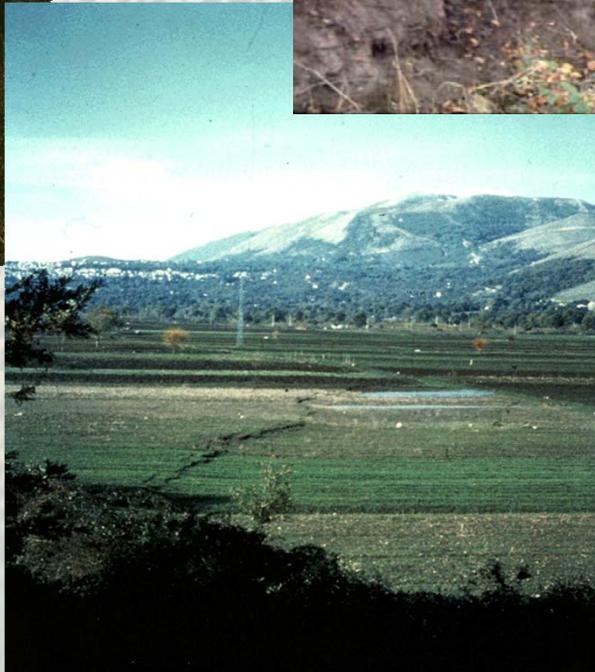
Gli Autori hanno scelto come area di studio la Conca del Fucino, interessata il 13.1.1915 da un terremoto tra i più disastrosi della storia sismica italiana ($M_1 = 6.8$, $I = XI$ MCS, secondo CNR, 1985); la conca è nota in bibliografia per essere interessata da nume-



Fig. 10 - Scarpa di faglia, al contatto fra il substrato calcareo e le alluvioni ghiaiose, prodottasi in occasione del terremoto. Secondo i testimoni oculari (da destra sig. ALFONSO DI SALVATORE e sig. ANTONIO DE ANGELIS) il rigetto morfologico in questo punto fu di circa 1 metro.

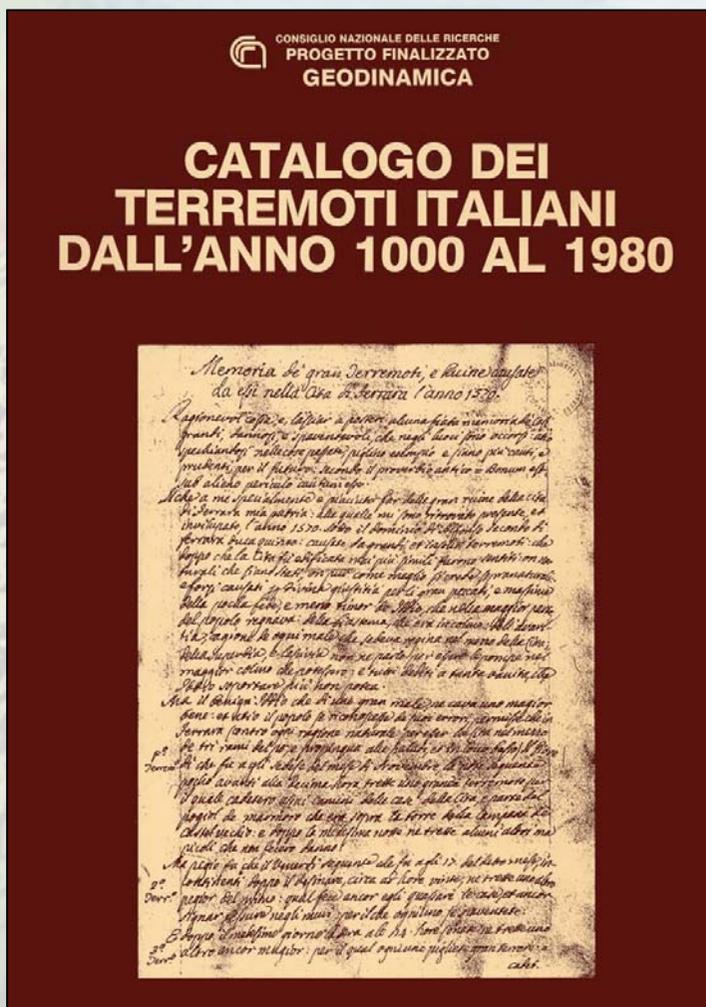
Serva et al. [1986]

La tettonica attiva in Italia | I pionieri (1986-1993)

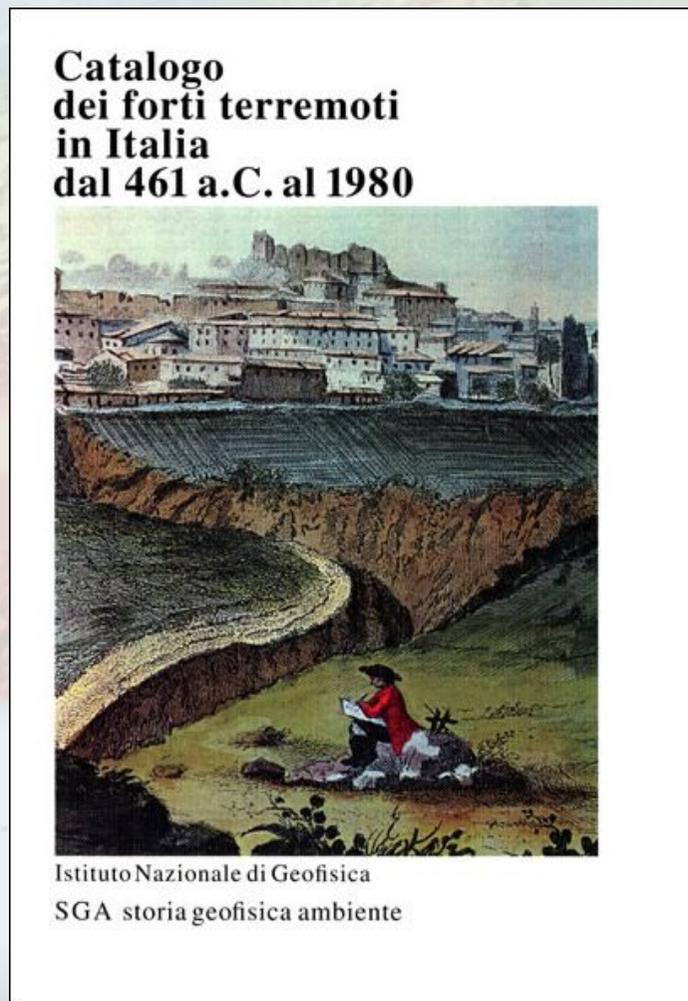


Pantosti e Valensise [1988, 1990]

Sismologia storica | I pionieri (1985-1995)



Postpischl [1985]



Boschi et al. [1995]

2.

La Geologia dei terremoti

La Geologia dei **terremoti**

Cosa c'entra la Geologia con i terremoti?

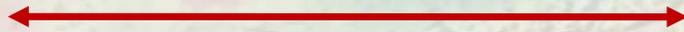
La **Geologia** si esprime in migliaia e milioni di anni, mentre un terremoto è istantaneo.

Dunque cosa ne può sapere il geologo del terremoto come fenomeno?

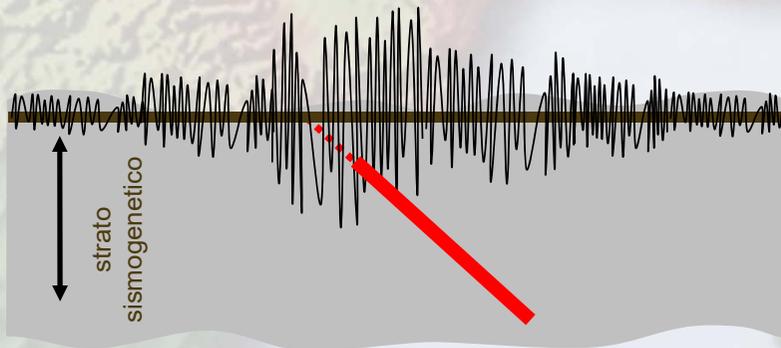


La Geologia dei **terremoti**

**Scuotimento
(ground shaking)**

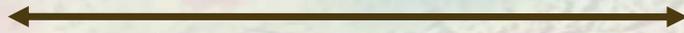


Ha luogo sempre ma è transiente.
Interessa un'area molto più ampia della faglia.
E' responsabile della gran parte del danno.
Può innescare effetti secondari
(*liquefazione, frane, rotture secondarie*).



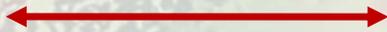
La Geologia dei **terremoti**

Scuotimento
(*ground shaking*)

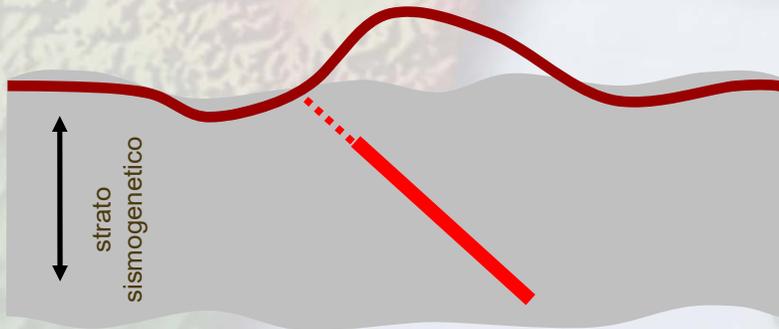


Ha luogo sempre ma è transiente.
Interessa un'area molto più ampia della faglia.
E' responsabile della gran parte del danno.
Può innescare effetti secondari
(*liquefazione, frane, rotture secondarie*).

Deformazione superficiale
(*surface deformation*)

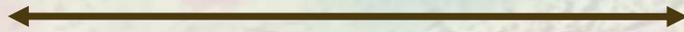


Ha luogo sempre ed è permanente.
Interessa un'area ampia (lunghezza faglia x2).
Può produrre danni limitati a infrastrutture.
Può innescare altri effetti geologici
(*deviazioni di fiumi, tsunami*).



La Geologia dei terremoti

Scuotimento
(*ground shaking*)



Ha luogo sempre ma è transiente.
Interessa un'area molto più ampia della faglia.
E' responsabile della gran parte del danno.
Può innescare effetti secondari
(*liquefazione, frane, rotture secondarie*).

Deformazione superficiale
(*surface deformation*)

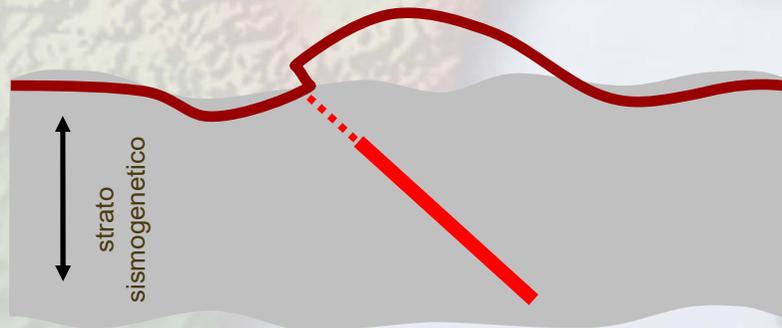


Ha luogo sempre ed è permanente.
Interessa un'area ampia (lunghezza faglia x2).
Può produrre danni limitati a infrastrutture.
Può innescare altri effetti geologici
(*deviazioni di fiumi, tsunami*).

Fagliazione e fratturazione superficiale
(*surface rupture*)

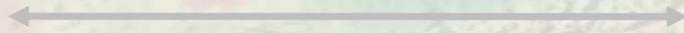


Ha luogo dove la faglia emerge. E' permanente.
Interessa un'area limitata (< lunghezza faglia).
Può produrre danni significativi.
Può innescare altri effetti geologici
(*sbarramento di fiumi, ristagni di acqua*).



La Geologia dei terremoti

Scuotimento
(*ground shaking*)



Ha luogo sempre ma è transiente.
Interessa un'area molto più ampia della faglia.
E' responsabile della gran parte del danno.
Può innescare effetti secondari
(*liquefazione, frane, rotture secondarie*).

**Deformazione superficiale
(*surface deformation*)**



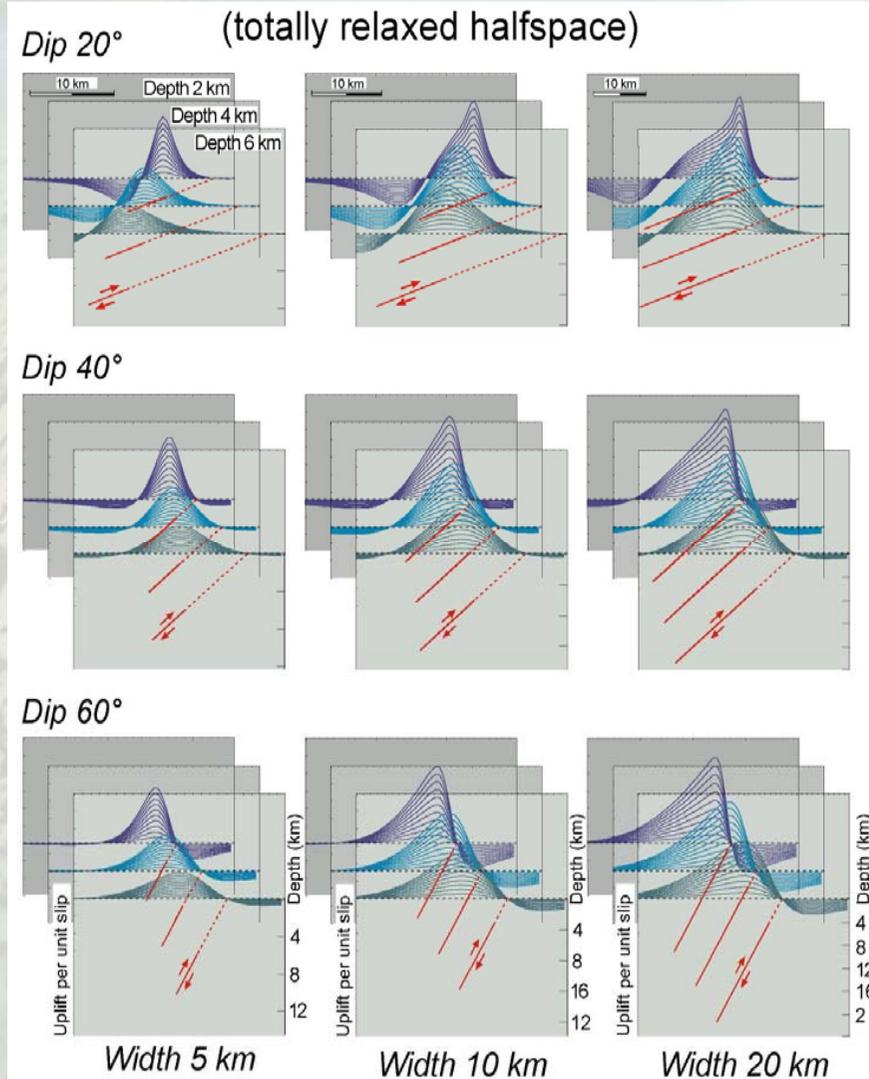
**Ha luogo sempre ed è permanente.
Interessa un'area ampia (lunghezza faglia x2).
Può produrre danni limitati a infrastrutture.
Può innescare altri effetti geologici
(*deviazioni di fiumi, tsunami*).**

Fagliazione e fratturazione superficiale
(*surface rupture*)



Ha luogo dove la faglia emerge. E' permanente.
Interessa un'area limitata (< lunghezza faglia).
Può produrre danni significativi.
Può innescare altri effetti geologici
(*sbarramento di fiumi, ristagni di acqua*).

I nuovi strumenti concettuali | **La teoria della dislocazione**



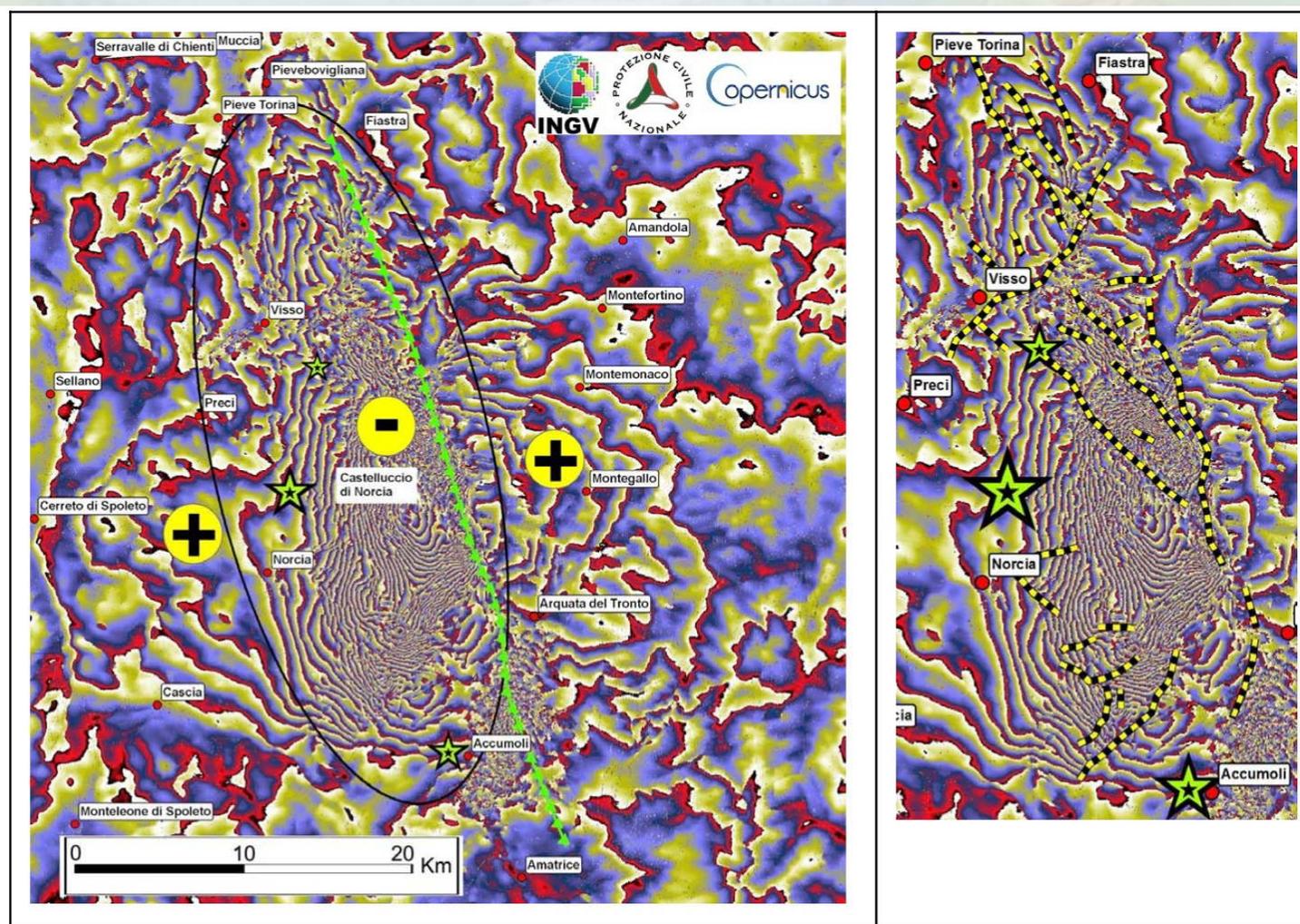
Mette in relazione la dislocazione sulla faglia con le caratteristiche della deformazione della superficie.

Attraverso centinaia di migliaia di anni la continua dislocazione sul piano di faglia (con o senza terremoto!) produce le strutture geologiche che vediamo intorno a noi.

Questa tecnica ci consente di modellarle in funzione dei parametri della sottostante faglia.

Ward & Valensise [1996]

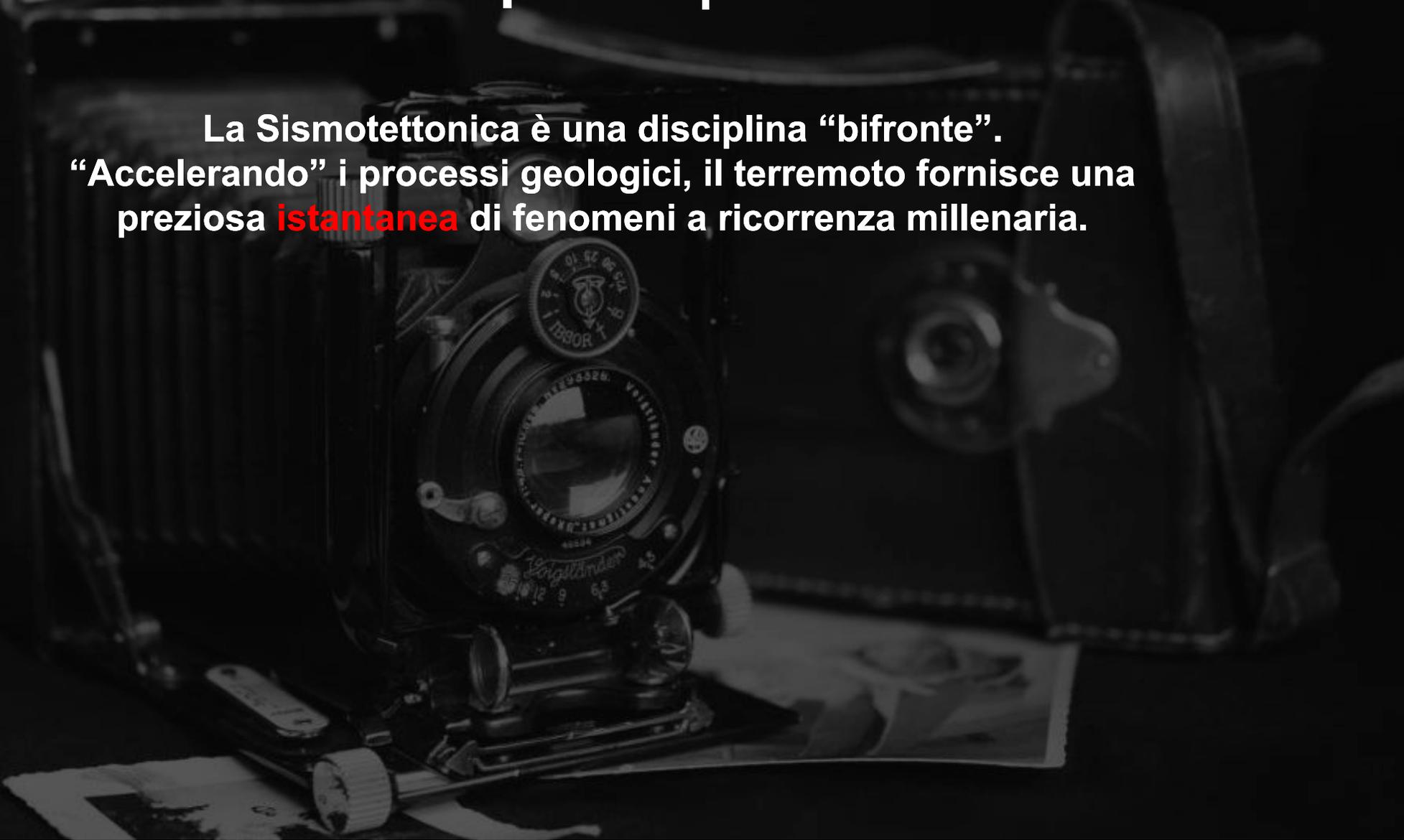
I nuovi dati | L'interferometria SAR



Gruppo di Lavoro INGV sul Terremoto in centro Italia [2016]

I nuovi ambiti disciplinari | **La Sismotettonica**

La Sismotettonica è una disciplina “bifronte”.
“Accelerando” i processi geologici, il terremoto fornisce una
preziosa **istantanea** di fenomeni a ricorrenza millenaria.



