



# Rapporti tecnici INGV

*Beach Balls* in Italia centro-orientale

# 246



Istituto Nazionale di  
Geofisica e Vulcanologia

## **Direttore**

Enzo Boschi

## **Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

[redazionecen@ingv.it](mailto:redazionecen@ingv.it)



# Rapporti tecnici INGV

## **BEACH BALLS IN ITALIA CENTRO-ORIENTALE**

Giancarlo Monachesi, Simone Marzorati, Chiara Ladina, Marco Cattaneo, Massimo Frapiccini,  
Ezio D'Alema e Simona Carannante

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

# 246



## Indice

Introduzione	5
1. RESIICO: la Rete Sismometrica Integrata dell'Italia Centro-Orientale	5
2. Procedure per il calcolo e l'archiviazione dei meccanismi focali	8
3. "BB": il <i>website</i> con i meccanismi focali degli eventi registrati dalla RESIICO	10
Ringraziamenti	14
Bibliografia	14



## Introduzione

Viene presentato di seguito il *website* “BB” [<http://www.an.ingv.it/BB/home.html>] implementato dagli operatori INGV della sede di Ancona (INGV-AN). Il *website* fa parte del portale dell’INGV-AN [<http://an.ingv.it>] che pubblica *on-line* alcuni prodotti previsti nell’ambito della convenzione tra il Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile (DPISPC) della Regione Marche e l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Il calcolo dei meccanismi focali (*Beach Balls*, da cui l’acronimo “BB”) è una delle attività che gli operatori dell’INGV-AN svolgono ordinariamente dal 2009, data in cui le attività sinergiche sviluppate dall’INGV e dal DPISPC nel settore del monitoraggio hanno permesso un notevole sviluppo della Rete Sismometrica Regionale Marchigiana e la sua integrazione con la Rete Sismometrica Nazionale.

Oggi, grazie a questa azione sinergica, nella porzione orientale dell’Italia centrale è attiva una rete composta da 97 stazioni sismometriche in *real-time* che sono acquisite contemporaneamente (e sempre in *real-time*) nelle sedi di Roma e di Ancona dell’INGV [Monachesi et al., 2013].

La rete, denominata RESIICO (**RE**te Sismometrica Integrata dell’Italia Centro-Orientale), ha un’ottima capacità di *detection* degli eventi e numerosi sono quelli, anche di debole energia, per cui è disponibile un numero elevato di fasi e polarità.

La pubblicazione *on-line* dei meccanismi focali degli eventi registrati dalla RESIICO non è richiesta dalla convenzione tra il DPISPC e l’INGV ma nasce dalla volontà degli operatori dell’INGV-AN di mettere a disposizione di chiunque uno strumento di lavoro utile principalmente per studi di sismogenesi.

Il *data set*, anche se ottenuto con numerosi dati di ottima qualità derivati da *picking* manuali, deve però essere considerato uno strumento preparatorio all’investigazione. Infatti, come si vedrà meglio in seguito, anche in funzione della gran quantità dei dati disponibili, si è scelto di procedere con modalità di calcolo semplici, di *routine* e senza alcun intervento dell’operatore per la ‘correzione’ di eventuali errori nelle letture delle polarità. In caso di soluzioni multiple non viene segnalata la soluzione ‘migliore’ sulla base di considerazioni sismotettoniche; né vengono operate scelte secondo criteri di somiglianza delle forme d’onda.

