

## Stress attivi da dati di break-out da pozzo Active stresses from borehole break-out data

 Direzione del massimo stress orizzontale (SH)  
Direction of the maximum horizontal stress ( $S_H$ )

Regime di stress stimato  
Assessed stress regime

 Estensionale-Trascorrente  
Normal-Strike-slip faulting

 Trascorrente  
Strike-slip faulting

## Analisi delle strutture mesoscopiche post Pleistocene medio Analysis of post Middle Pleistocene mesoscopic structures

 Direzione di massimo raccorciamento ( $\sigma_1$ )  
Direction of maximum shortening ( $\sigma_1$ )

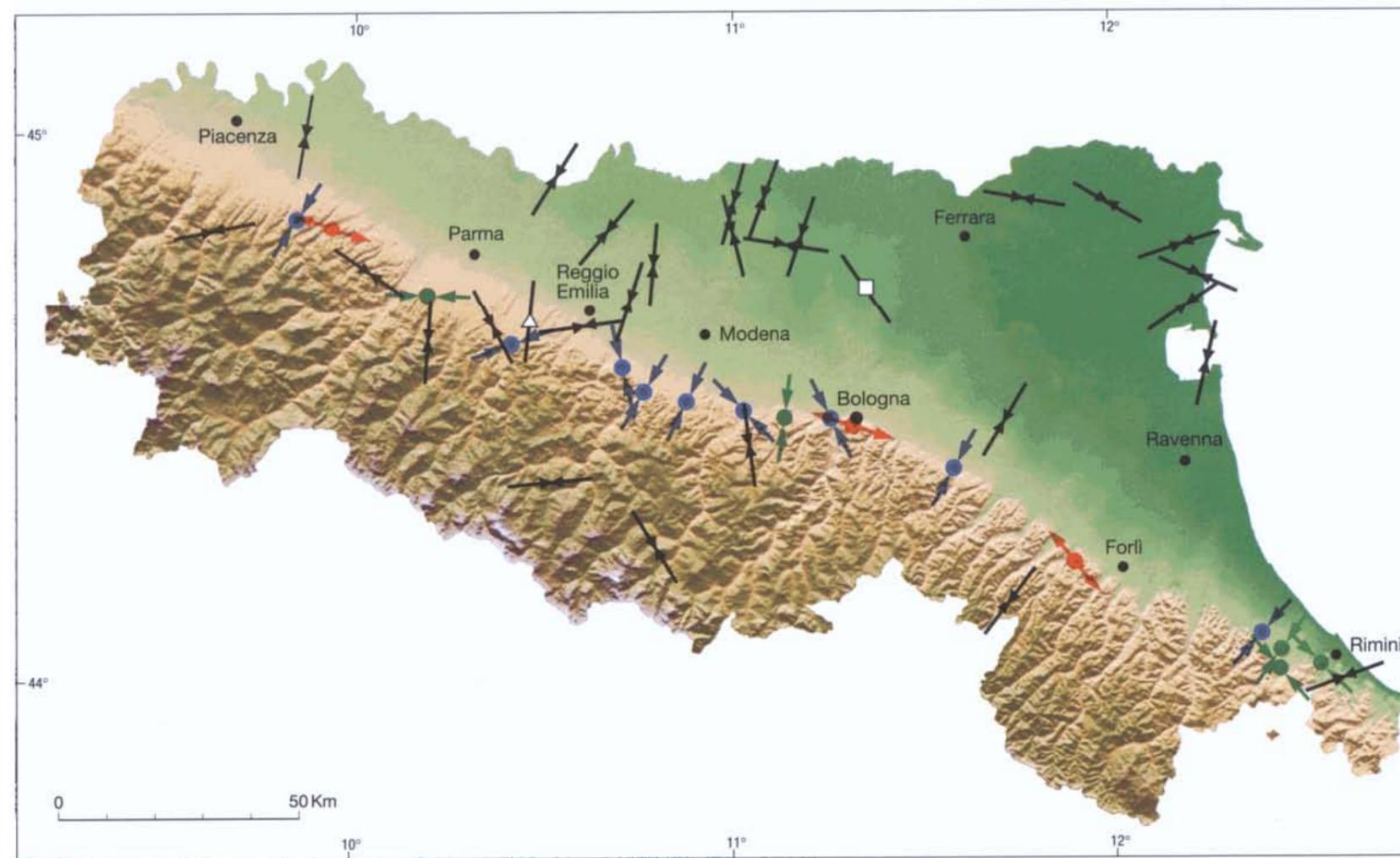
 Direzione di massima estensione ( $\sigma_3$ )  
Direction of maximum extension ( $\sigma_3$ )