I nuovi ambiti disciplinari | **La Sismotettonica**

La Sismotettonica è una disciplina “bifronte”.
“Accelerando” i processi geologici, il terremoto fornisce una preziosa **istantanea** di fenomeni a ricorrenza millenaria.

I terremoti - sia recenti che storici - ci **aiutano a capire** l'evoluzione geodinamica e i meccanismi che regolano l'evoluzione della geologia recente e del paesaggio alla scala dei singoli bacini.

I nuovi ambiti disciplinari | **La Sismotettonica**

La Sismotettonica è una disciplina “bifronte”.
“Accelerando” i processi geologici, il terremoto fornisce una preziosa **istantanea** di fenomeni a ricorrenza millenaria.

I terremoti - sia recenti che storici - ci **aiutano a capire** l'evoluzione geodinamica e i meccanismi che regolano l'evoluzione della geologia recente e del paesaggio alla scala dei singoli bacini.

Di contro, la conoscenza di questi meccanismi e della geologia recente può consentirci di **prevedere efficacemente** le caratteristiche dei terremoti futuri.

Tutti i più forti terremoti del dopoguerra ci hanno insegnato qualcosa

- ✓ Belice, 1968 | Evidenza di faglie attive sconosciute
- ✓ Friuli, 1976 | Una sismicità sottovalutata
- ✓ Irpinia, 1980 | Una faglia in cima a una montagna?
- ✓ Abruzzo, 1984 | Altre faglie sconosciute
- ✓ Potenza, 1990 | Faglie trascorrenti profonde (sconosciute)
- ✓ Palermo, 2002 | Faglie attive a largo della città
- ✓ Molise, 2002 | Altre faglie trascorrenti profonde
- ✓ Abruzzo, 2009 | La beffa delle “faglie attive”

Si è resa necessaria una rivoluzione concettuale

Capire i terremoti dalla Geologia?

oppure

Capire la Geologia dai terremoti?

(o meglio ancora, entrambe le cose?)

3.

Trovare e parametrizzare le faglie: un lavoro difficile



La San Andreas Fault, California

Una faglia ben visibile

Una faglia ben mappata

Una faglia ben studiata

Insomma, una faglia “quasi prevedibile”



Le faglie del Basin-and-Range



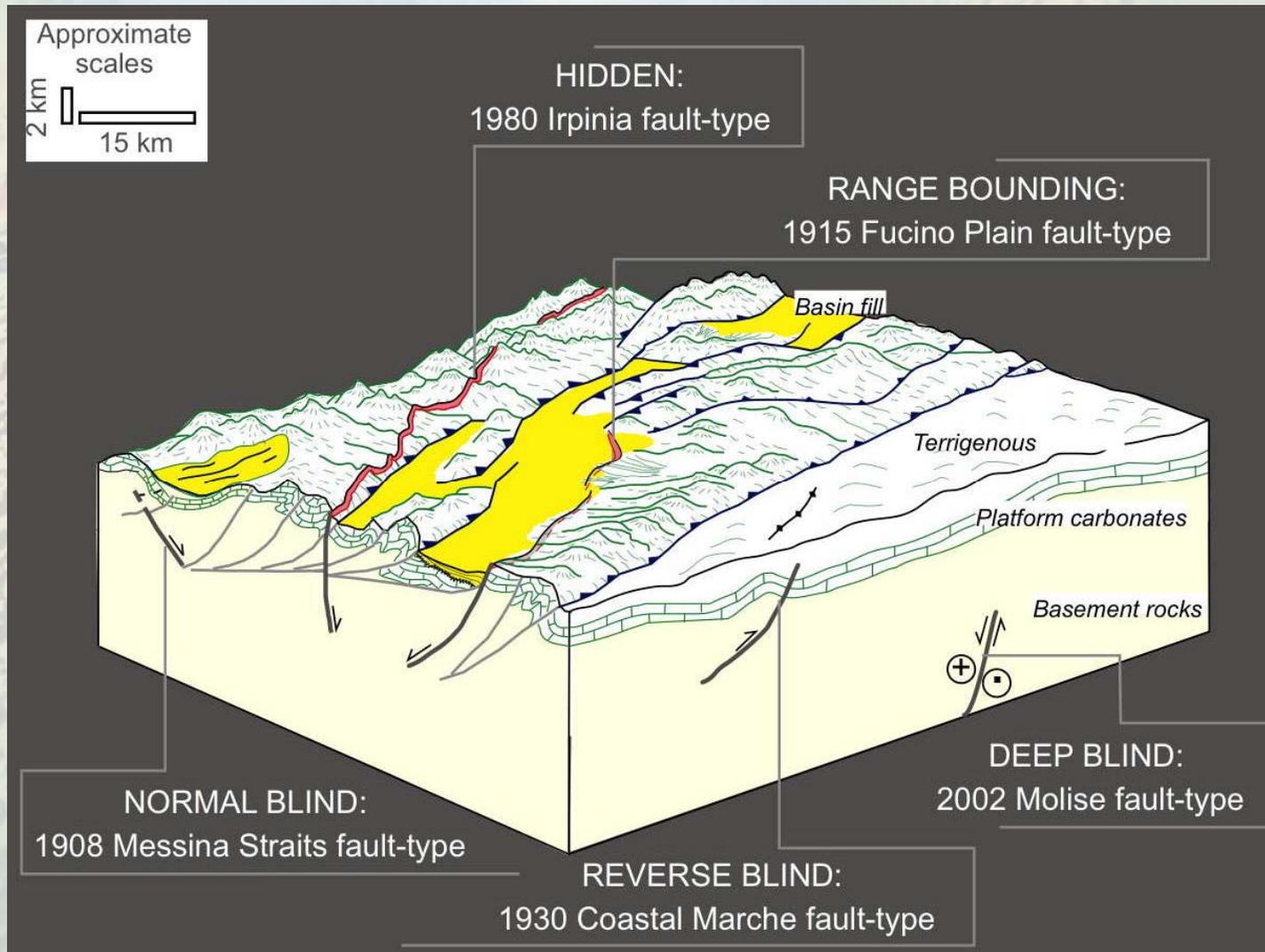
Identificare le faglie in Italia | *A tough job*

L'identificazione delle faglie sismogeniche è quasi sempre resa ardua da **problematiche scientifiche** che emergono a tutte le scale, a tutte le latitudini e in qualunque ambientazione tettonica.

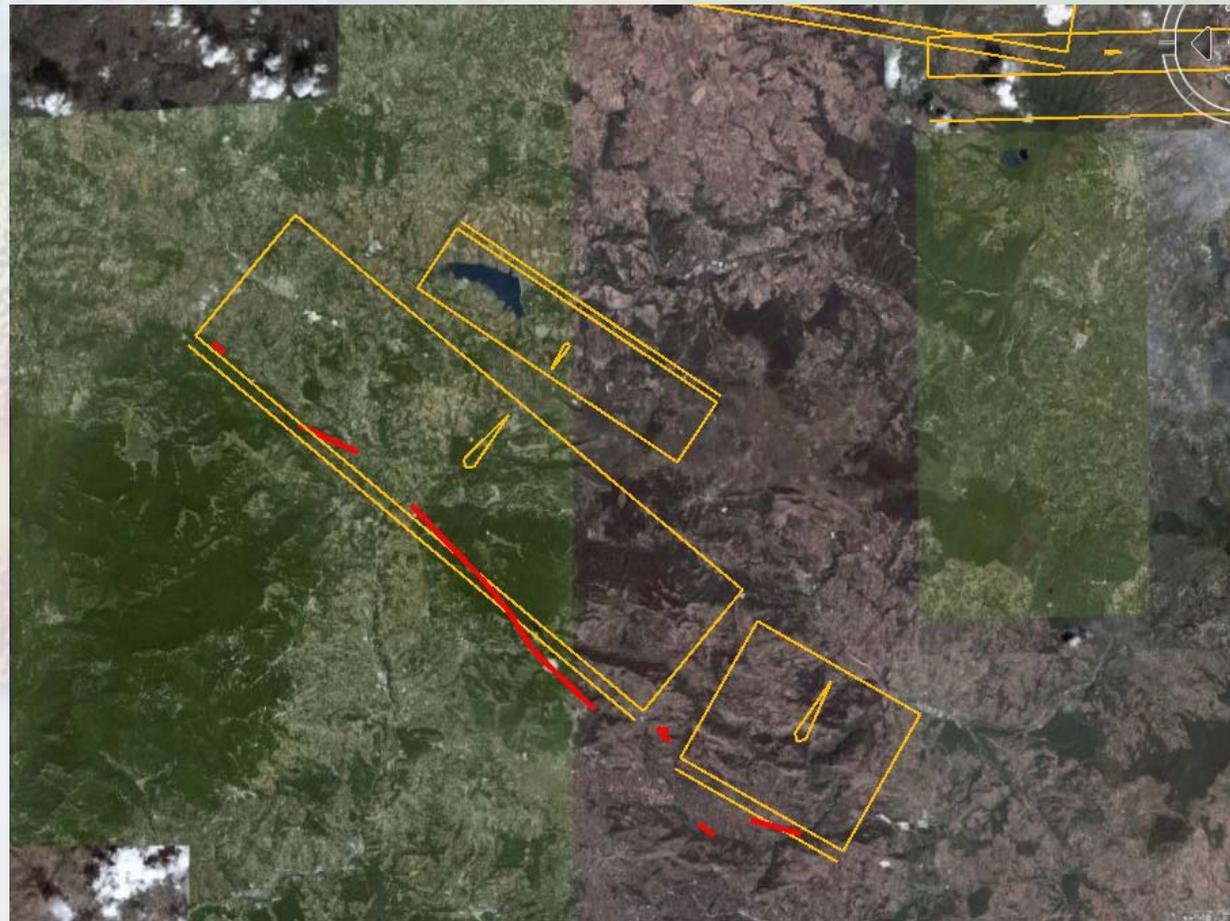
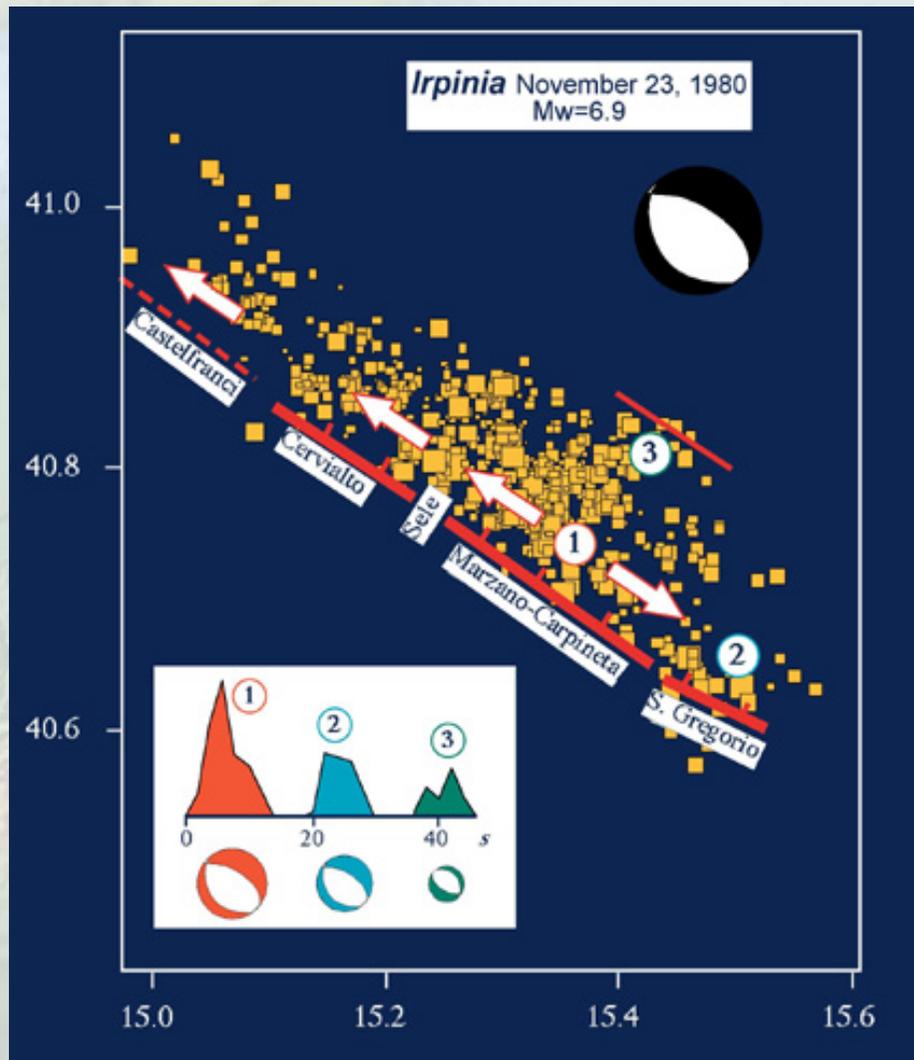
Alcune di queste problematiche possono avere effetti drastici sulla qualità del lavoro di identificazione, potenzialmente causando **gravi errori di interpretazione** e di **valutazione del reale potenziale sismogenico**.

Come tali, questi temi dovrebbero rendere molto agitato il sonno di chi cerca faglie attive e di chi le utilizza nell'ambito del SHA, soprattutto in Italia... ma è così?

Identificare le faglie in Italia | *A tough job*



Il terremoto del 23 novembre 1980 (M_w 6.9)



L'avvio della Paleosismologia in Italia | Risultati inattesi



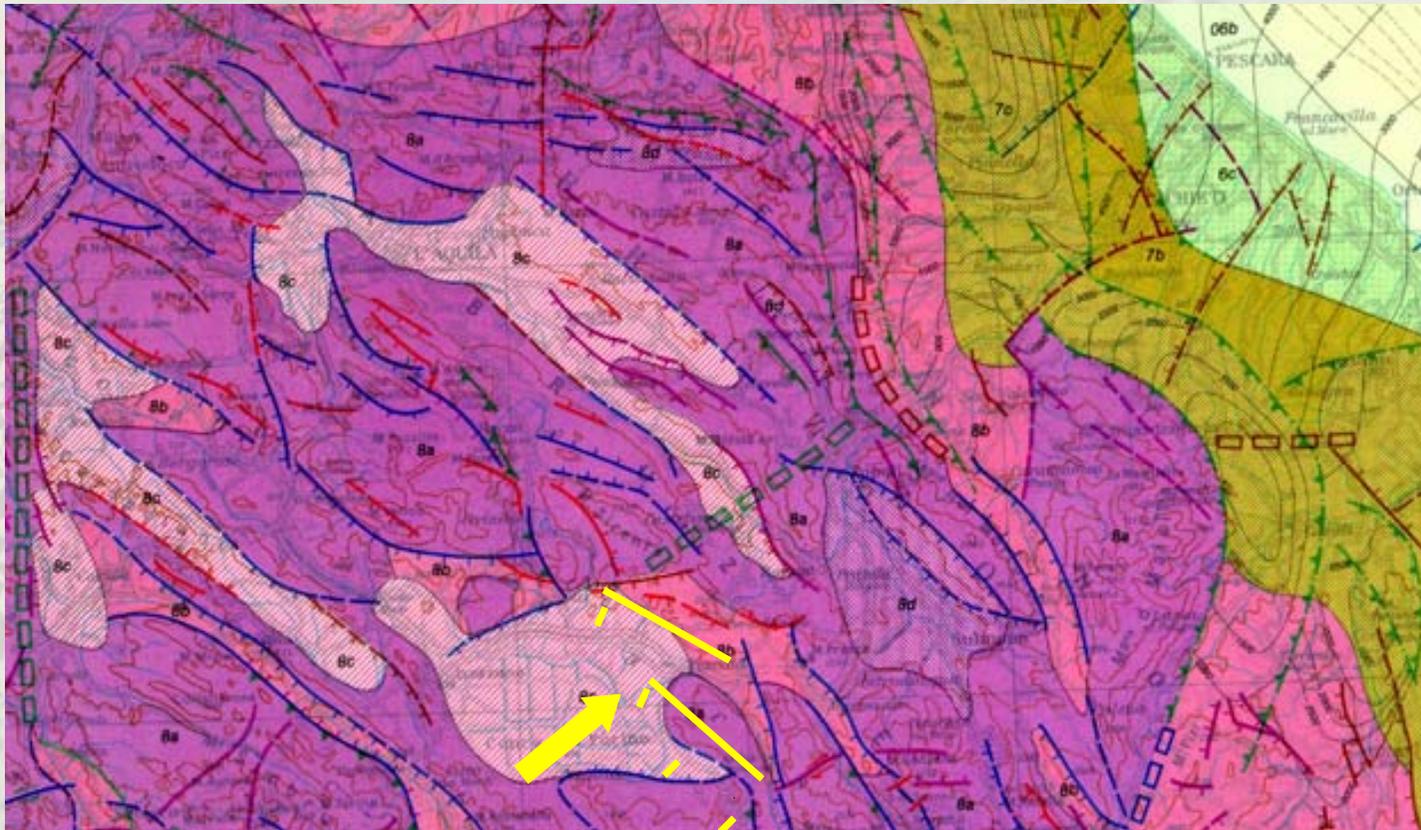
Paleoterremoti della Faglia dell'Irpinia

Evento	Età (anni B.P.)	dislocazione verticale (cm)
1	1980 A.D.	45-53
2	1415-2755	47-55
3	3510-4280	47
4	4410-6770	73-81
5	6735-8600	74-98

Pantosti et al. [1993]

Il terremoto del **13 gennaio 1915** (M_w 6.8)

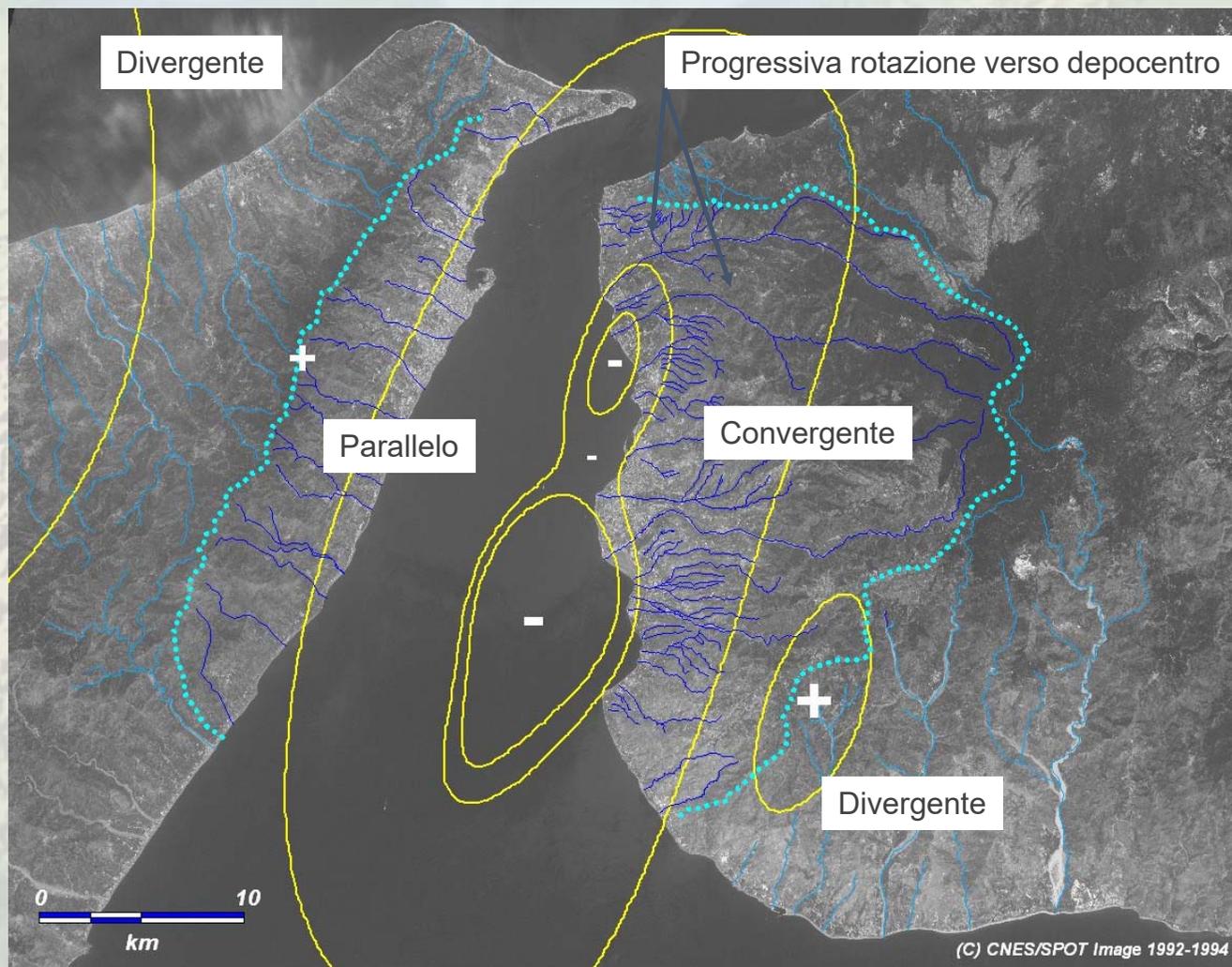
Tante faglie attive, ma non quelle giuste!



Rotture di superficie del 1915

Carta Neotettonica d'Italia, CNR-PFG 1987

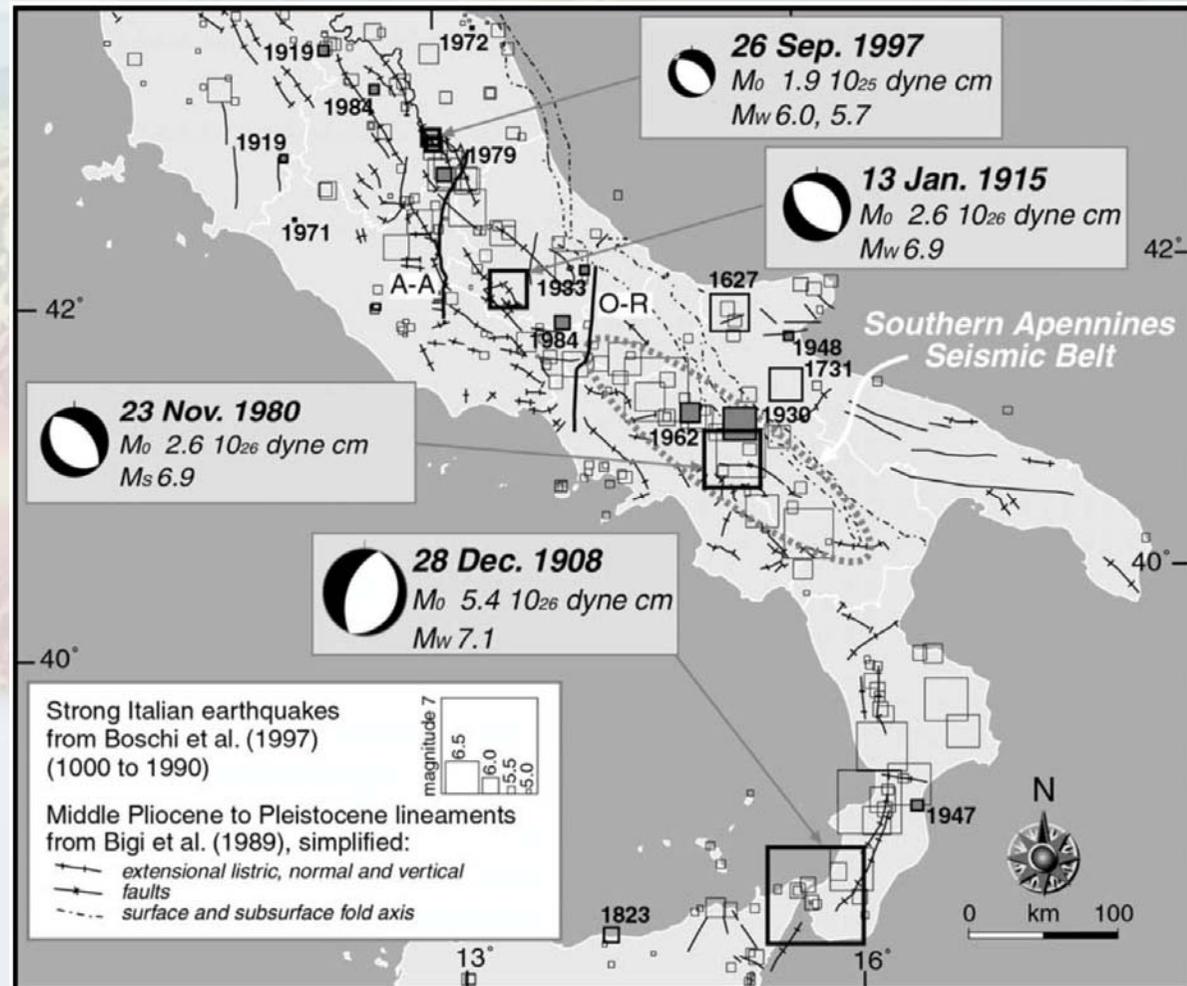
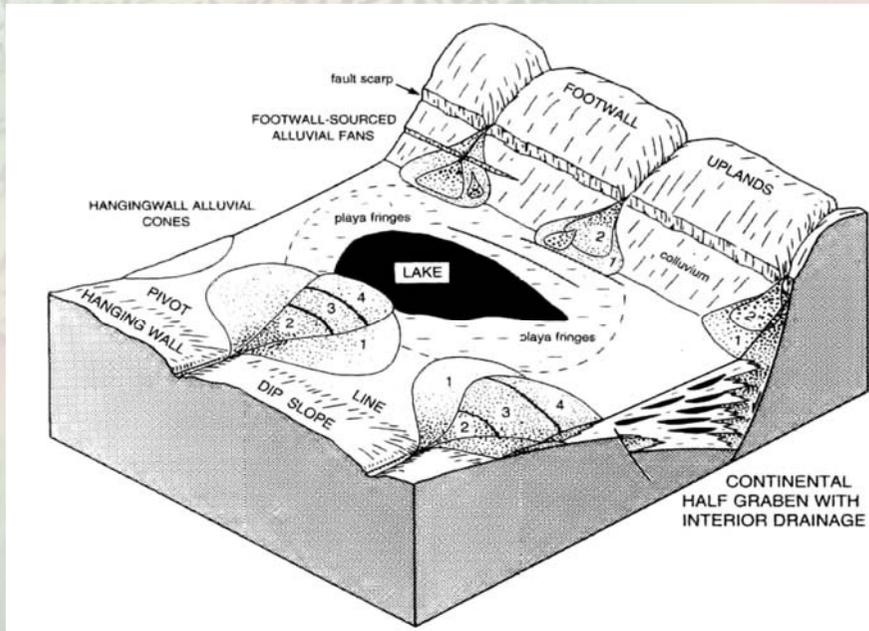
Il terremoto del 28 dicembre 1908 (M_w 7.1)



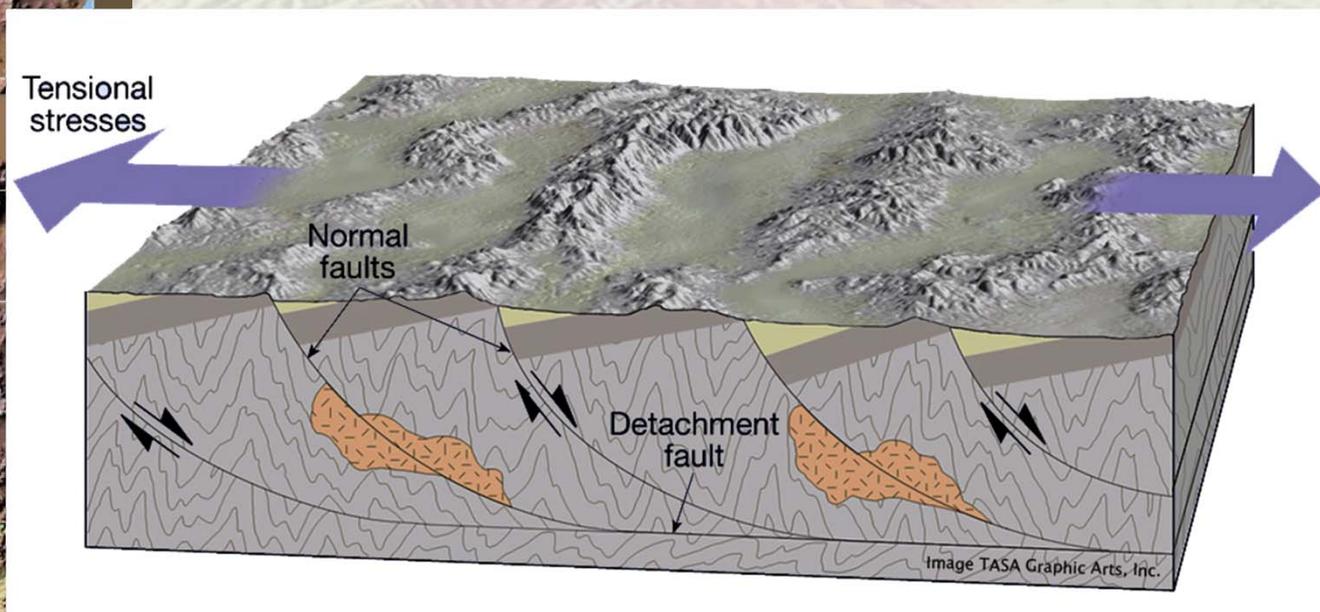
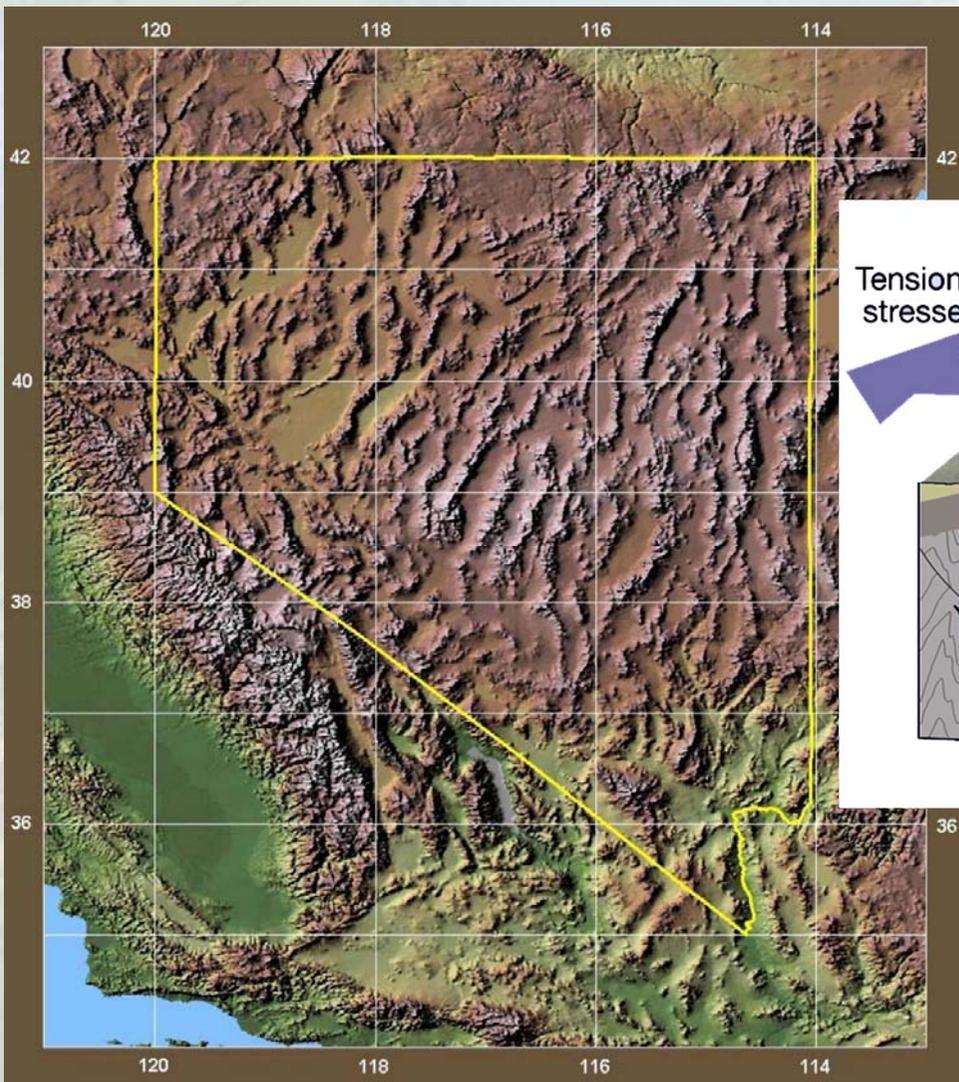
Faglie estensionali e paesaggio

Nell'immaginario di molti colleghi geologi, le faglie normali dovrebbero controllare la crescita delle catene montuose e lo sviluppo di semi-Graben, ampi bacini subsidenti occupati da sistemi di drenaggio caratteristici.

Ma lo fanno?



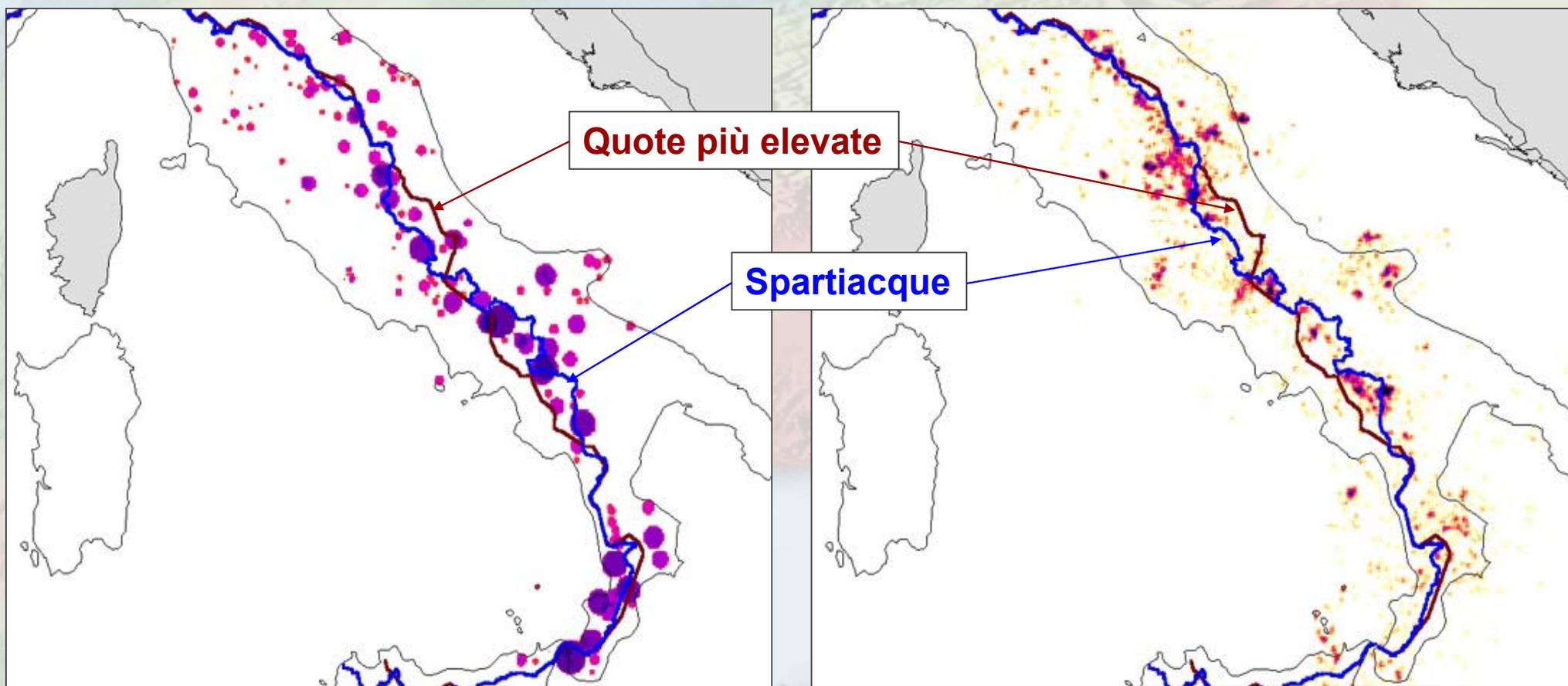
Esiste in Italia un analogo del Basin-and-Range?



Il rilascio di momento sismico in Italia

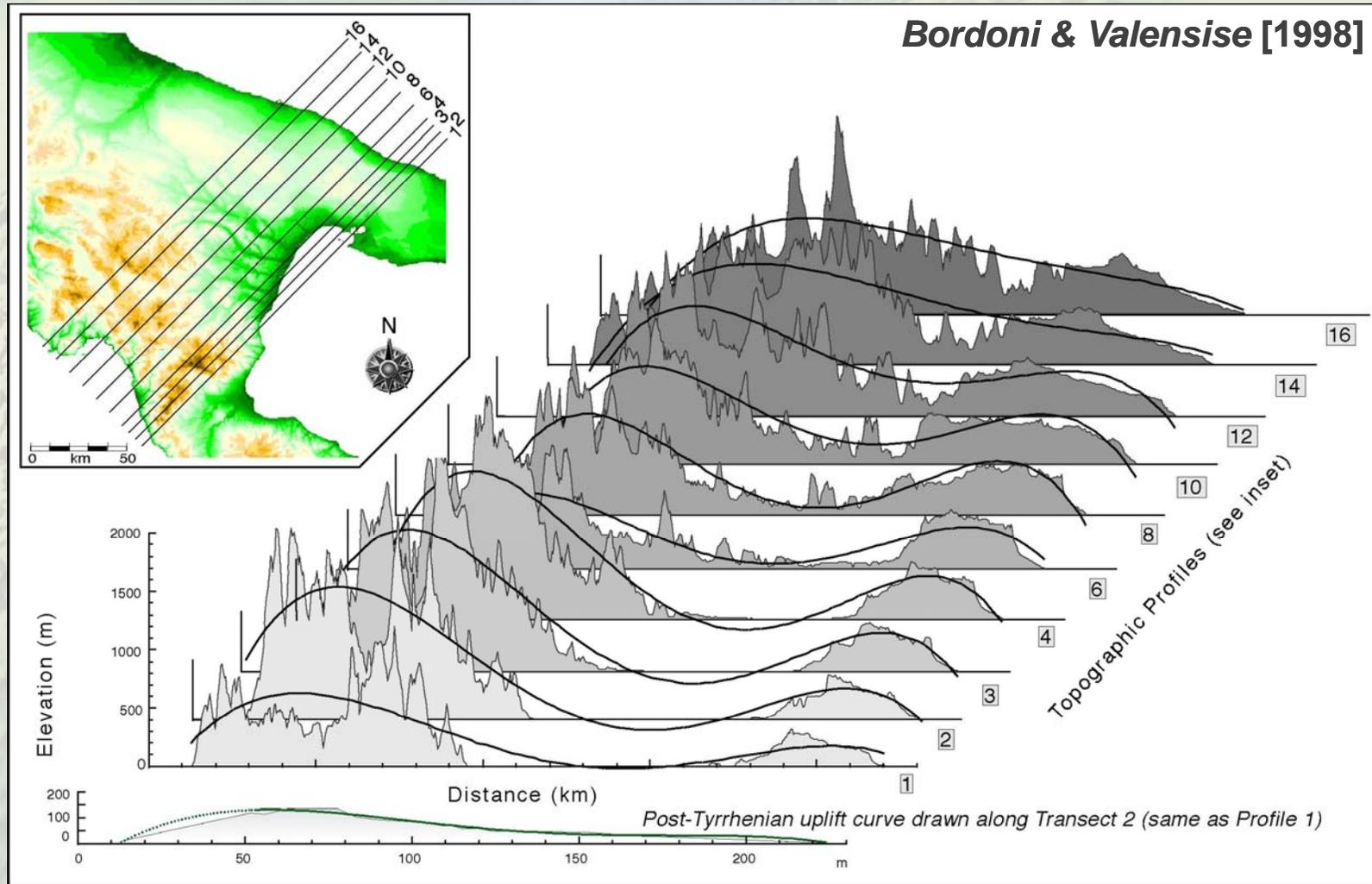
Da dati storici

Da dati strumentali



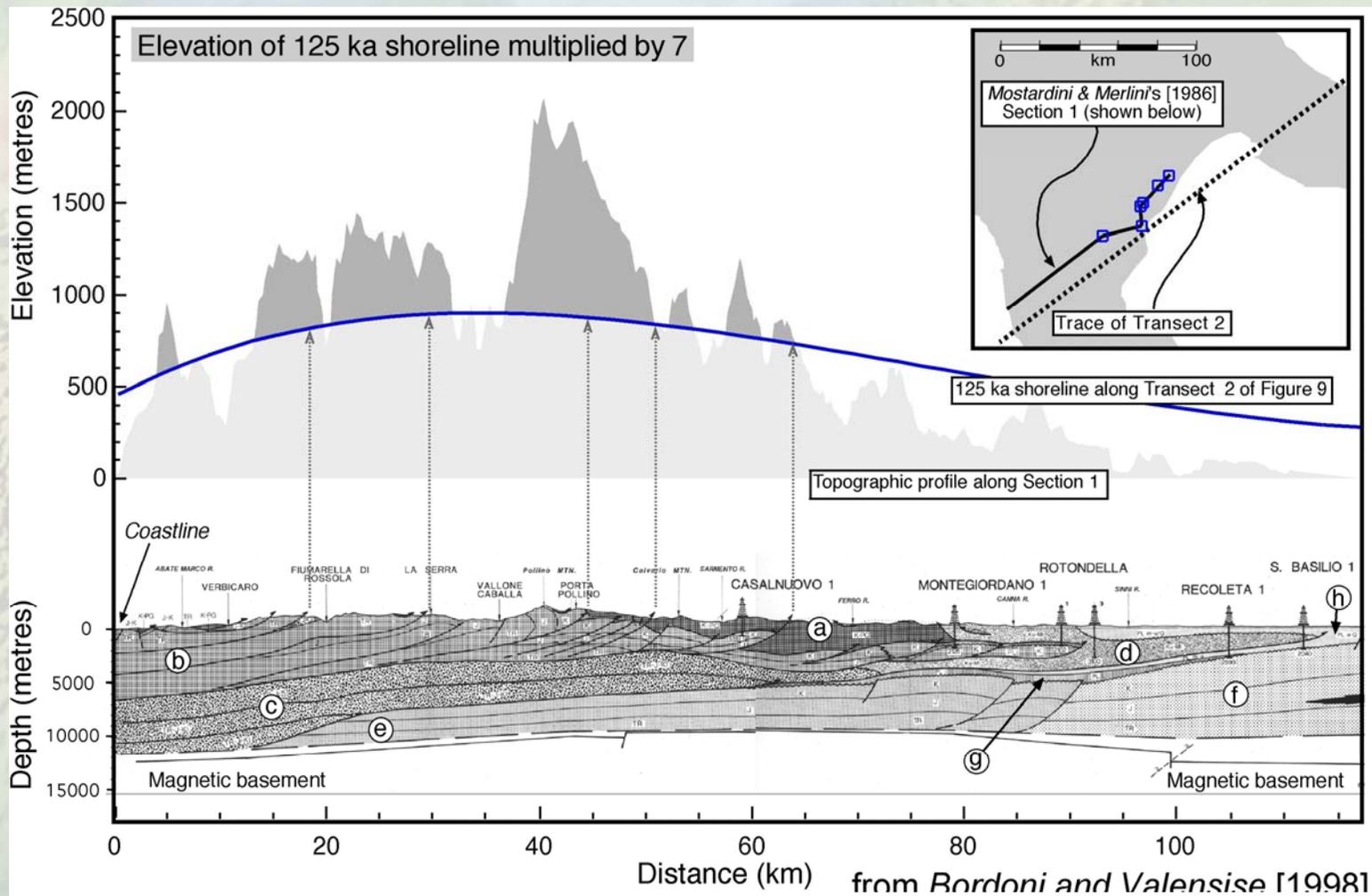
La topografia | **Domina il sollevamento a scala regionale**