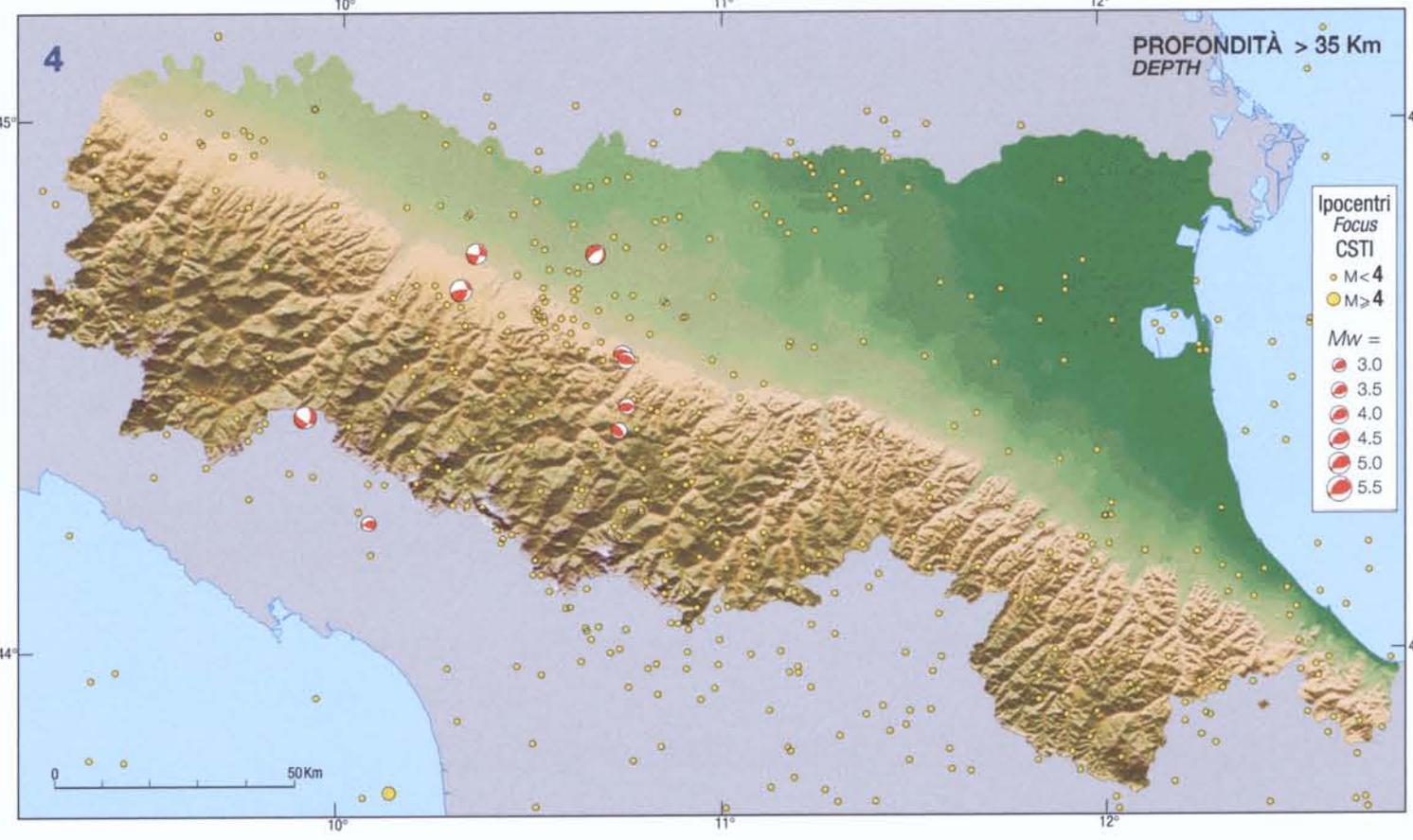
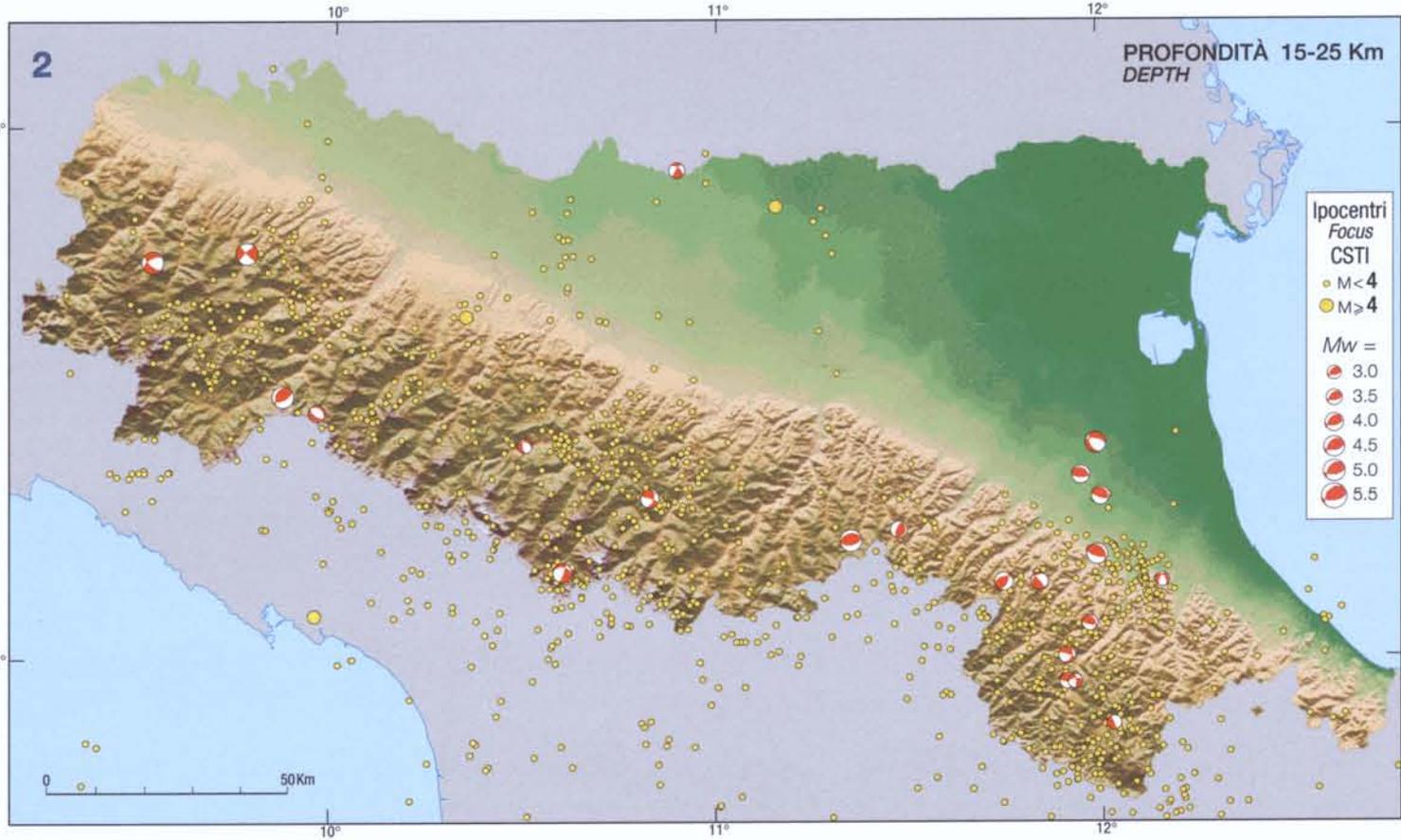
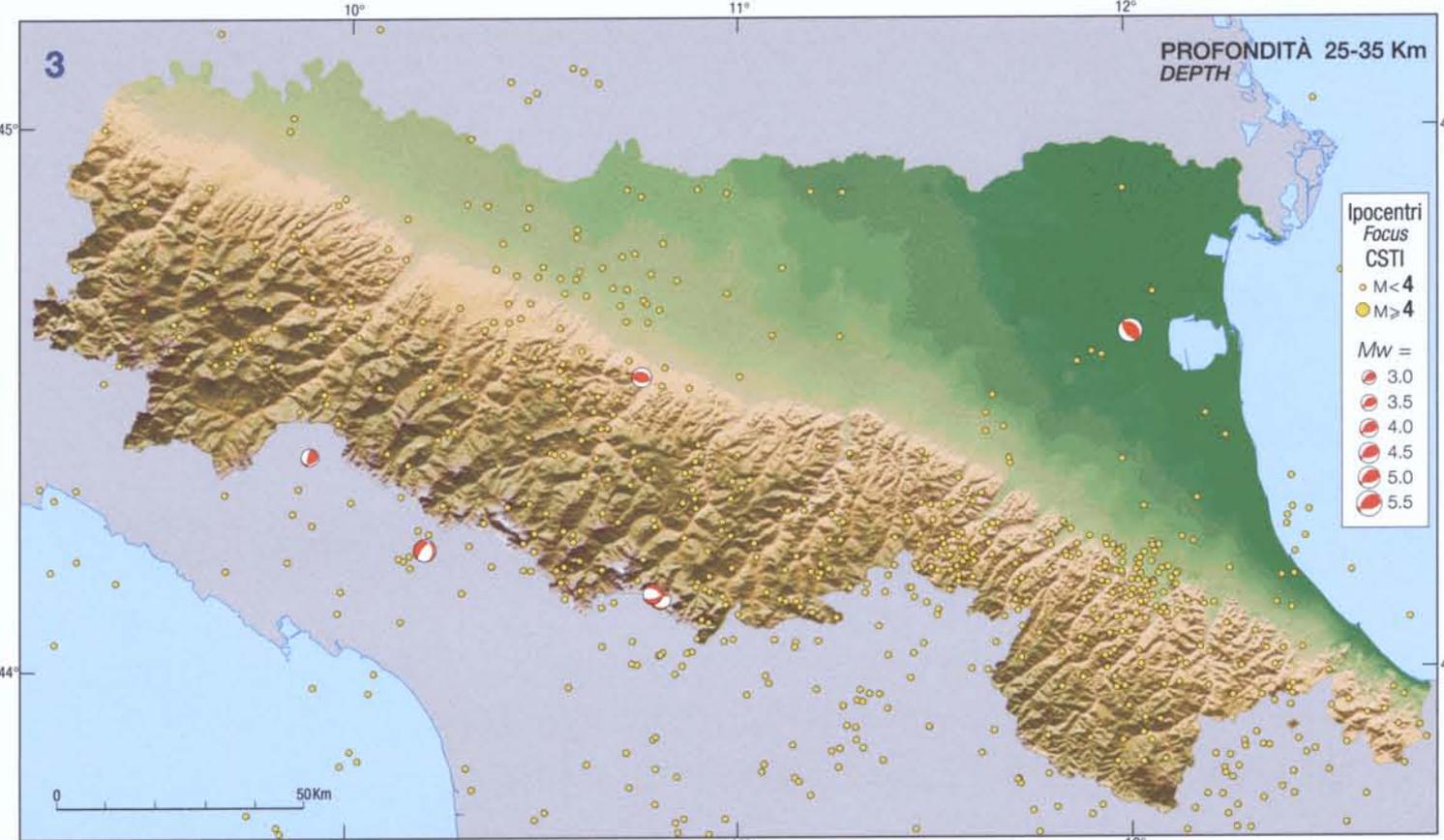