Lo suggerisce con decisione l'analisi dei terrazzi marini più recenti



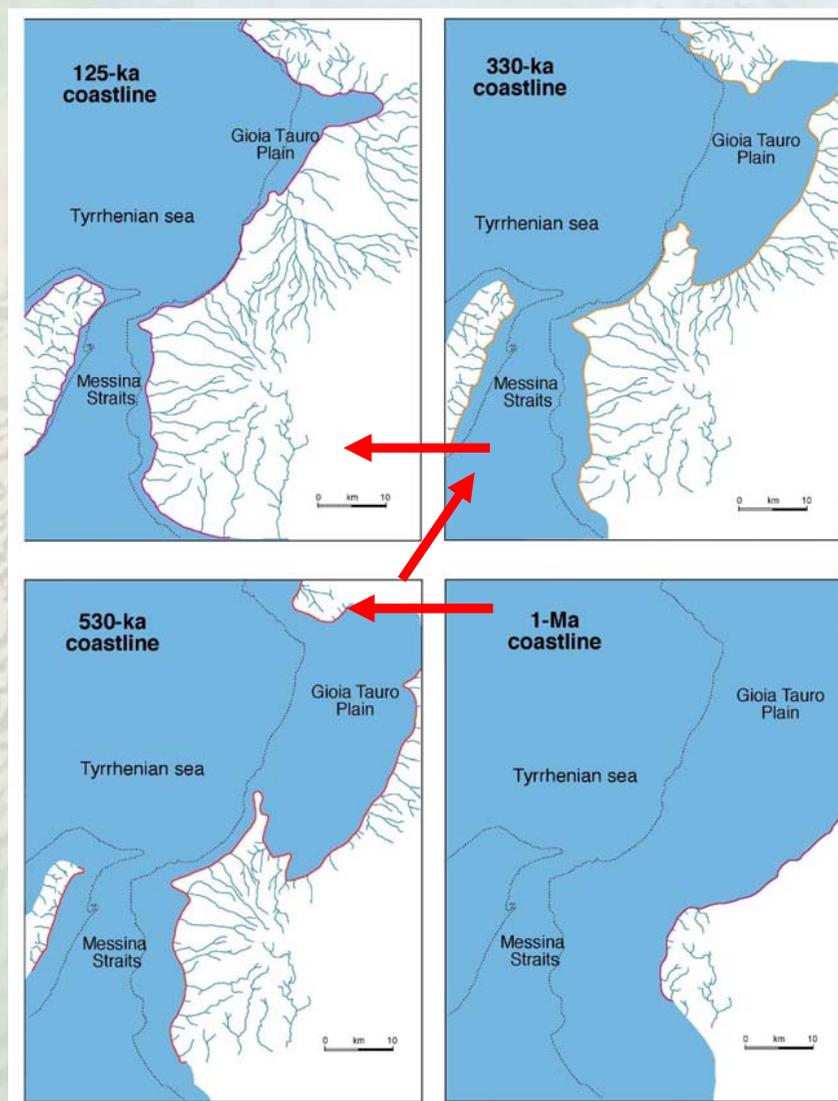
La topografia | **Domina il sollevamento a scala regionale**

Le irregolarità: punte dell'iceberg di strutture compressive fossili, non footwall di faglie normali



Bordoni & Valensise [1998]

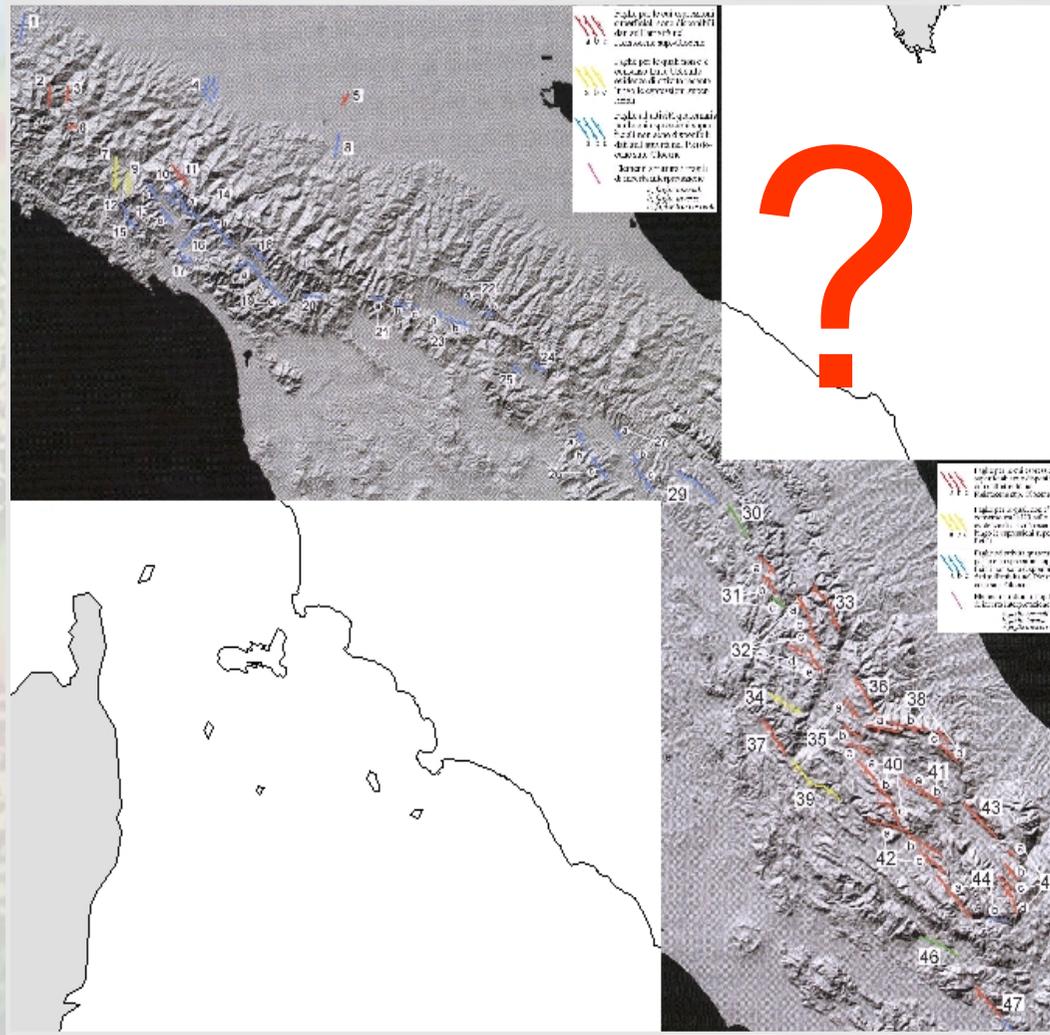
Evoluzione delle linee di riva (1.0-0.125 Ma)



Una ricostruzione dei terrazzi marini a diversi livelli stratigrafici mostra chiaramente la progressiva e veloce emersione della Calabria meridionale e la sua giovane età. Analoghe considerazioni valgono per il resto della Calabria e per l'Appennino meridionale.

Sorpresa! Tra 100.000 anni il Ponte sullo Stretto non servirà più!

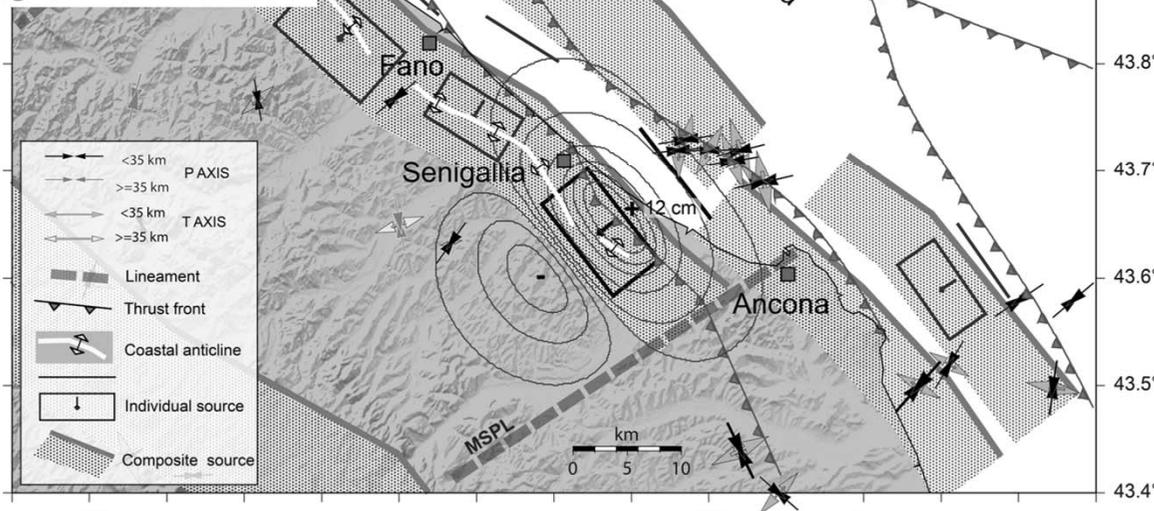
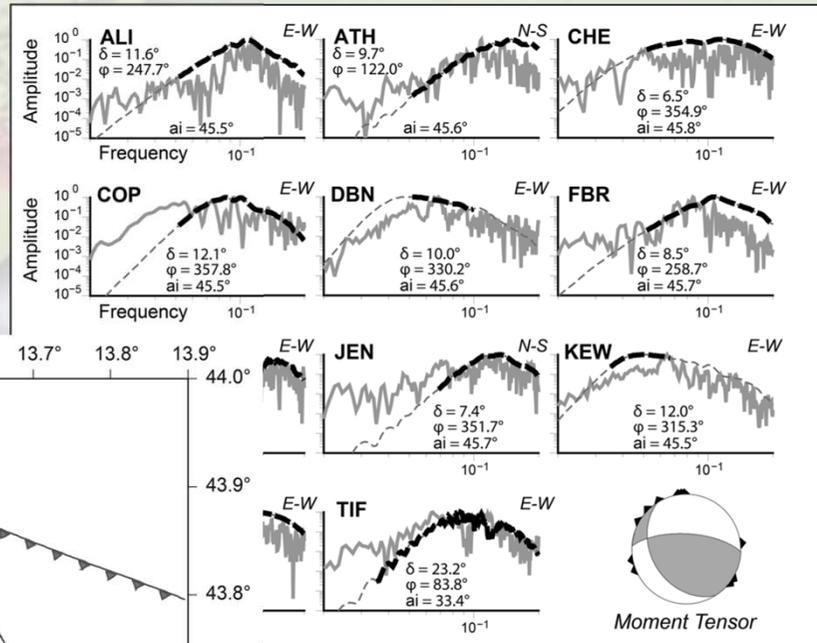
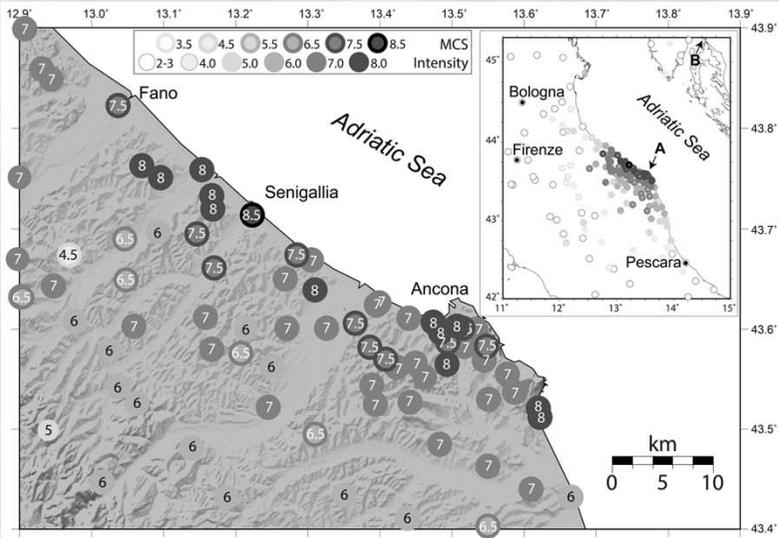
La sismicità dimenticata



Progetto GNDT 5.1.2, 1996-1999 (pubblicato nel 2001)

Sismicità dimenticata, **pericolosità sottostimata**

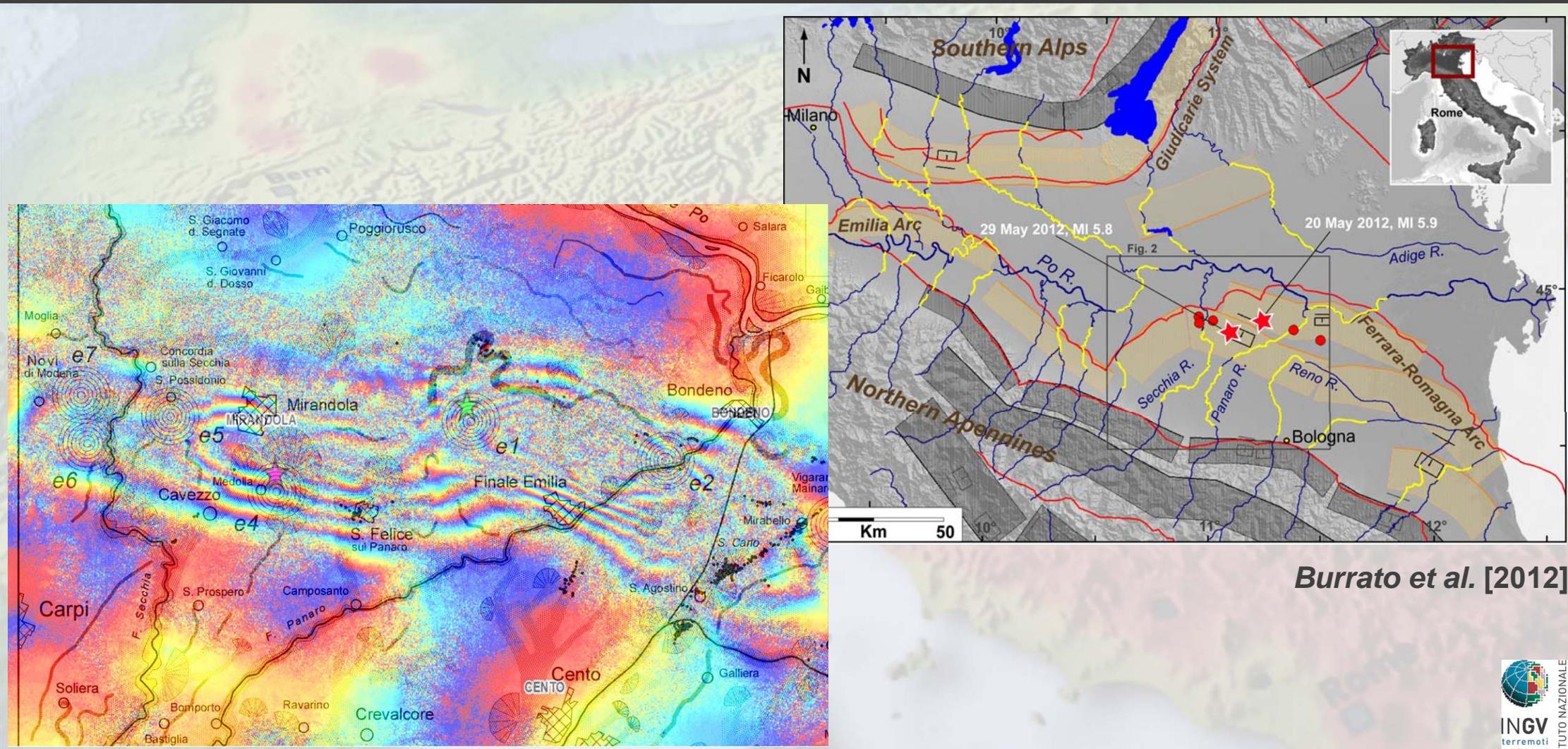
Il terremoto di Senigallia del 30 ottobre 1930 (M_w 5.8)



Vannoli et al. [2015]

Sismicità dimenticata, **pericolosità sottostimata**

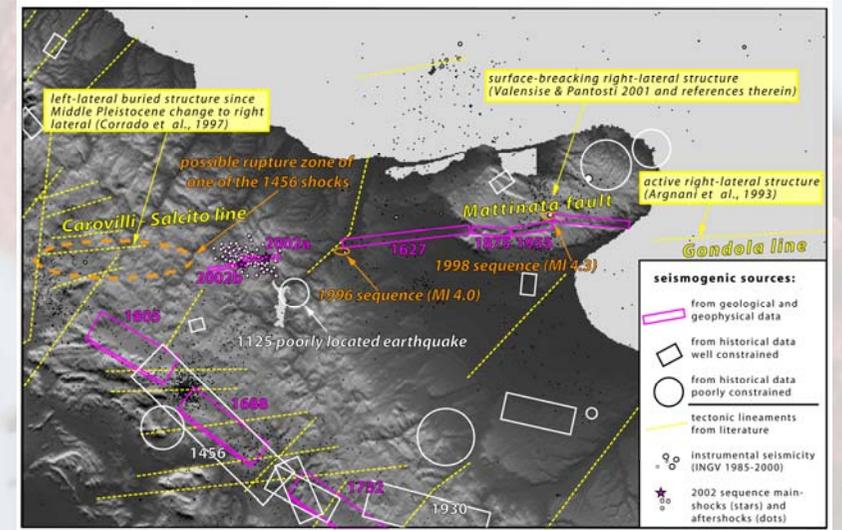
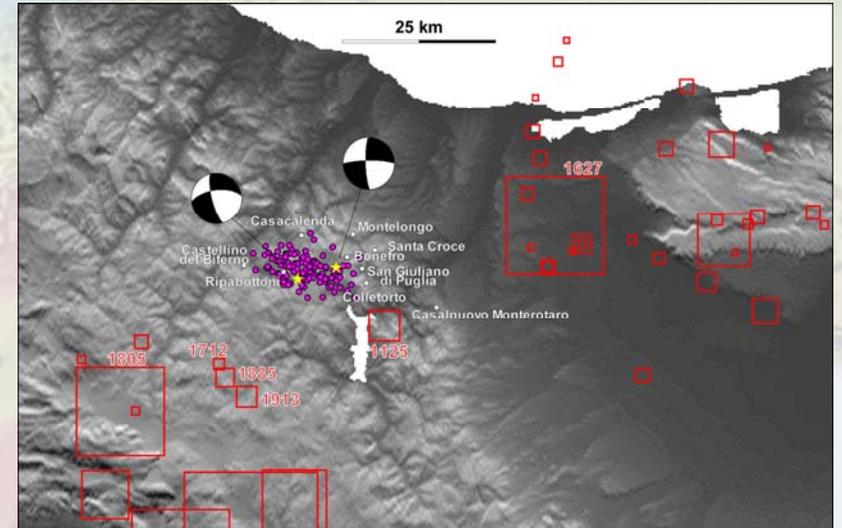
I terremoti emiliani del 20 e 29 maggio 2012 (M_w 6.0-5.9)



Burrato et al. [2012]

31 ottobre 2002 | L'ennesima catastrofe inattesa

Il terremoto di San Giuliano di Puglia (Mw 5.8)