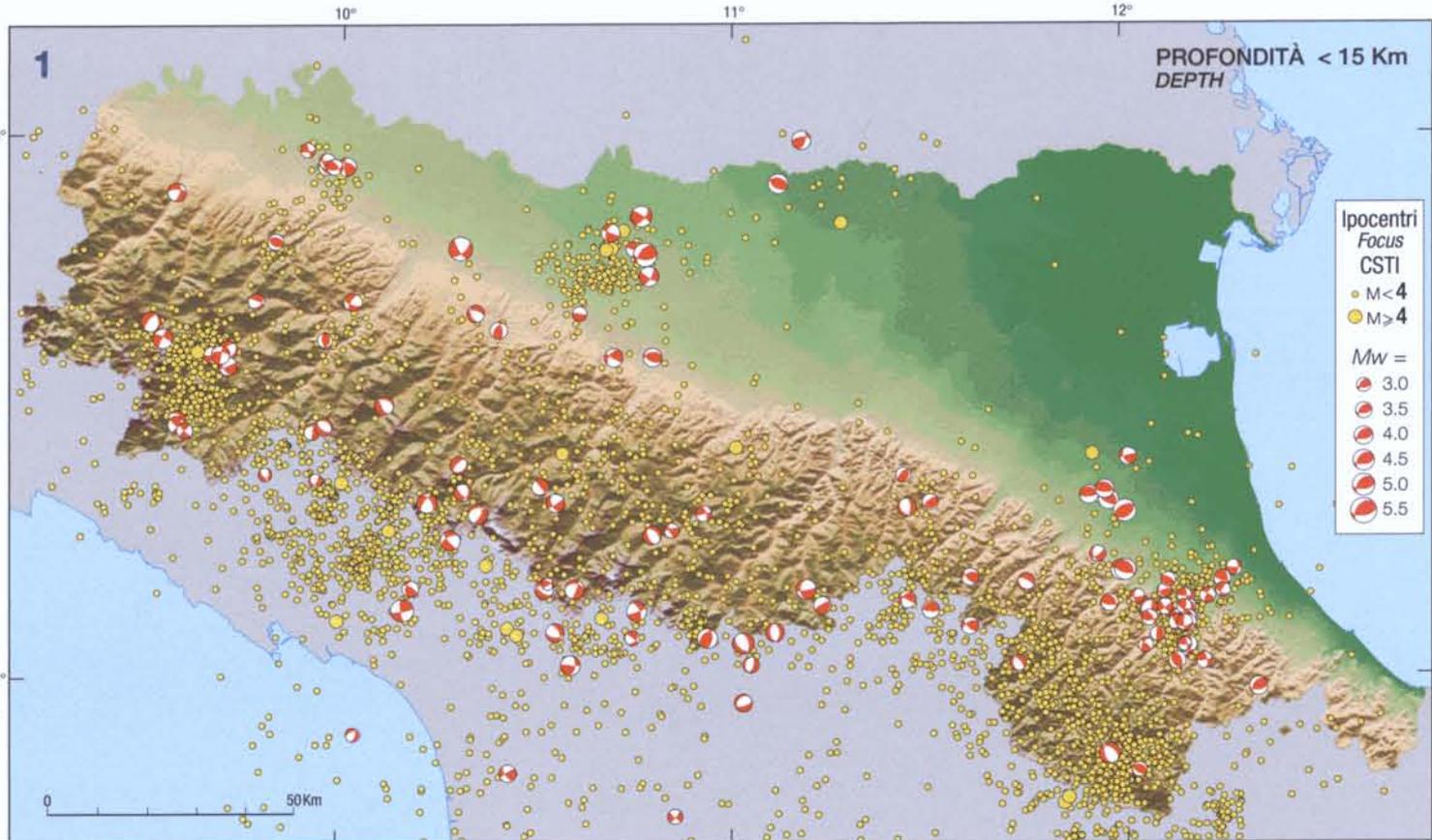
Regime di stress  
Stress regime

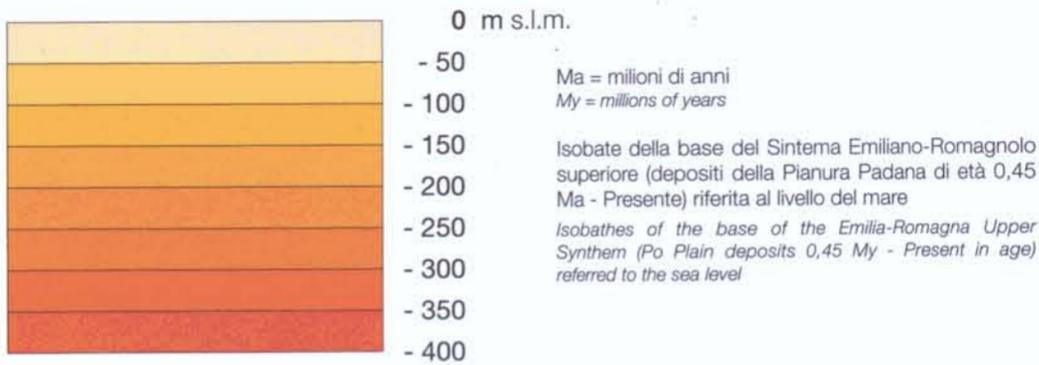
 Estensionale  
Normal faulting

 Compressivo  
Thrust faulting

 Trascorrente  
Strike-slip faulting







1 Depositi di conoide e alluvionali intramontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma - Presente)  
*Alluvial fan and intramountain alluvial deposits (Middle Pleistocene-Holocene, 0,8 My - Present)*

2 Depositi alluvionali terrazzati della Pianura Padana (Pleistocene medio e superiore, 0,8- 0,01 Ma)  
*Po Plain terraced alluvial deposits (Middle and Late Pleistocene, 0,8 - 0,01 My)*

3 Sabbie di Imola (Pleistocene medio, 0,8 - 0,65 Ma)  
*Imola Sands (Middle Pleistocene, 0,8 - 0,65 My)*

4 Sabbie gialle (Pleistocene inferiore, 1 - 0,8 Ma)  
*Yellow sands (Early Pleistocene, 1 - 0,8 My)*

5 Depositi fluvio-lacustri intramontani (Pliocene superiore-Pleistocene medio, 2,1 - 0,2 Ma)  
*Intramountain fluvio-lacustrine deposits (Late Pliocene-Middle Pleistocene, 2,1 - 0,2 My)*

6 Depositi marini post fase Pliocene inferiore (zona a G. Puncticulata) (Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore, 4,5 - 1 Ma)  
*Post Early Pliocene (G. Puncticulata zone) tectonic phase marine deposits (Early Pliocene -Early Pleistocene, 4,5 - 1 My)*

7 Depositi lagunari e marini compresi tra le fasi tettoniche del Messiniano superiore e del Pliocene inferiore (zona a G. Puncticulata) (6,3 - 4,5 Ma)  
*Late Messinian-Early Pliocene (G. Puncticulata zone) lagoonal and marine deposits (6,3 - 4,5 My)*

8 Depositi evaporitici e clastici del Messiniano inferiore e medio (6,8 - 6,3 Ma)  
*Early and Middle Messinian evaporitic and clastic deposits (6,8 - 6,3 My)*

9 Depositi delle avanfosse dell'Oligocene superiore-Miocene: Macigno, Arenarie del M. Cervarola, Arenarie del M. Falterona, Marmoso-Arenacea (28 - 6,8 Ma)  
*Foredeep deposits Late Oligocene-Miocene in age: Macigno, Mt Cervarola Sandstones, Mt Falterona Sandstones, Marmoso-Arenacea (28 - 6,8 My)*