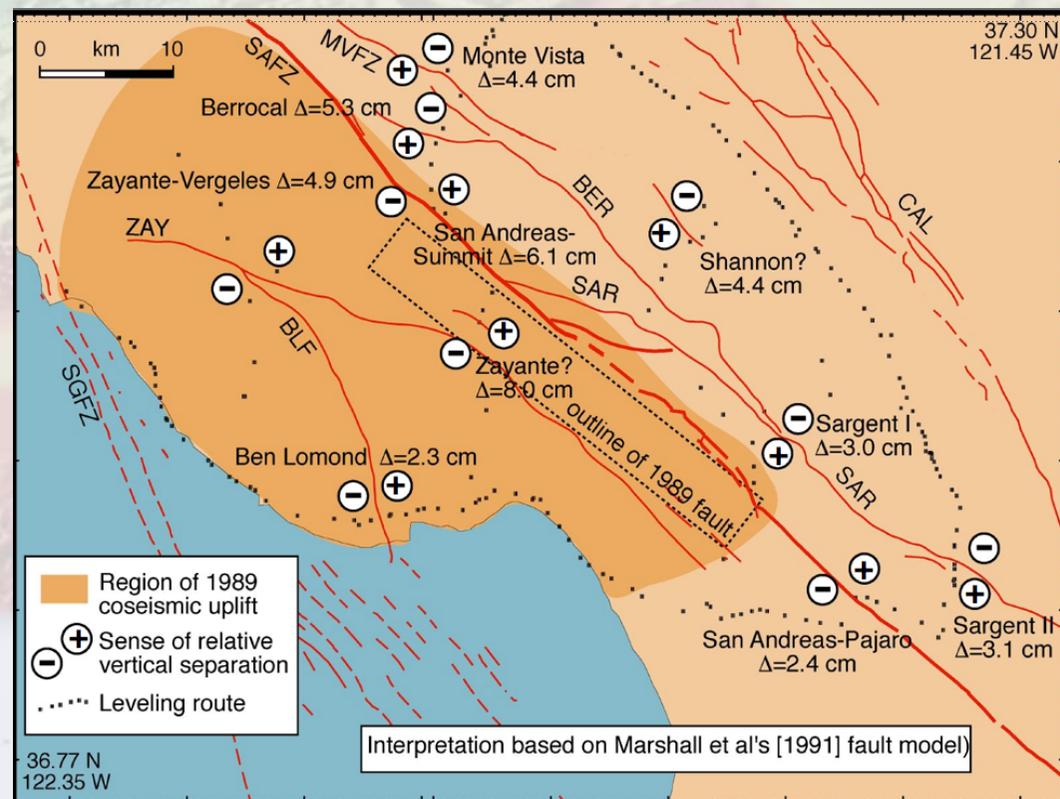
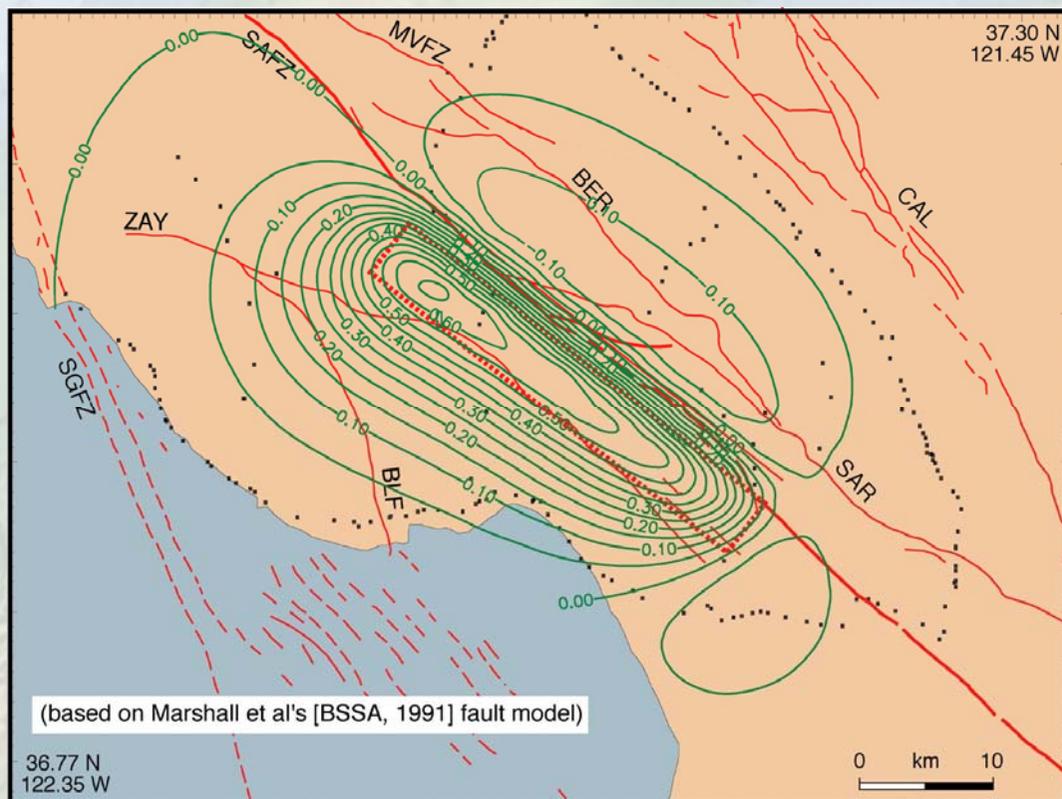


4.

La gerarchizzazione

Capire la gerarchia delle faglie attive

Il terremoto di **Loma Prieta** del 17 ottobre 1989, M_w 7.1

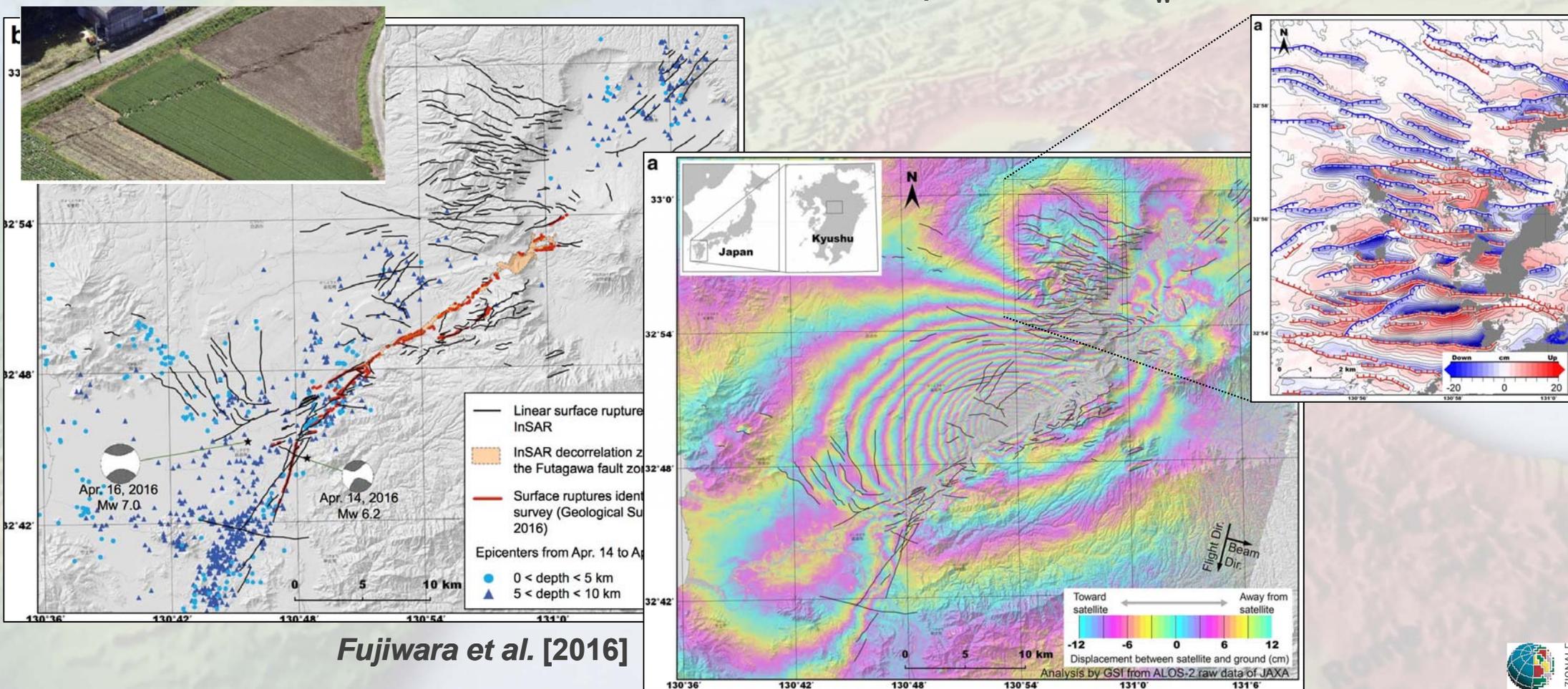


Valensise [1994]

Slip asismico nello hanging-wall di una faglia profonda e cieca viene rivelato dall'analisi delle variazioni di quota cosismiche

Capire la gerarchia delle faglie attive

I terremoti di **Kumamoto** del 14-16 aprile 2016, M_w 6.2-7.0

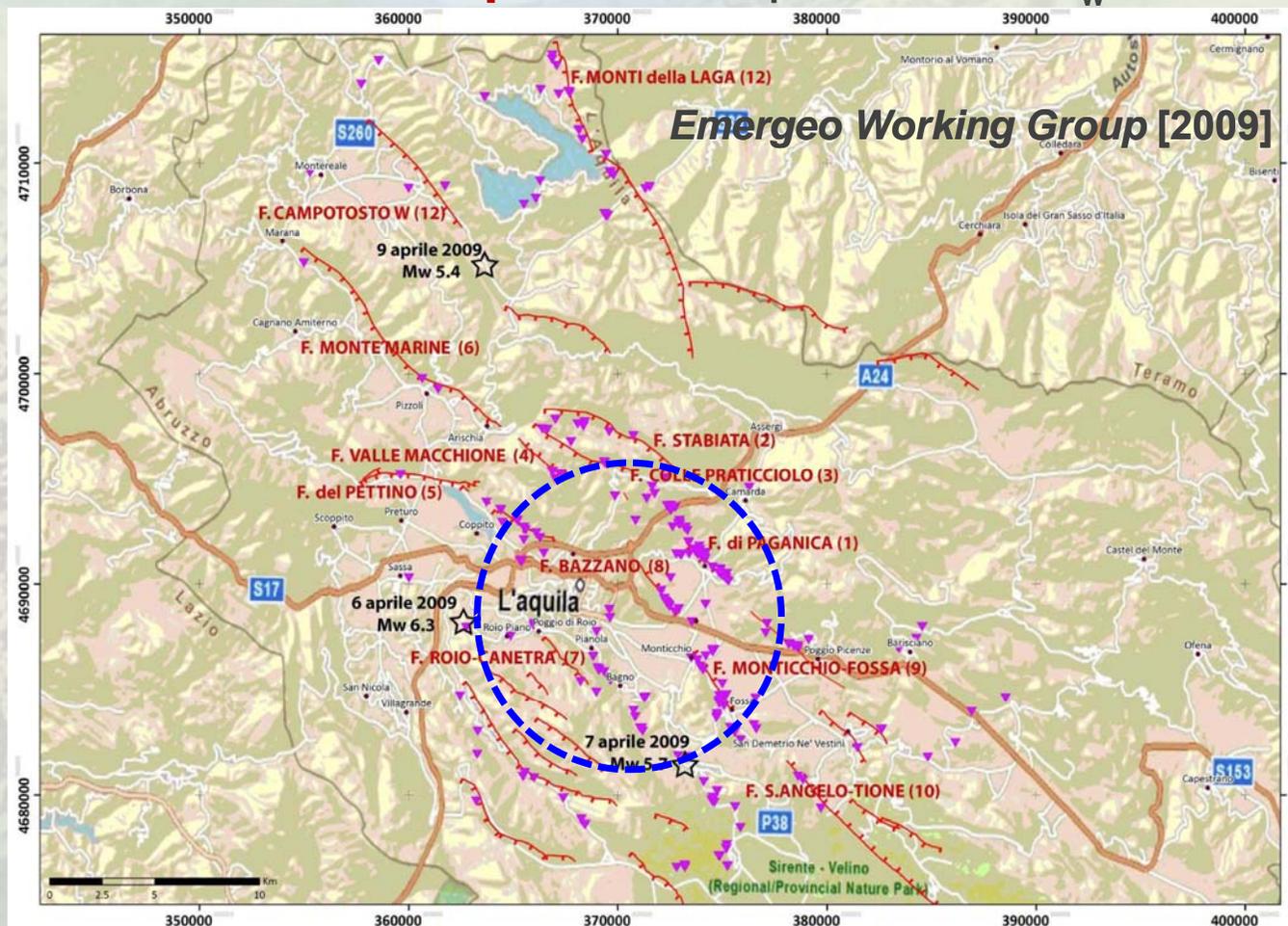


Fujiwara et al. [2016]

Slip simpatetico (asismico) a molti km dalla zona di rottura principale

Capire la **gerarchia** delle faglie attive

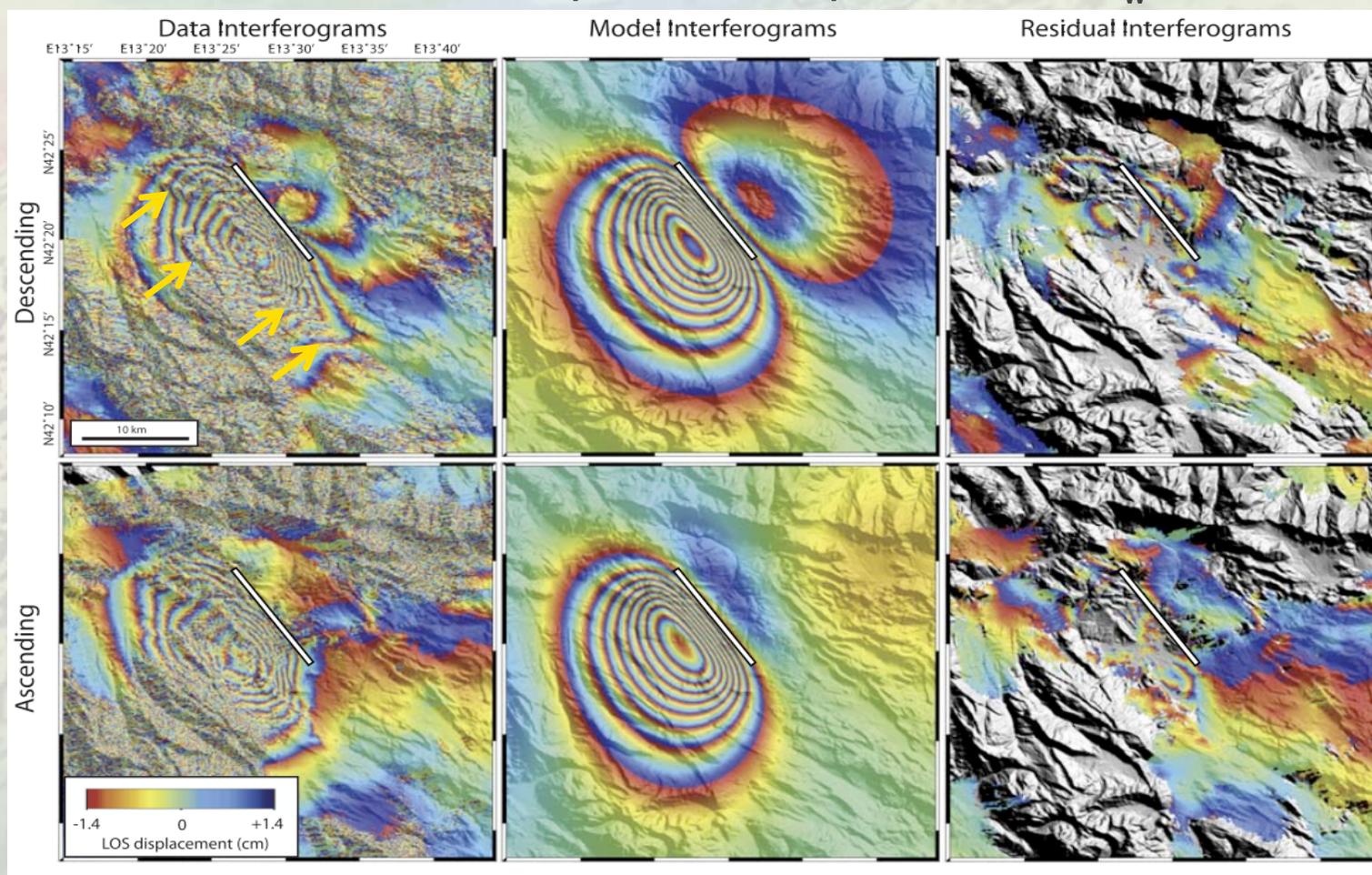
Il terremoto dell'**Aquila** del 6 aprile 2009, M_w 6.3



Slip passivo (simpatetico?) lungo faglie antiche sopra la rottura principale

Capire la **gerarchia** delle faglie attive

Il terremoto dell'Aquila del 6 aprile 2009, M_w 6.3

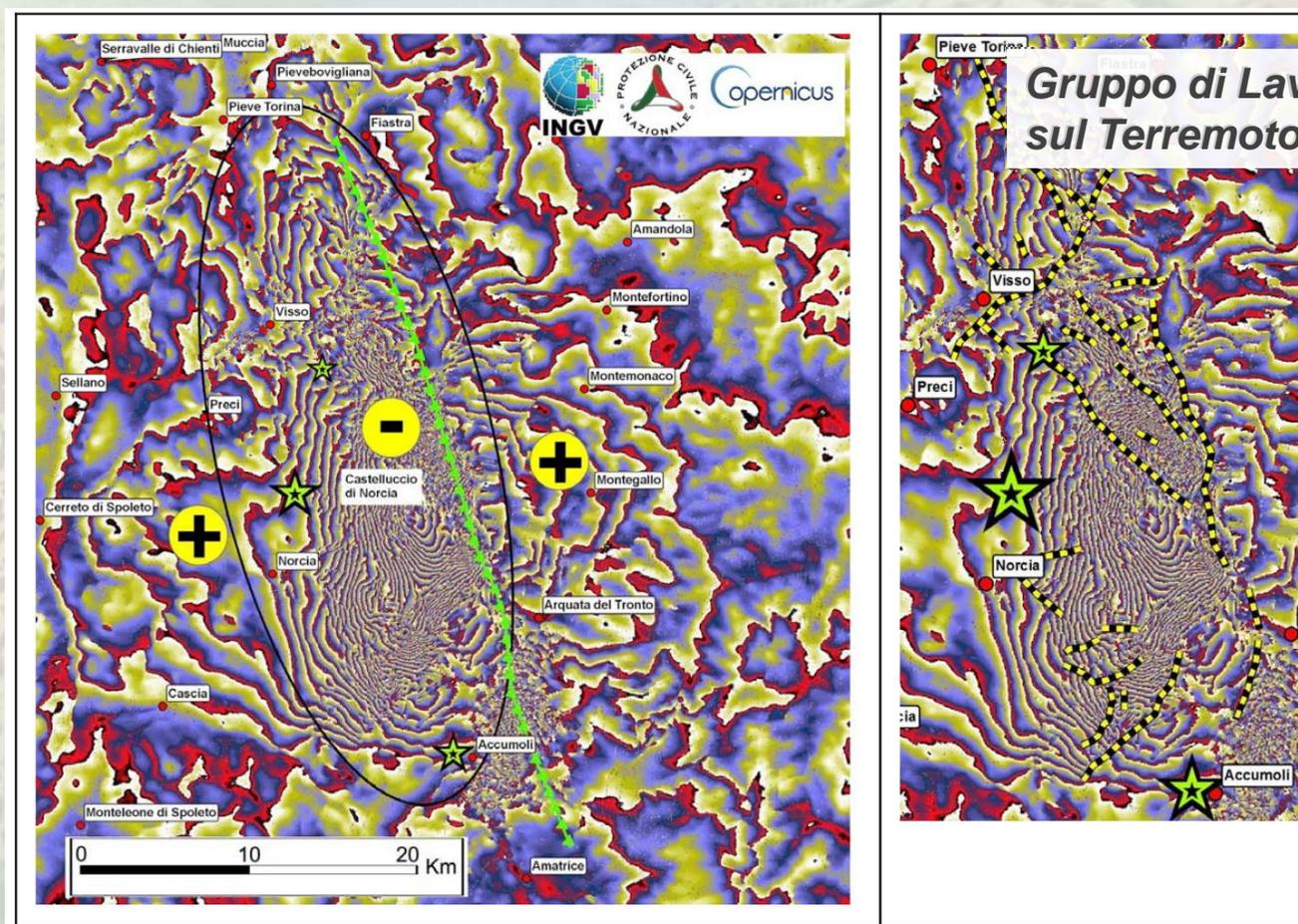


Walters et al.
[2009]