10 Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)  
*Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)*

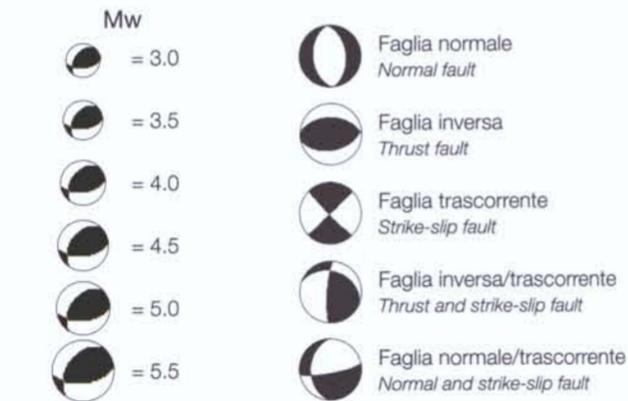
11 Evaporiti triassici (220 - 210 Ma)  
*Triassic evaporites (220 - 210 My)*

Limite Pliocene-Pleistocene  
*Pliocene-Pleistocene boundary*

### Epicertri dei terremoti *Earthquake epicenters*



### Meccanismi focali *Earthquake focal solutions*



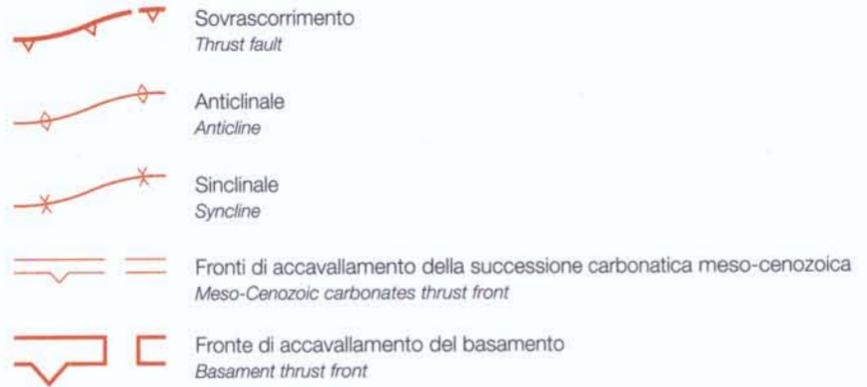
\*box\* sismogenetica da dati macrosismici (Gasperini et al., 1999)  
*Seismogenetic box from macroseismic data (Gasperini et al., 1999)*

Il lato lungo della "box" indica la direzione dell'Azimut. Le dimensioni della "box", in funzione della magnitudo, determinano la lunghezza e la larghezza della possibile struttura sismogenetica (da: Wells and Copper-smith, 1994)  
*The long axis of the box indicates the Azimut strike. The box dimensions, related to the magnitude, define the length and the width of the possible seismogenetic structure (from: Wells and Copper-smith, 1994)*

### Strutture sepolte *Buried structures*

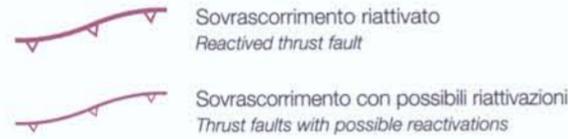
Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo

*Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsoil geological data*



Fronti dei principali sovrascorrimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 - 1 Ma) (da Structural Model of Italy, 1:500,000)

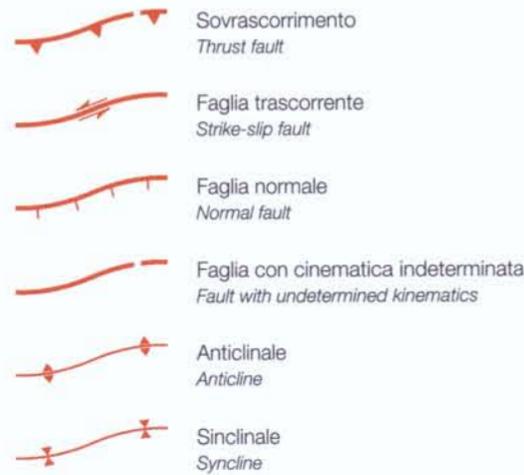
*Fronts of the main Pliocene-Early Pleistocene thrust faults (4,5 - 1 My) (from Structural Model of Italy, 1:500,000)*



### Strutture affioranti *Outcropping structures*

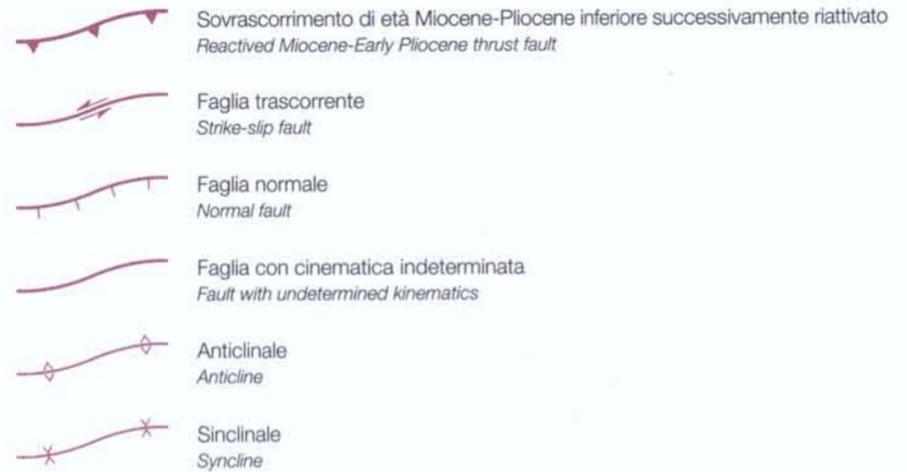
Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)

*Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data*



Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)

*Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)*



Sovrascorrimento di età Miocene superiore-Pliocene inferiore (9 - 4,5 Ma) senza evidenze di riattivazione  
*Late Miocene-Early Pliocene (9 - 4,5 My) thrust fault, without evidences of reactivation*

Principali sovrascorrimenti pre-Miocene superiore (>9 Ma)  
*Main pre-Late Miocene thrust faults (>9 My)*

<0,6  
Inclinazione di terrazzo alluvionale  
*Alluvial terrace dip*

<10  
Direzione e valore d'inclinazione di paleosuperficie tiltata  
*Palaeosurface dip*

30  
Strati diritti con indicazione dell'immersione e valore dell'inclinazione  
*Upright beds with angle of dip*

80  
Strati rovesciati con indicazione dell'immersione e valore dell'inclinazione  
*Overtured beds with angle of dip*

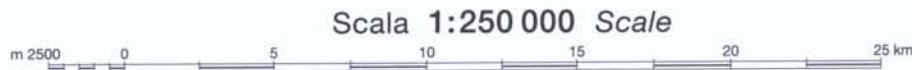
24  
Area di affioramenti significativi di dimensioni non cartografabili con indicazione dell'immersione e inclinazione degli strati  
*Significant outcrops area, too small for mapping at 1:250,000 scale with dip of the beds*

▲ Salsa  
*Mud Volcano*

■ Sorgente termale  
*Thermal spring*

# CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA

## *SEISMOTECTONIC MAP OF THE EMILIA-ROMAGNA REGION*



Responsabile del progetto: **Raffaele PIGNONE**<sup>1</sup>  
*Project manager:*

Responsabile scientifico: **Mario BOCCALETTI**<sup>2,3</sup>  
*Scientific responsible:*

Coordinamento scientifico: **Mario BOCCALETTI**<sup>2,3</sup>, **Luca MARTELLI**<sup>1</sup>  
*Scientific coordination:*

Autori: **Mario BOCCALETTI**<sup>2,3</sup>, **Marco BONINI**<sup>2</sup>, **Giacomo CORTI**<sup>3</sup>, **Paolo GASPERINI**<sup>4</sup>, **Luca MARTELLI**<sup>1</sup>, **Luigi PICCARDI**<sup>2</sup>, **Chiara TANINI**<sup>3</sup>, **Gianfranco VANNUCCI**<sup>5</sup>  
*Authors:*

Contributi di: **Fabio MOLINARI**<sup>1</sup>, **Giovanna MORATTI**<sup>2</sup>, **Silvia ROSSELLI**<sup>1</sup>, **Paolo SEVERI**<sup>1</sup>  
*Contributions of:*

Responsabile per il CNR della convenzione con la Regione Emilia-Romagna: **Giovanna MORATTI**<sup>2</sup>  
*Responsible for the CNR of the convention with the Emilia-Romagna Region:*

Si ringrazia **ENI SpA** - Exploration & Production Division per la consultazione dei dati di sottosuolo  
*Thanks to ENI SpA - Exploration & Production Division for the consultation of subsol data*

1. Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Viale A. Silvani 4/3, 40122 Bologna  
2. CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze, Via G. La Pira 4, 50121 Firenze  
3. Università di Firenze - Dipartimento di Scienze della Terra, Via G. La Pira 4, 50121 Firenze  
4. Università di Bologna - Dipartimento di Fisica, Settore di Geofisica, Viale C. Berti-Pichat, 8, 40127 Bologna  
5. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via D. Creti, 12, 40128 Bologna