Slip passivo (simpatetico?) lungo faglie antiche sopra la rottura principale

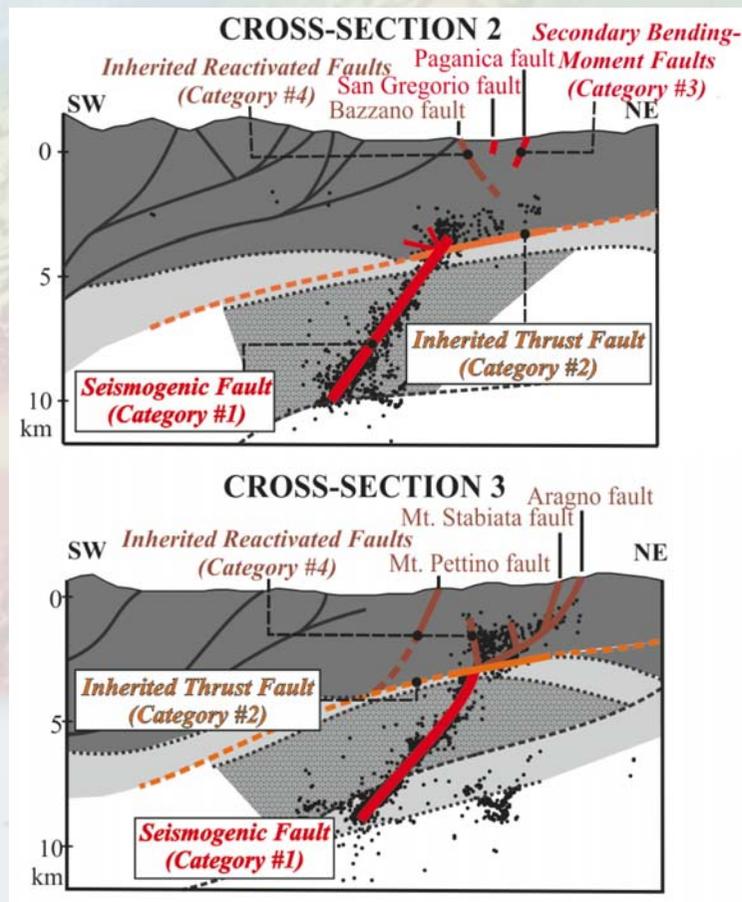
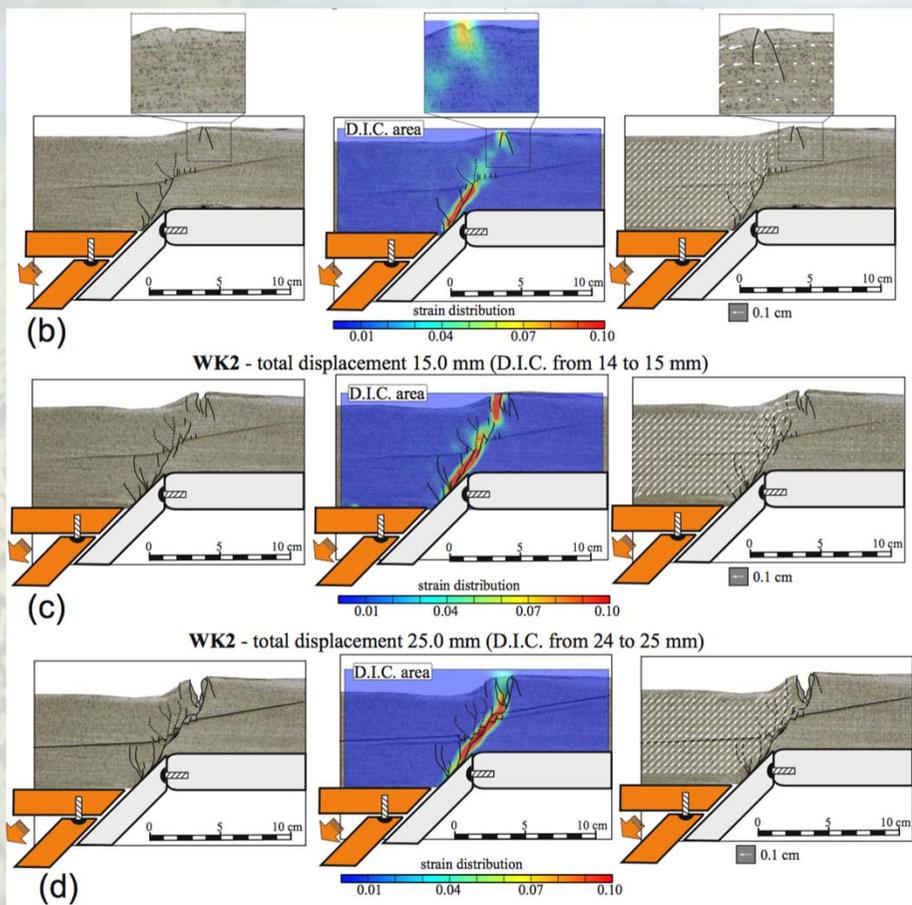
Capire la **gerarchia** delle faglie attive

Il terremoto di Norcia del 30 ottobre 2016, M_w 6.5



Una evidente complessità nell'hanging-wall della rottura principale

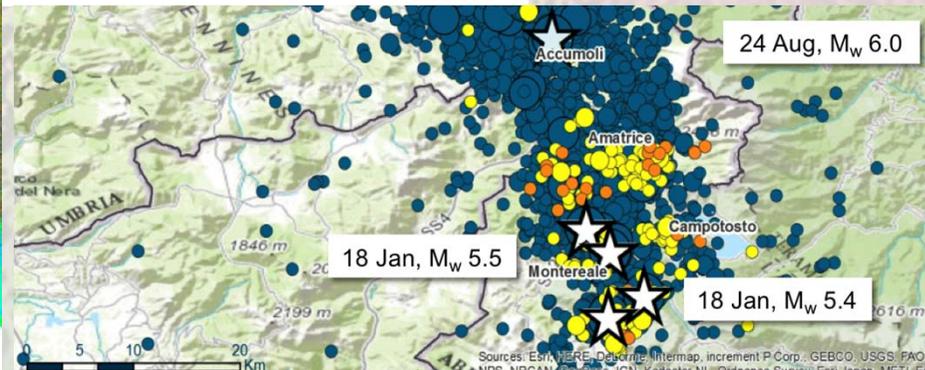
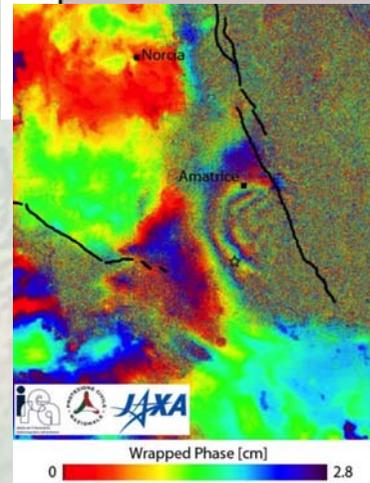
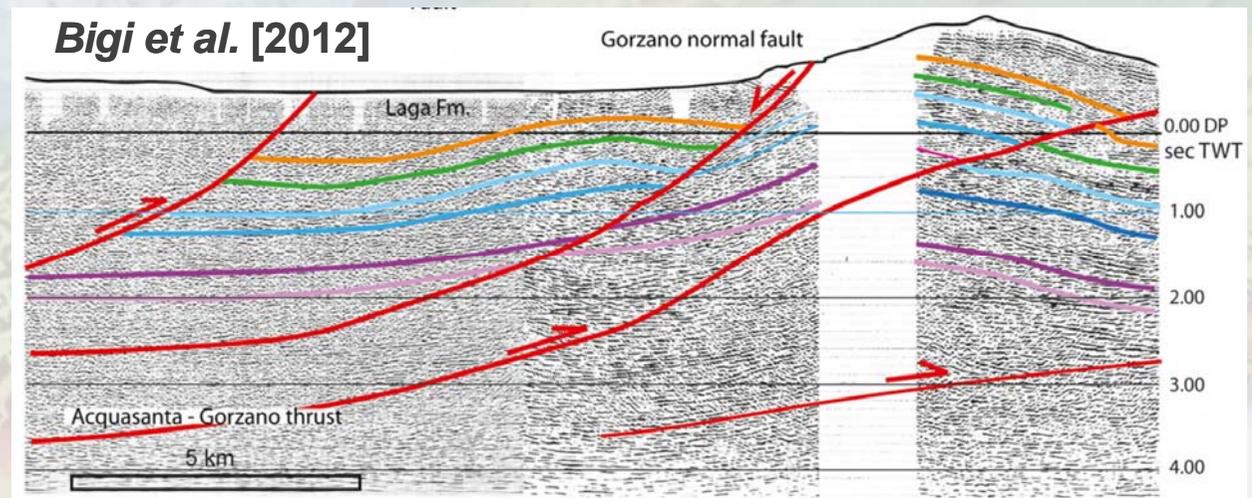
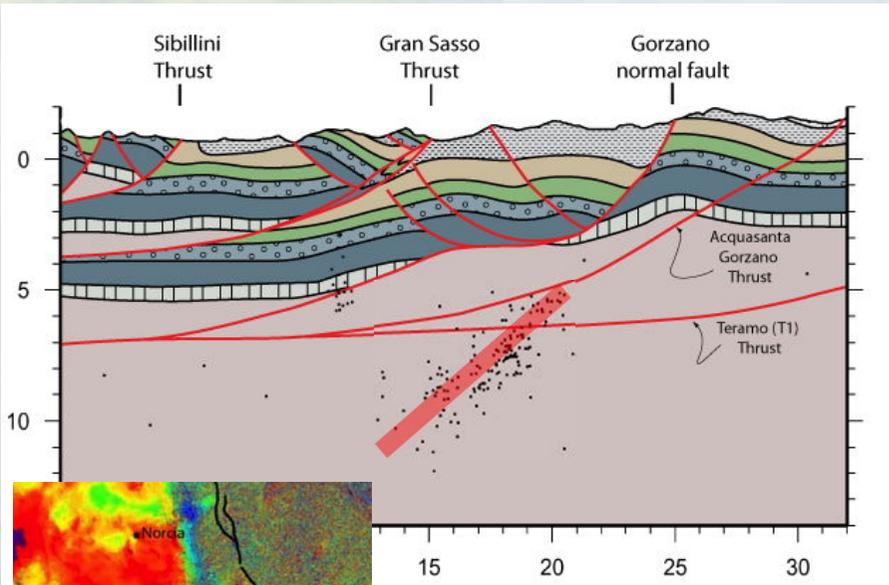
Capire la gerarchia delle faglie attive



Bonini et al.
[2014]

I modelli analogici sono un ottimo strumento per esplorare la gerarchia delle faglie esistenti e le condizioni che controllano la propagazione di nuove faglie

Capire la gerarchia delle faglie attive



Faglia del Gorzano e bacino della Laga: segmentazione verticale delle faglie più recenti causata da antichi piani di thrust?

Capire la gerarchia delle faglie attive

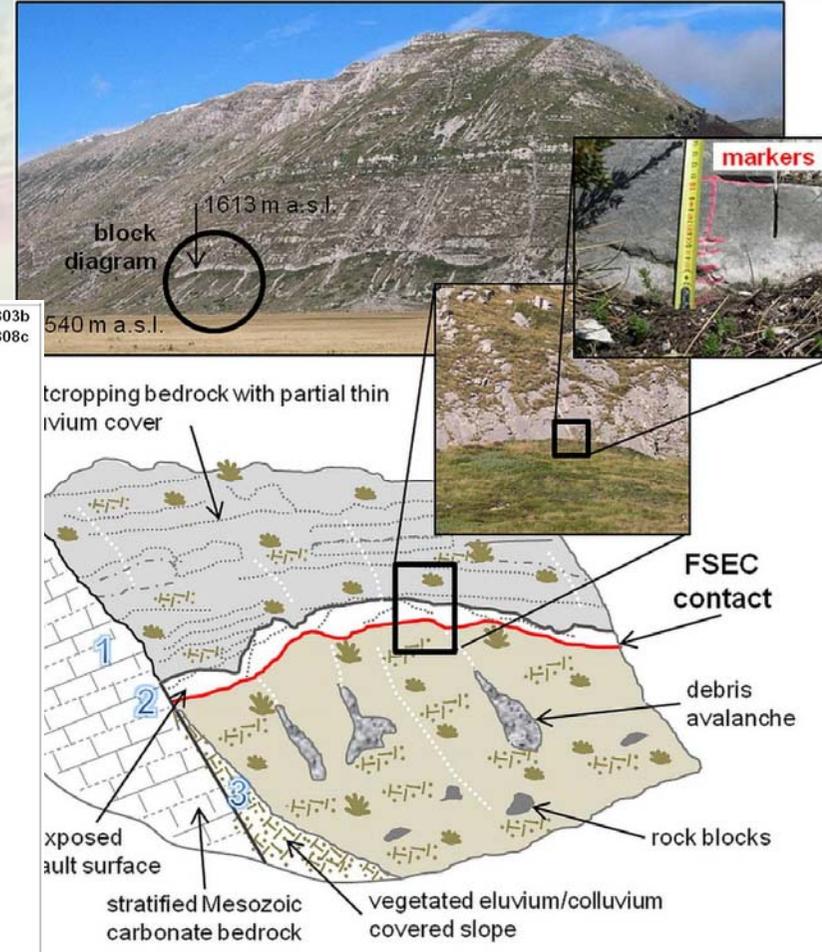
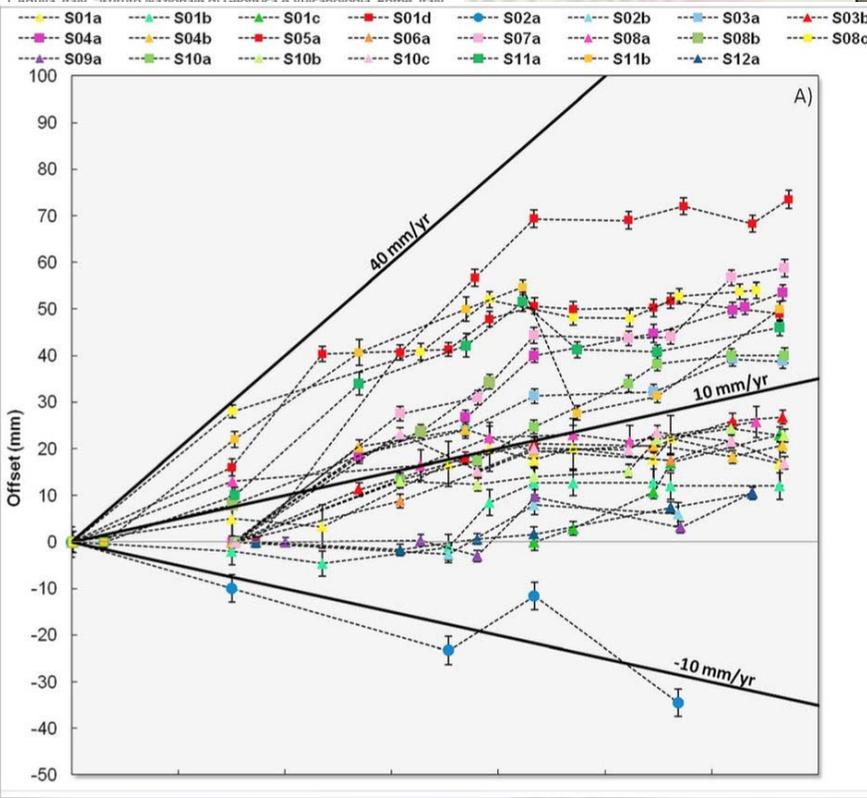
Repeated surveys reveal nontectonic exposure of supposedly active normal faults in the central Apennines, Italy

Vanja Kastelic¹, Pierfrancesco Burrato², Michele M. C. Carafa¹, and Roberto Basili²

- Key Points:**
- Direct measurements of bedrock fault surface exposure in the central Apennines
 - Registered exposure occurred without contributing tectonic/seismogenic movement
 - Fault slip rates and earthquake recurrence periods calculated from only bedrock fault surface exposure are called into question

¹Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Abstract We investigate the geomorphic slope-deposit cover in the central Apennines at various heights on mountain fronts above fluvio-lacustrine basins and are laterally

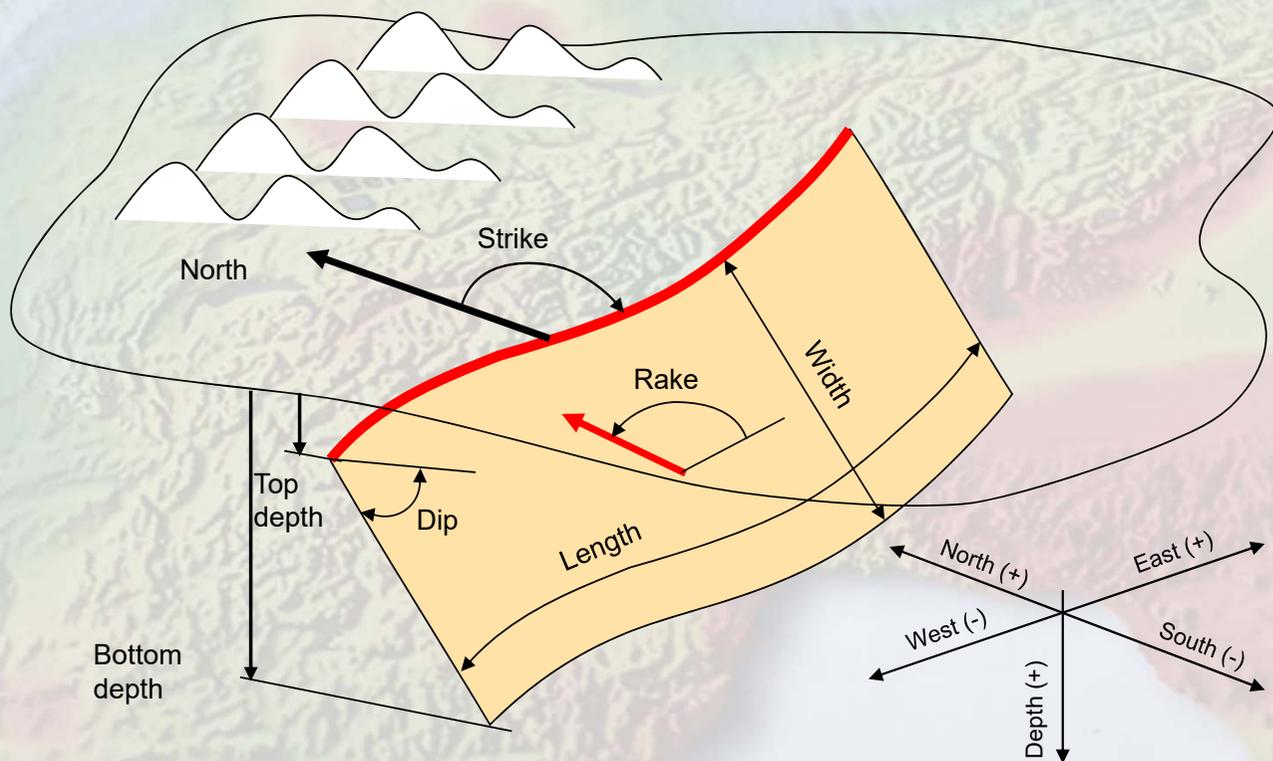


Kastelic et al. [2017]

5.

La sistematizzazione

1996-1997 | Si aggiunge la terza dimensione



Geometria

Localizzazione: Lat, Lon, Depth

Dimensioni: Length, Width

Orientazione: Strike, Dip

Comportamento

Rake

Slip Rate

Earthquake Magnitude

Activity Rate

Formalizzazione di una *sorgente sismogenica tridimensionale*

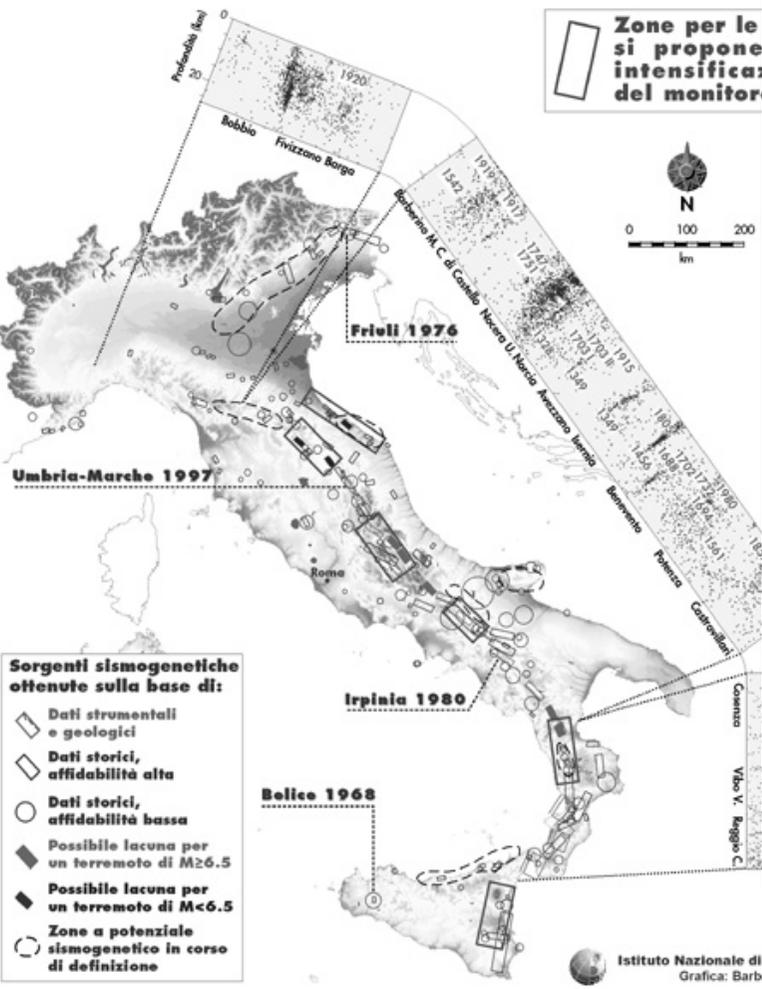
1998-1999 | Primi tentativi di sistematizzazione

Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy

a cura di: R. Basili, P. Bordini, P. Burrato, D. Pantosti, A. Spinelli e G. Valentini

coordinamento: G. Valentini

con contributi di: E. Baroux, R. Basili, P. Bordini, P. Burrato, G. D'Addazio, P. M. De Martini, P. Gasperini, R. Nappi, D. Pantosti, L. Piccardi, G. Val...



Corriere Scienza

Le aree sono classificate ad alto rischio perché da troppo tempo non sono soggette a movimenti sismici

Le quattro zone dove si aspettano i terremoti

Sono distribuite sugli Appennini, l'arco calabro e la Sicilia orientale

C'è una nuova mappa dell'Italia sismica, elaborata dai ricercatori dell'Istituto nazionale di geofisica (Ingv), che riassume le conoscenze più aggiornate sulle faglie in grado di generare i forti terremoti italiani. In questa mappa gli studiosi hanno potuto evidenziare le cosiddette lacune sismiche, cioè le aree sismiche in cui da tempo non si verificano forti terremoti e che, quindi, sono esposte a terremoti significativi in futuro. Presentata in un recente convegno a Erice, la mappa rappresenta un approccio innovativo alla valutazione della pericolosità sismica del nostro Paese. «Tradizionalmente, la valutazione della pericolosità sismica si basa sulla identificazione di aree in cui terremoti tendono ad avere sempre le stesse caratteristiche, individuate dalle informazioni contenute nei cataloghi storici e dai dati geologici».

L'Italia a rischio

«L'unico arma è la prevenzione»

«Non sono convinto di sì. Fra i vari possibili approcci, ritengo che quello dell'individuazione delle lacune sismiche sia uno dei più promettenti. Infatti, sono stato sovente a chiedere all'Istituto nazionale di geofisica, e alla comunità scientifica in genere, di affrontare queste ricerche».