Per la realizzazione della Carta gli Autori hanno utilizzato dati originali da specifici rilevamenti e dati editi e inediti derivati da:

*For the map realization, the Authors have utilized original data from specific surveys and published and unpublished data from:*

- Carta geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo, 1:10.000 (AA.VV., Regione Emilia-Romagna)
- Carta geologica regionale 1:25.000 (AA.VV., Regione Emilia-Romagna);
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (AA.VV., Regione Emilia-Romagna-Servizio Geologico d'Italia).
- Carta Geologico-Strutturale dell'Appennino-Emiliano Romagnolo alla scala 1:250.000 (Cerrina Feroni A., Martelli L., Martinelli P. & Ottria P., 2002, Regione Emilia-Romagna-CNR)
- Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna (Di Dio G. (Editor), 1998, Regione Emilia-Romagna-ENI divisione Agip)
- Subsurface geological structure of the Po Plain (Pieri M. & Groppi G., 1981, CNR-AGIP)
- Carta geologica di pianura dell'Emilia-Romagna (Preti D. (Editor), 1999, Regione Emilia-Romagna)
- Stratigraphic record of crustal scale tectonics in the Quaternary of the Northern Apennines (Italy) (Argnani A., Bernini M., Di Dio G., Papani G. & Rogledi S., 1997, Il Quaternario, 10/2)
- Structural Model of Italy, 1:500,000 (AA.VV., CNR, 1990)
- Neotectonic Map of Italy (AA.VV., CNR, 1987)
- Le strutture embricate del margine appenninico emiliano fra il T. Enza e il F. Secchia - Prov. di Reggio Emilia (Barbacini G., Bernini M., Papani G. & Rogledi S., 2002, Atti III seminario sulla cartografia geologica, Regione Emilia-Romagna-CNR)
- Il fronte sepolto del Pedepennino parmense nell'area compresa fra il T. Enza e il T. Baganza: caratteri stratigrafici e strutturali nell'intervallo Messiniano-Pleistocene (Rizzini F., 2001, tesi di laurea inedita, Univ. Parma)
- Catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI Working Group, 1999, ING, GNDT, SGA, SSN)
- Catalogo strumentale dei terremoti Italiani dal 1981 al 1996 (Versione 1.0) (AA.VV., 2001)
- Regional moment tensor determination in the European-Mediterranean area - initial results (Braunmiller J., Kradolfer U. & Giardini, D., 2002., Tectonophysics, 356).
- European-Mediterranean Regional Centroid Moment Tensors catalog: 1997-2000 (Pondrelli S., Morelli A., Ekström G., Mazza S., Boschi E. & Dziewonski A.M., 2002, Physics of the Earth and Planetary Interior, 130)
- A database of revised fault plane solutions for Italy and surrounding regions (Vannucci G. & Gasperini, P., 2003, Computers & Geosciences)
- Primi risultati di una rete mobile. Sismicità della Lunigiana-Garfagnana (Augliera P., Pastore S. & Tomaselli A., 1990, Atti GNGTS)
- Focal mechanisms of earthquakes in Italy and adjacent regions (Cagnetti V., Pasquale V. & Polinari S., 1976, CNEN RT/AMB, 4)
- Moment-tensor solutions for selected earthquakes in the European-Mediterranean region (Bernardi F., Braunmiller J., Kradolfer U. & Giardini D., 2001 <http://www.seismo.ethz.ch/info/mt.html>)
- Revisione dei meccanismi focali dell'Appennino settentrionale (Eva C. & Pastore S., 1993, Atti GNGTS)
- Alcune considerazioni sulla sismotettonica dell'Appennino nord-occidentale ricavate dall'analisi dei meccanismi focali (Eva C. & Solarino S., 1992, Studi Geol. Camerti, vol. spec. 2, append. CROP 1-1A)
- Contemporaneous extension and compression in the Northern Apennines from earthquake fault-plane solutions (Frepoli A. & Amato A., 1997, Geophys. J. Int., 129)
- Fault-plane solutions and seismicity of the Italian peninsula (Gasparini C., Iannacone G. & Scarpa R., 1985, Tectonophysics, 117)
- The recent crustal stress field in central Europe: trajectories and finite element modeling (Gunthall G. & Stromeyer D., 1992, J. Geophys. Res., VOL. 97, N. B8)
- Evoluzione dei campi di stress lungo il margine appenninico-padano dal Pleistocene medio all'Attuale: analisi strutturale dei depositi pleistocenici affioranti tra Castell'Arquato (PC) e Rimini (Ghiselli F. & Martelli L., 1997, Il Quaternario, 10/2)
- The tectonic regime in Italy inferred from borehole breakout data (Mariucci M.T. & Mueller B., 2003, Tectonophysics, 361)