La valutazione del rischio sismico in Italia, ricorda Barberi, finora si basava essenzialmente sulla statistica degli accadimenti e sulla vulnerabilità del patrimonio edilizio. Scoprire che circa il 40% del territorio è considerato a rischio e oltre il 90% degli edifici è giudicato inadeguato, «il quadro è preoccupante» - osserva Barberi - «e l'unico modo per difenderci è attuare una politica di prevenzione consistente nell'adeguamento edilizio. Ma il fabbisogno finanziario è gigantesco. Allora ci chiediamo di fronte a risorse limitate, dove intervenire prima? Le lacune ci offrono un possibile criterio, che giudichiamo valido anche perché si è visto che funziona».

Barberi ricorda che, analizzando il modo con cui si è liberata l'energia nei recenti terremoti italiani, quello di Umbria-Marche del 1997, in particolare, si sono succeduti nei vari segmenti di faglia in modo tale da scaricare le lacune. «Fermo restando che dobbiamo controllare tutto il territorio esposto al rischio sismico, ritengo che maggiore attenzione alle zone vicine alle lacune sismiche. Gli studi si vedrà il consolidamento dei vecchi edifici, la predisposizione dei piani di emergenza con l'individuazione di aree di sgombero, l'informazione alla popolazione, sono fra le misure che solleciteremo».

Uno studio dell'Istituto nazionale di geofisica

dagli studiosi ricadono in una fascia che comprende la dorsale appenninica, l'arco calabro e la Sicilia orientale. Le magnitudo massime dei terremoti citati dovrebbero essere inferiori a 6,5 nell'Appennino settentrionale, e intorno a 7 nell'Italia meridionale, di gran lunga inferiori, quindi, alla magnitudo del recente terremoto turco, ma egualmente preoccupanti, data le condizioni del sottoripieno edotto storico.

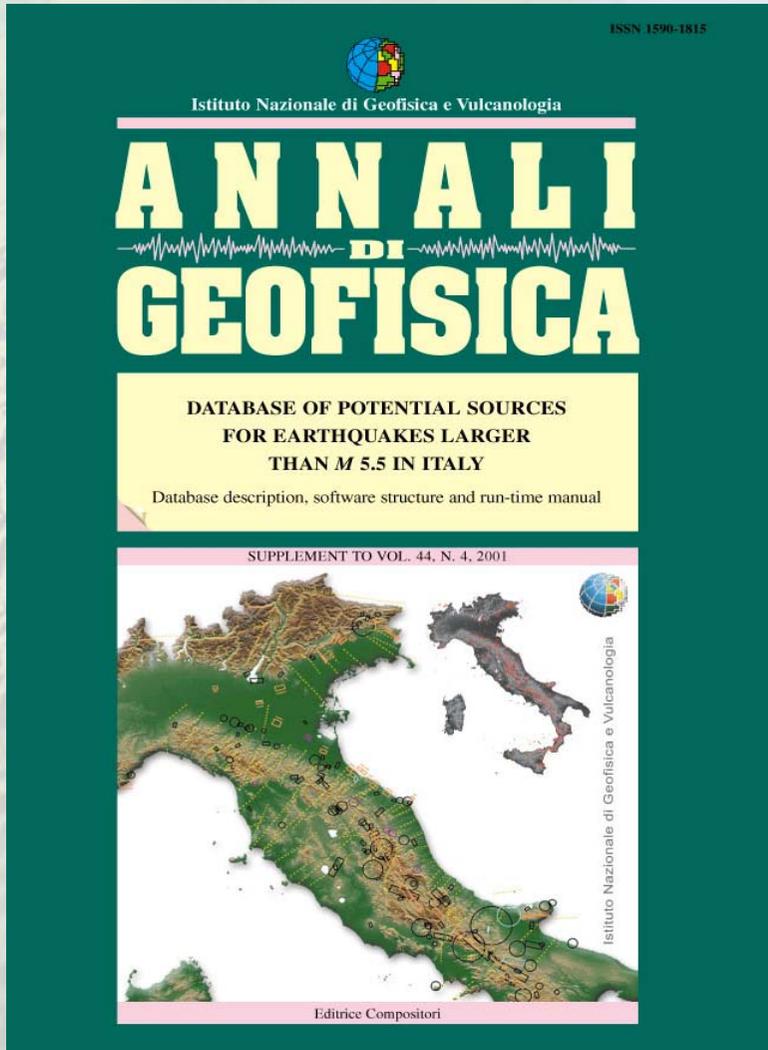
«Vorremmo sottolineare - precisano i ricercatori dell'Ingv - che le lacune sismiche identificate sono solo una parte di quelle che presumibilmente esistono. Questa mappa, infatti, rappresenta solo il punto di partenza per comprendere le modalità di accensione e rilascio dell'energia sismica, e per identificare le lacune ancora sconosciute».

Franco Foresta Martin

- DOVE NASCONO I TERREMOTI**
- (zone sismogenetiche a scala lunga scala di un'istituzione da sistemi di faglia lunga scala di risultato terremoto)
- 1** Arco Peninsulare dell'Italia Nord Orientale: Dal confine con la Slovenia al Mare Adriatico. **Ultimo sisma: Friuli 1976** - 6,5 scala Richter.
 - 2** Arco Padovano: Dal Lago di Garda a Padova. **Ultimo sisma: Reggio Emilia 1985** - 5,4 scala Richter.
 - 3** Appennino Centro-Settentrionale: Dalla Umbria alla Liguria, passando per Toscana e Mugello. **Ultimo sisma: Colfiorito 1997** - 6 scala Richter.
 - 4** Appennino Centro-Meridionale: Dalla Toscana al Molise, da Puglia, passando per Basilicata, Campania, Sicilia. **Ultimo sisma: Irpinia 1980** - 6,9 scala Richter.
 - 5** Arco Calabro: Dalla Penisola di Calabria al Mar Ionio. **Ultimo sisma: Muro-Lamezia 1992** - 6,2 scala Richter.
 - 6** Sicilia Settentrionale e Orientale: Faglia di Scicli, Sicca Giuda, Fiume di Catania agli Iblei. **Ultimo sisma: Val di Noto 1993** - 7,1 scala Richter.
 - 7** Sicilia Meridionale: Faglia di Scicli, Fiume di Catania agli Iblei. **Ultimo sisma: Val di Noto 1993** - 7,1 scala Richter.
 - 8** Sicilia Orientale: Val di Noto, Piana di Castellana, Fiume di Catania agli Iblei. **Ultimo sisma: Val di Noto 1993** - 7,1 scala Richter.
 - 9** Sicilia Orientale: Val di Noto, Piana di Castellana, Fiume di Catania agli Iblei. **Ultimo sisma: Val di Noto 1993** - 7,1 scala Richter.
- ZONE AD ALTISSIMO PERICOLO**
- (Lacune sismiche: sorgenti di faglia inattive da molti secoli)
- Appennino Centro-Settentrionale: Tra il Cimone e il Colle di Castello. **Pericolosità sismica: 6,5** scala Richter.
 - Appennino Centro-Meridionale: Tra il Cimone e il Colle di Castello. **Pericolosità sismica: 6,5** scala Richter.
 - Arco Calabro Settentrionale: Tra Crotone e il Cimone. **Pericolosità sismica: 6,5** scala Richter.
 - Sicilia Orientale: Val di Noto. **Pericolosità sismica: 6,5** scala Richter.
- A questo modo viene applicata la scala di pericolosità sismica, che viene utilizzata per la individuazione di aree di sgombero, l'informazione alla popolazione, sono fra le misure che solleciteremo».

2001 | DISS 2.x, prima release pubblica

Database of Individual Sismogenic Sources (DISS 2.0 , 2001)



istituto nazionale di geofisica e vulcanologia

In recent years the assessment of seismic hazard has increasingly relied on the identification and characterisation of individual potential sources of future large earthquakes. The incorporation of individual physical sources into seismic hazard calculations complements the established practice of outlining homogeneous "seismogenic zones", allowing the highest hazard levels to be more precisely assigned without overprotecting nearby areas characterised by more moderate earthquakes.

In Italy this new trend is largely the result of nearly 15 years of intense investigations spurred by the 23 November 1980, Irpinia earthquake. So far this effort has produced richer and more reliable earthquake catalogues, a better understanding of the modes and rates of present tectonic deformation at regional scale, and the first directly measured recurrence intervals for destructive earthquakes generated by the same source.

The Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than Magnitude 5.5 in Italy lists over 240 of such sources derived from a combination of geological, instrumental and historical information. Each of the best defined sources is shown as a rectangle representing the surface projection of the fault plane at depth, and may be expressed at the surface by one or more active faults. Geological Sources (shown by yellow rectangles) are constrained by geological and instrumental evidence regardless of the damage distribution of the associated earthquakes (in fact some of them have not been active historically). In contrast, Historical Sources are those that were defined through the effects of the latest earthquake they generated, without further geological or instrumental constraints, depending on the quality of the data these sources were divided in Well Constrained (black rectangles), which are defined by an estimate of the location, size and orientation of the physical source, and Poorly Constrained (black circles and purple hexagons), for which only the source location and length could be estimated. Inevitably, some or even many sources that were silent during historical times may have so far escaped this type of analysis, particularly in the case of moderate-sized earthquakes in low seismicity areas. Others may have been mislocated due to the combination of uncertainties on their location and on the assessment of their size. The thematic insets show some of the main informative layers supplied with the Database.

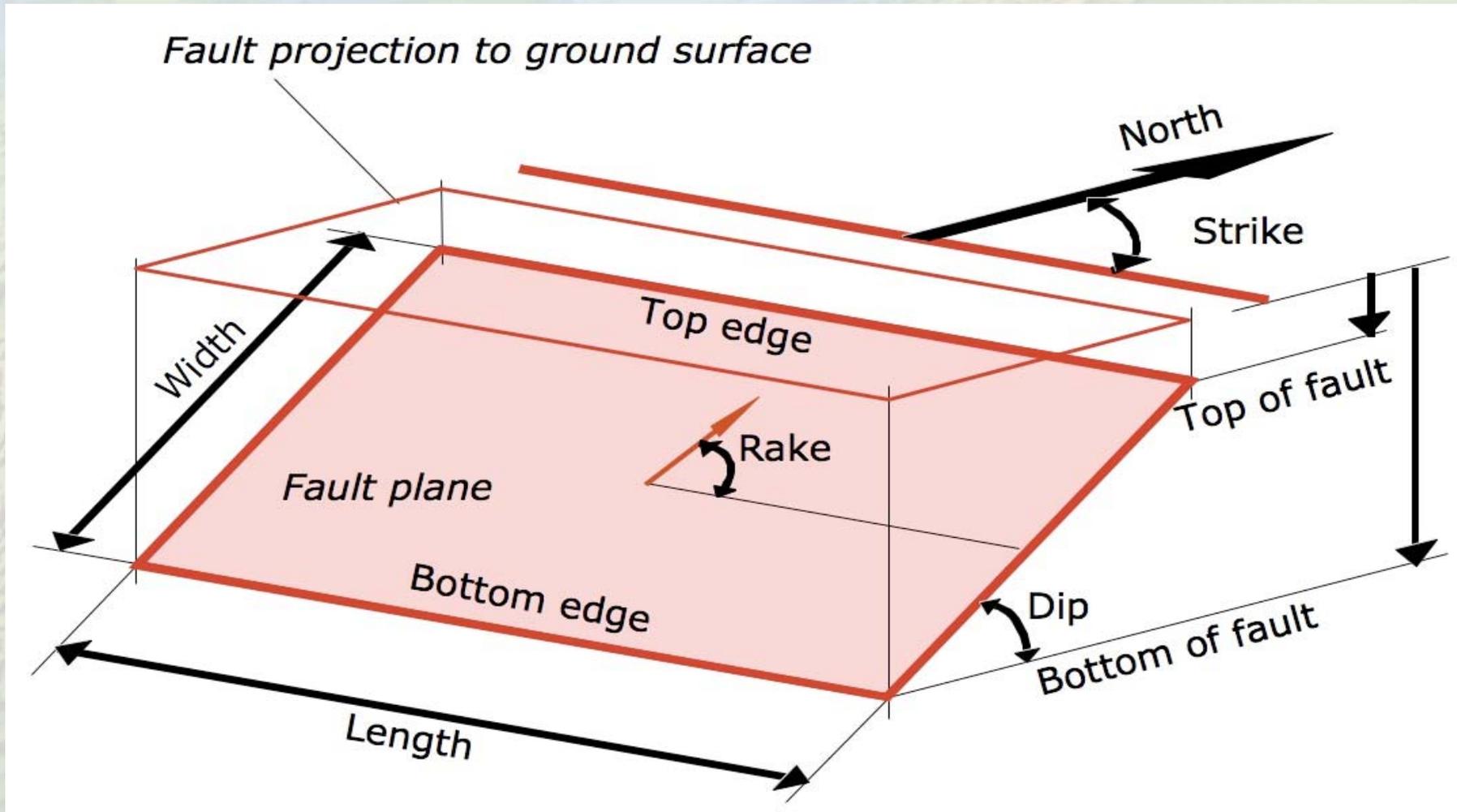
Potential seismic gaps
sources that are not associated with a large historical earthquake

inside a Seismogenic Source

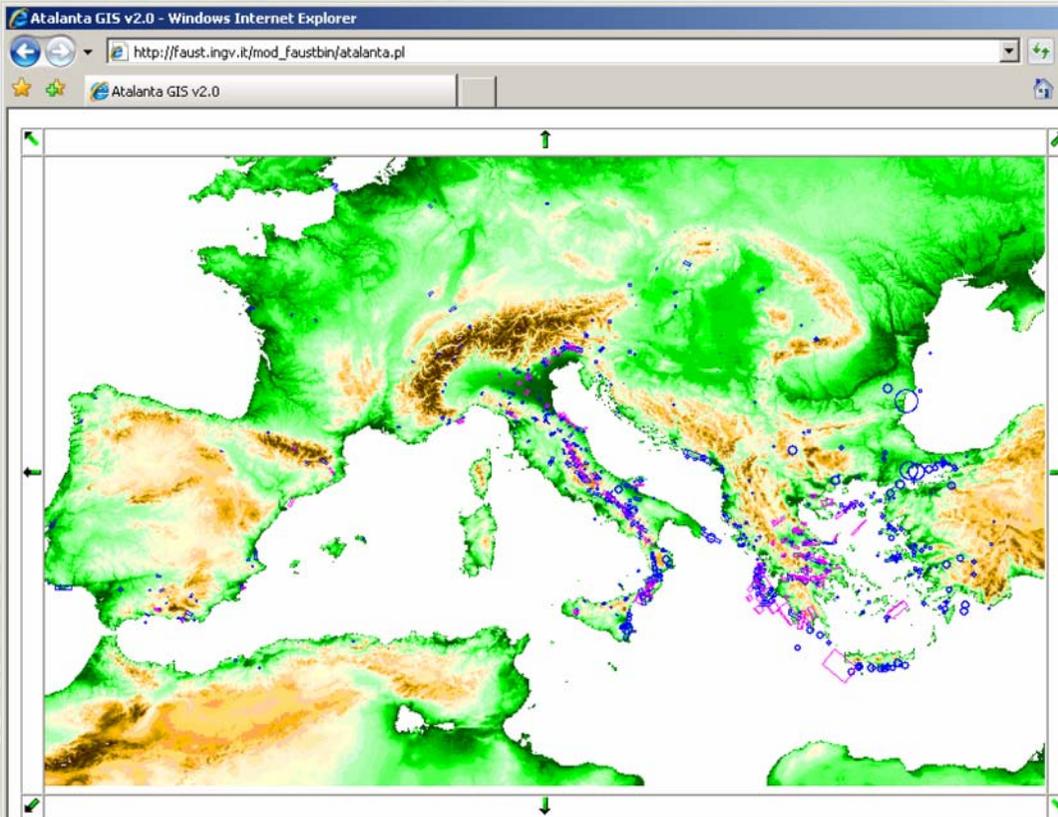
Historical seismicity
from Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (1999)

Major tectonic features
including Tectonic Lineaments crisscrossing the country (yellow), surface trace of outermost compressional fronts (red) and regional drainage divide (white)

Individual Seismogenic Source (ISS)



2002 | FAUST (FAULTs as a Seismologist's Tool)



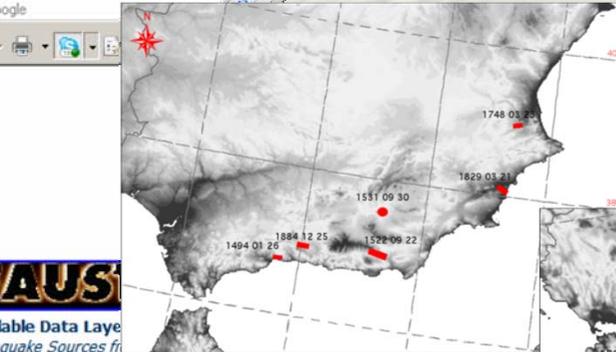
Type of object	Code	details
Earthquake Source from intensity data (lower confidence)	ITA-514 [Camerino (1279, Apr 30)]	
Earthquake Source from intensity data (lower confidence)	ITA-517 [Reatino (1298, Dec 01)]	
Earthquake Source from intensity data (lower confidence)	ITA-519 [Norcia (1328, Dec 01)]	



Available Data Layer
Earthquake Sources from

- geo
- inte
- inte

Current Click to ?



Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Europe

Version 2.0 - June 2002

credits

The construction of the Database has been coordinated by:

- G. Valensise - INGV-RM1, Rome
- R. Basili - INGV-RM1, Rome
- M. Mucciarelli - University of Basilicata, Potenza (formerly at ISMES S.p.A., Bergamo)
- D. Pantosti - INGV-RM1, Rome

The GIS-like web interface was developed by:
A. Spinelli - IT & T, Bergamo (formerly at ISMES S.p.A., Bergamo)

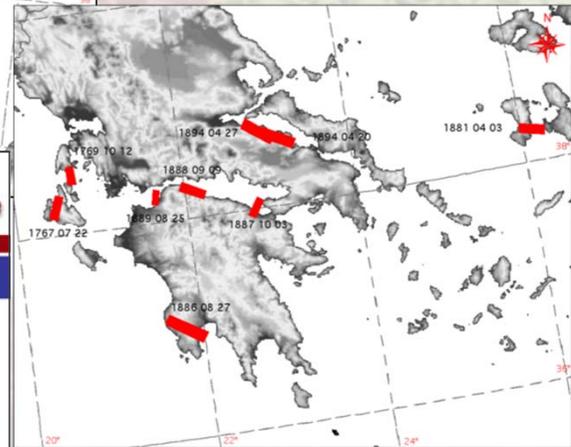
Seismogenic source data were contributed by partners of FAUST (Faults as a Seismologists' Tool), a project funded by the Environment and Climate Programme of the European Union (1994-1998), according to the following scheme:

- National Observatory of Athens, for Greece (scientist in charge: George Stavrakakis)
- University of Barcelona, for Spain (scientist in charge: Pere Santanach)
- University of Basilicata, for Greece (scientist in charge: Riccardo Caputo)
- INGV-RM1, for Italy (scientist in charge: Gianluca Valensise)
- INGV-MI, for Albania, Algeria, Austria, Belgium, Bosnia, Bulgaria, Croatia, Czech Republic, France, Greece, Hungary, Macedonia, Montenegro, Norway, Poland, Portugal, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia, Spain, Switzerland, Turkey, United Kingdom (scientist in charge: Paola Albini)

Credit for individual seismogenic sources is given in the relevant data tables within the Database.

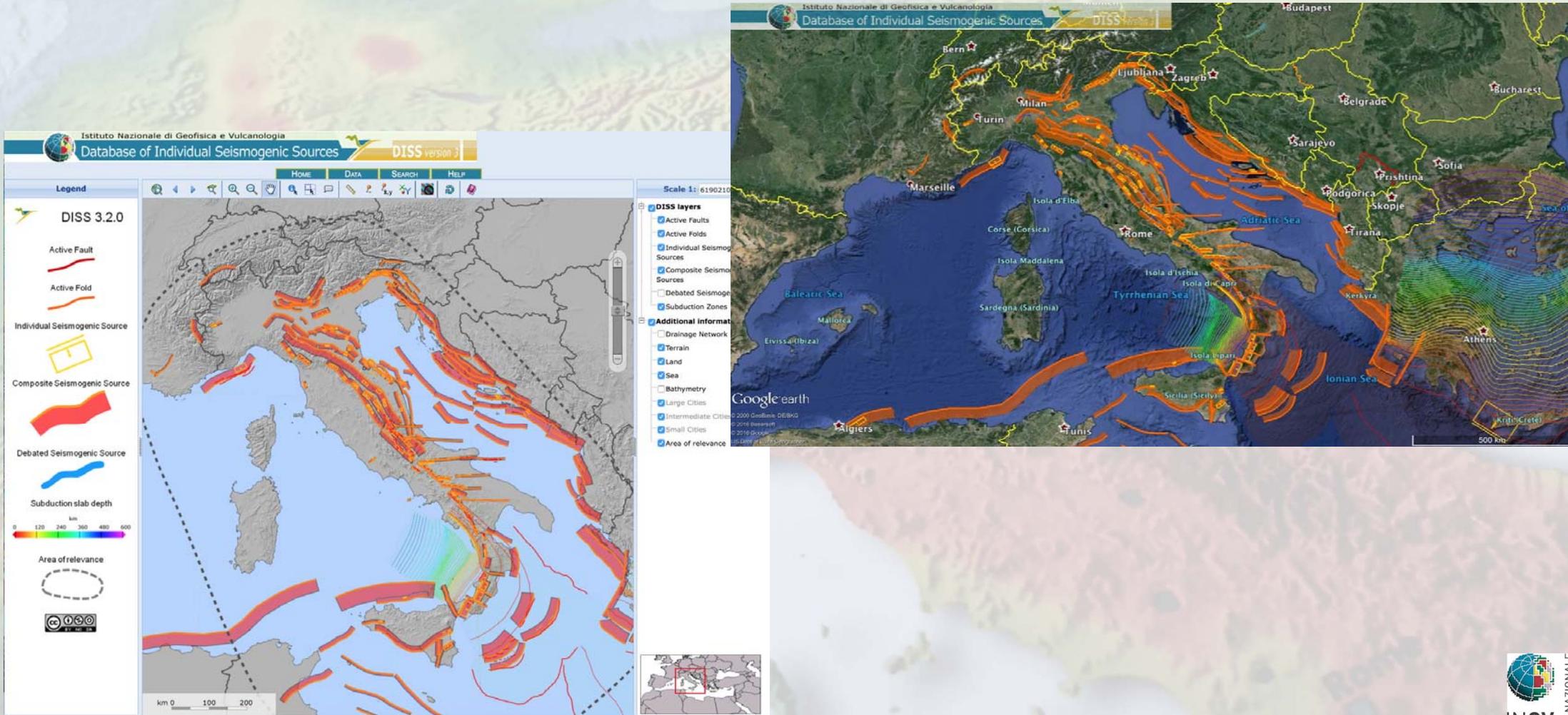
The Database was completed with the financial contribution of the E.U. project FAUST and of Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia and is maintained with continuing

read me first	Database startup page	related software
INGV Home Page	FAUST Home Page	SAFE Home Page
credits	disclaimer	copyright



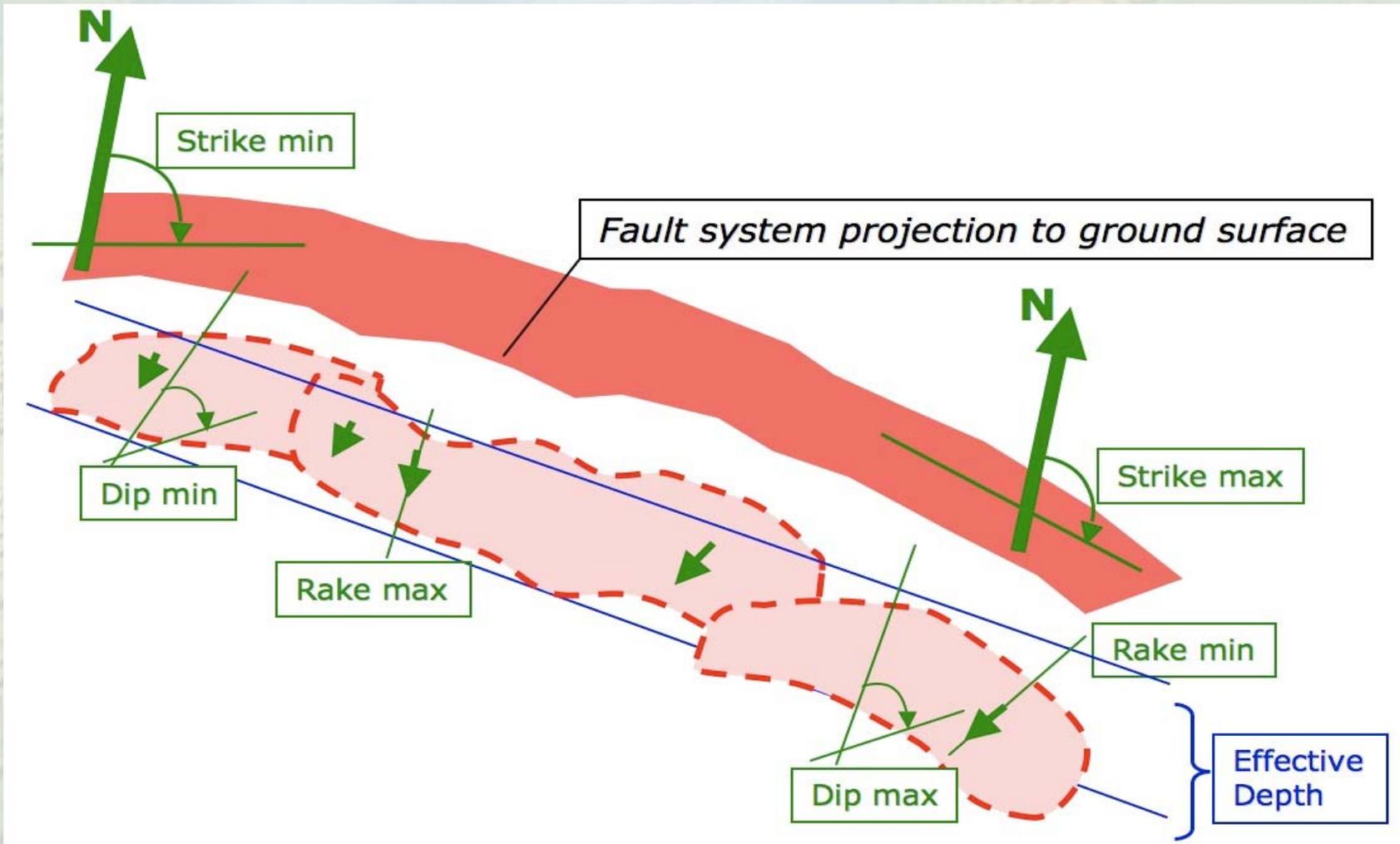
2005-2015 | DISS 3.x, la seconda generazione

Ultima release: DISS 3.2.0, 2015

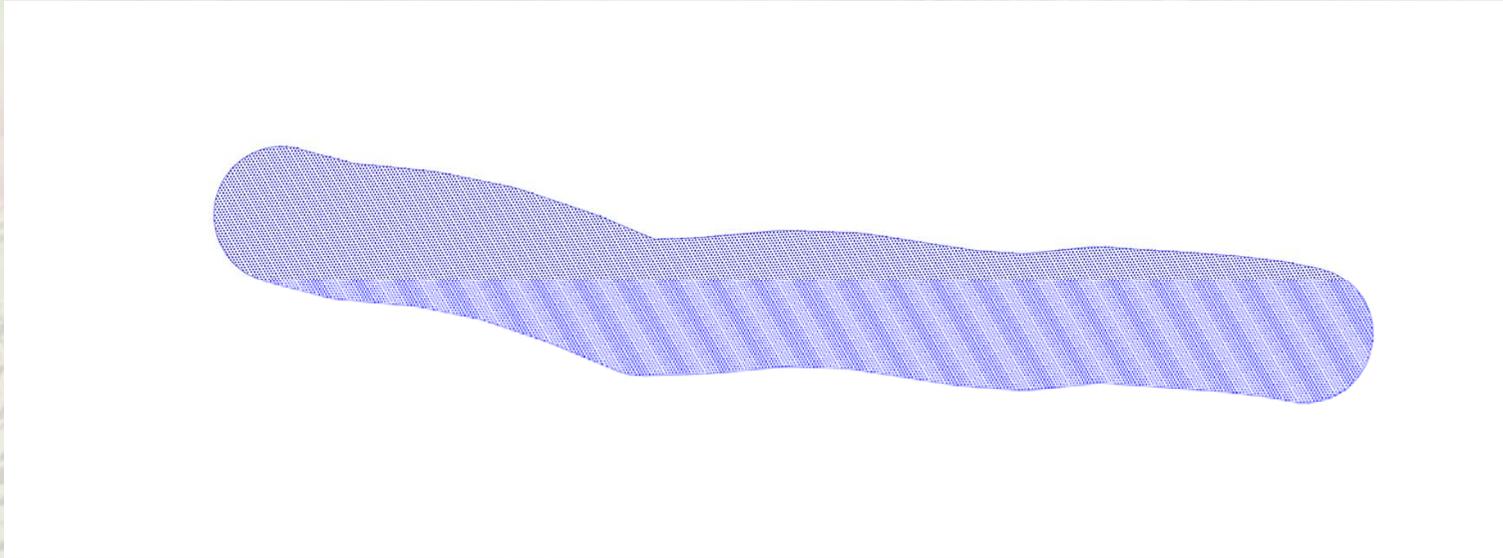


(<http://diss.rm.ingv.it/diss/>)

Composite Seismogenic Source (CSS)



Debated Seismogenic Source (DSS)



Le **DSSs** sono faglie attive che sono state **proposte in letteratura** come potenzialmente sismogeniche, ma che **non sono state considerate sufficientemente affidabili** per essere incluse nel DISS.

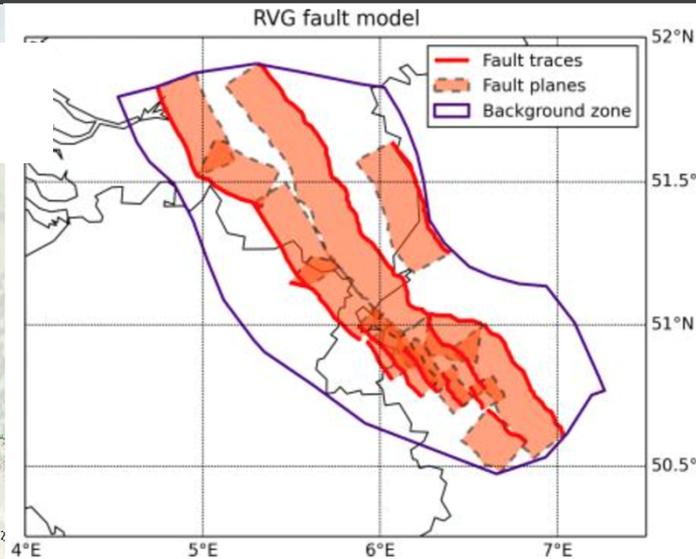
2013 | European Database of Seismogenic Faults (EDSF)



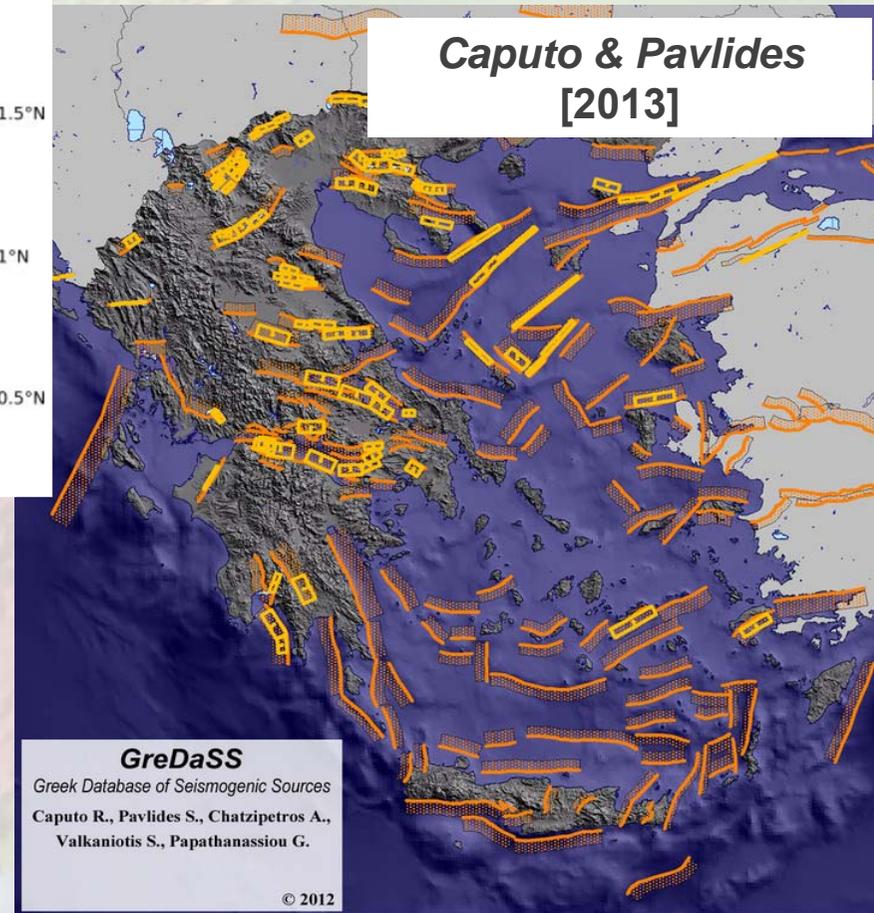
<http://diss.rm.ingv.it/share-edsf/>

2012-2014 | Altre iniziative europee “DISS-based”

**Vanneste et al.
[2014]**



**Caputo & Pavlides
[2013]**



**Garcia-Mayordomo et al.
[2012]**



QAFI Quaternary Active Faults Database of Iberia v.3

List of faults | Downloads | Links | About | Disclaimer

Click on QAFI Faults to get detailed information

- QAFI Faults
- Debated Faults
- Show faults from the Neotectonic Map of Spain
 - Pliocene / Possibly Quaternary
 - Quaternary

Faglie Attive e Capaci o Sorgenti sismogeniche?

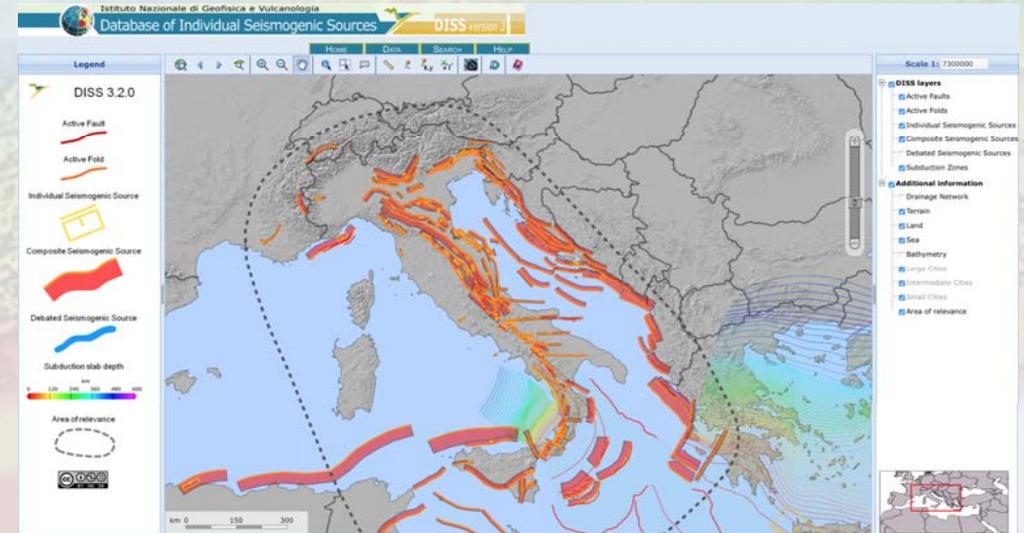


ISPRA - Italy Hazard from Capable faults (ITHACA)

Rappresentazione **2D dettagliata**; le faglie sono mostrate in mappa come elementi raster

Può essere utilizzato come base di dati per analisi di **microzonazione** e studi di **surface faulting hazard**.

Inadatto per studi di ground shaking e tsunami hazard



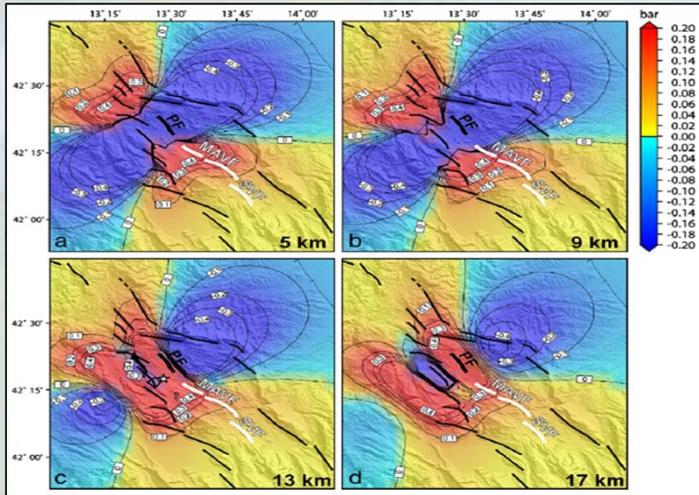
INGV - Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)

Rappresentazione **3D semplificata**; le faglie sono mostrate come oggetti GIS attraverso la loro proiezione in superficie.

Può essere utilizzato come base di dati per studi di **ground shaking** e **tsunami hazard** e per **modelli geodinamici**.

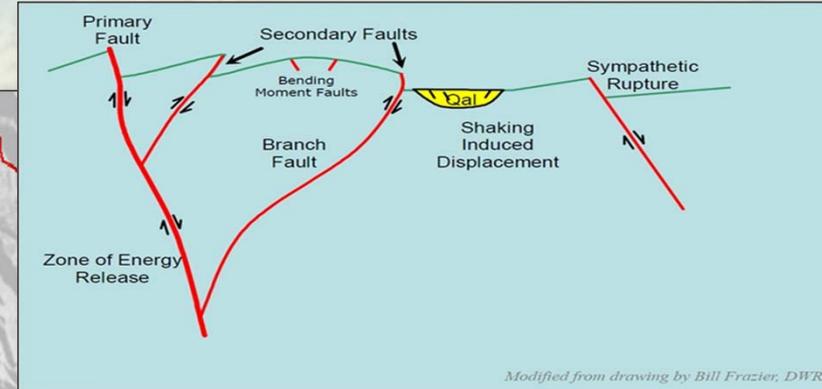
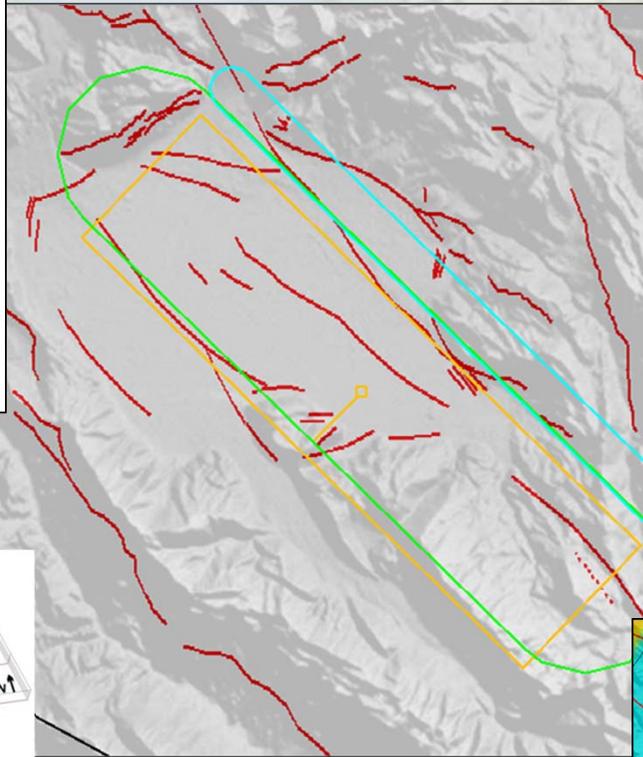
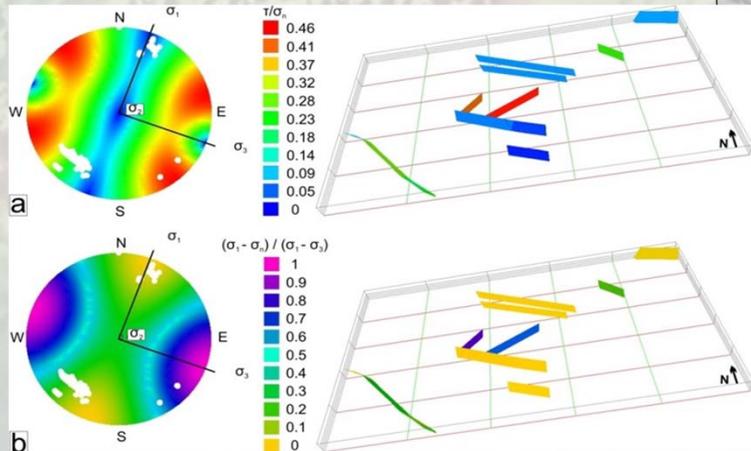
Inadatto per studi di microzonazione e surface faulting hazard

Faglie Attive e Capaci o Sorgenti sismogeniche?



Calculating the CFF

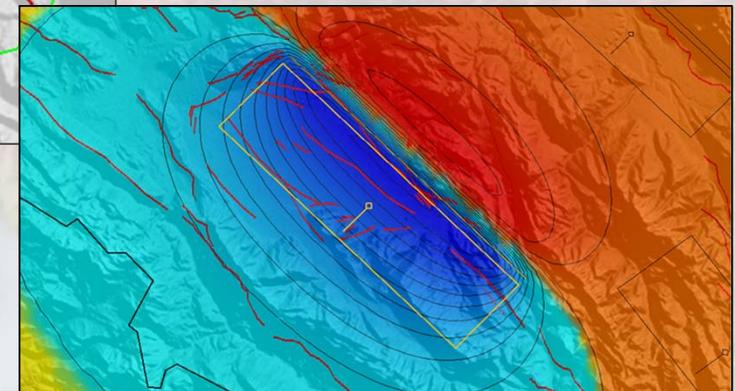
Slip and dilation tendency



Modified from drawing by Bill Frazier, DWR

Conceptual framework

Dislocation modeling



Le sorgenti sismogeniche nel **PSHA**

L'ingresso delle sorgenti sismogeniche nei modelli di PSHA è un fatto storico per la nostra comunità e un notevole passo avanti per la solidità di questi modelli. Tuttavia i dati che forniamo devono rispondere a **requisiti stringenti**:
(altrimenti è meglio non usarli affatto):

- ✓ devono essere organizzati come un database GIS o Web-GIS, per permettere elaborazioni automatiche e facilmente riproducibili;
- ✓ le faglie devono essere mostrate nella loro geometria tridimensionale, così da consentire elaborazioni di ogni tipo;
- ✓ devono contenere stime ragionevoli della loro affidabilità, che possono essere propagate per valutarne l'impatto sui risultati della modellazione;
- ✓ **e soprattutto, i dati devono essere ragionevolmente uniformi su un'area ampia almeno quanto la regione in cui si valuta il PSHA.**

A topographic map of Europe with seismic hazard contours overlaid. The map uses a color scale from green (low hazard) to red (high hazard). Major cities like Bern, Zagreb, and Rome are labeled. The text "Grazie dell'attenzione" is centered on the map.

Grazie dell'attenzione