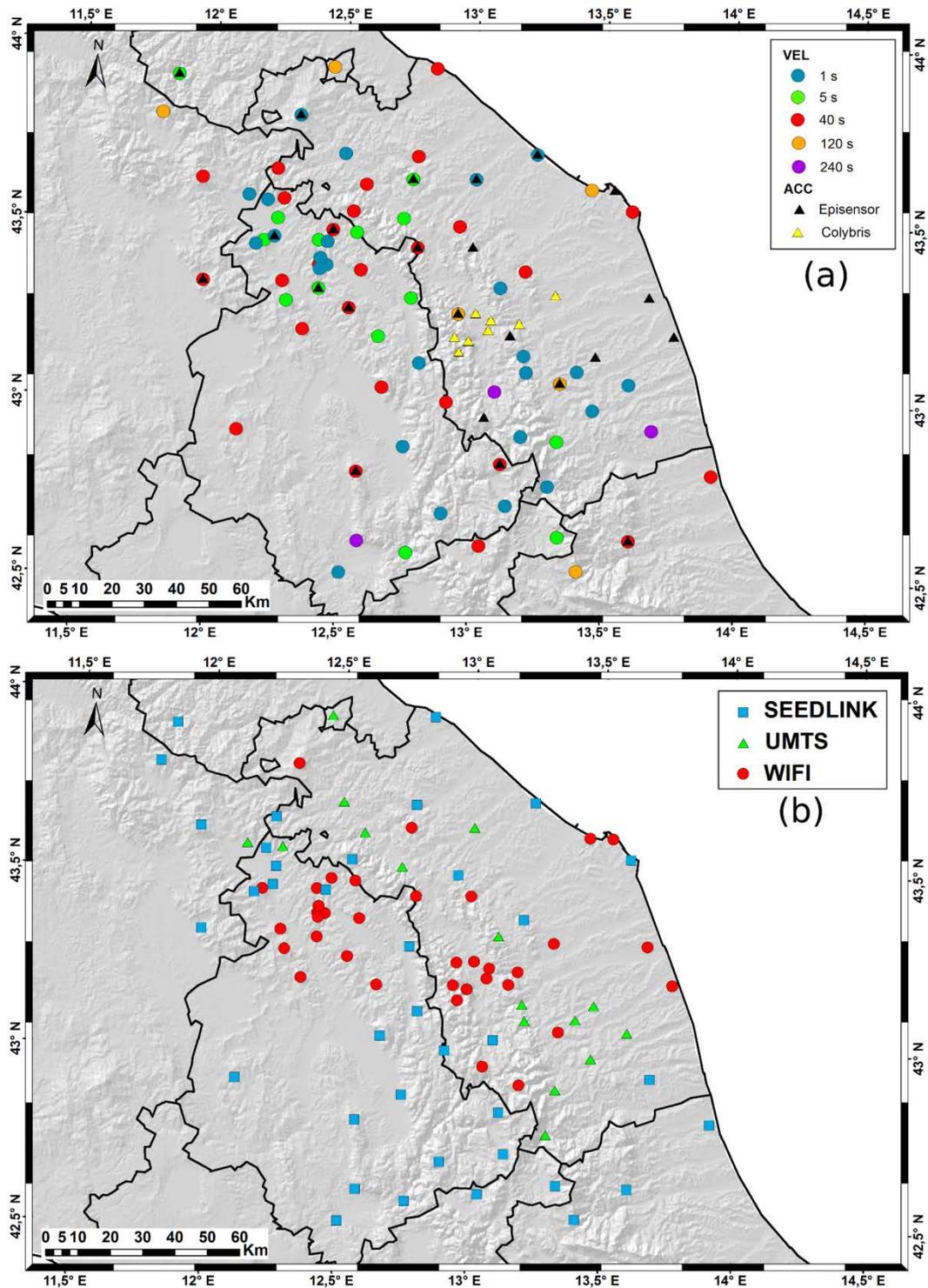
Il *data set* rappresenta quindi la prima valutazione qualitativa e quantitativa della disponibilità di informazioni. È auspicabile che alla consultazione del *website* “BB” segua una più attenta analisi dei dati originali (che verranno resi disponibili dagli operatori dell’INGV-AN su richiesta degli utenti interessati e consapevoli), e un indispensabile confronto con eventuali soluzioni calcolate con modalità diverse da quelle qui adottate.

## 1. RESIICO: la Rete Sismometrica Integrata dell’Italia Centro-Orientale

A partire dal 2007 l’INGV e il DPISPC della Regione Marche si sono impegnati in una sinergica riorganizzazione dell’attività di monitoraggio a scala regionale [Monachesi e Cattaneo 2007]. Le attività svolte dall’INGV-AN in questo contesto sono descritte dettagliatamente in: Monachesi e Cattaneo, 2007; Monachesi e Cattaneo, 2010; Cattaneo et al., 2011; D’Alema et al., 2011 cui si rimanda per eventuali approfondimenti. Di seguito si ricordano brevemente gli obiettivi principali raggiunti che hanno portato alla nascita della RESIICO ed alla sua attuale configurazione:

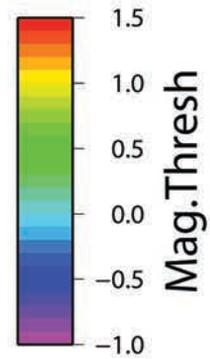
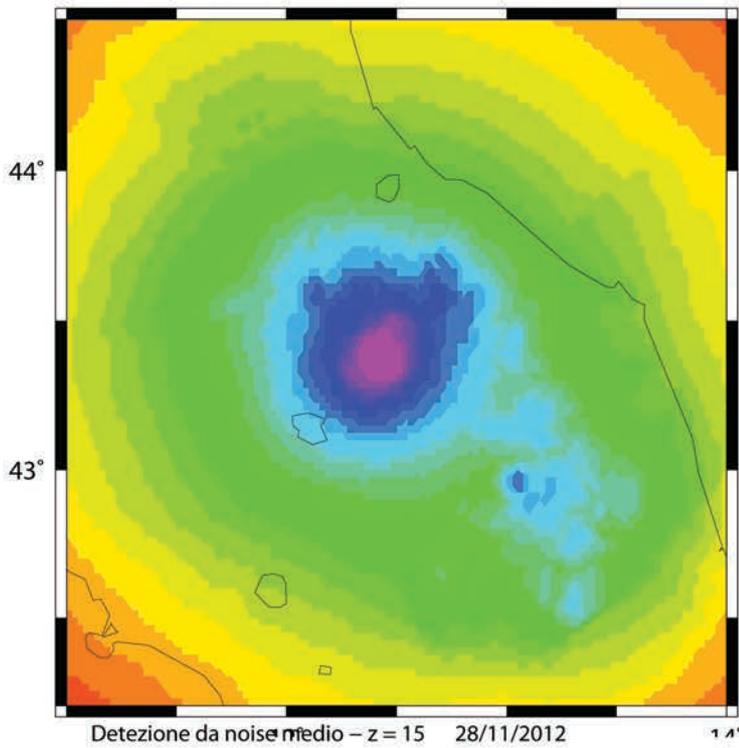
- sperimentazione della trasmissione dei dati sismometrici con vettori radio *wireless* e utilizzo della dorsale regionale *wireless* SDH per il trasferimento dei dati da 36 siti remoti al Centro di Acquisizione dell’INGV-AN;
- collegamento HDSL tra INGV-AN e la sede di Roma ed installazione di *seed-link server* all’INGV-AN per l’acquisizione e lo scambio dati sismometrici in *real-time* tra le due sedi;
- realizzazione di una dorsale radio *wireless* per il trasferimento dei dati di 14 stazioni funzionali al progetto AIRPLANE dell’INGV [Monachesi e Cattaneo, 2010];
- trasformazione in *real-time* di 10 stazioni *dial-up* della obsoleta Rete Sismometrica Regionale Marchigiana;
- installazione di nuove stazioni (7 delle quali *borehole*) dotate anche di accelerometri e realizzazione di una rete accelerometrica (8 stazioni) a scala sovra comunale a basso costo;
- diversificazione dei sistemi trasmissivi con l’utilizzo di *router* UMTS per la trasmissione dei dati di 18 stazioni sismometriche.

In Fig. 1 viene mostrata la geometria della RESIICO la cui capacità di *detection* è mostrata in Fig. 2.

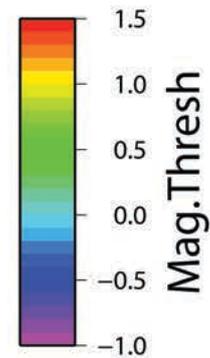
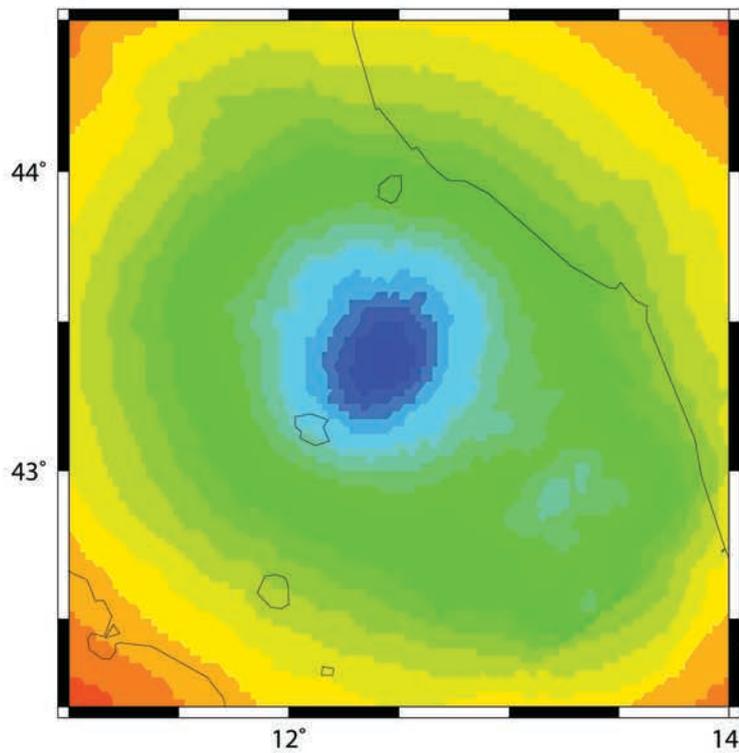


**Figura 1.** Distribuzione delle stazioni della RESIICO (novembre 2012) in funzione della diversa tipologia di sensori (a) e dei diversi vettori trasmissivi (b) utilizzati per l'acquisizione dei dati registrati nelle singole stazioni.

Detezione da noise medio - z = 5 28/11/2012



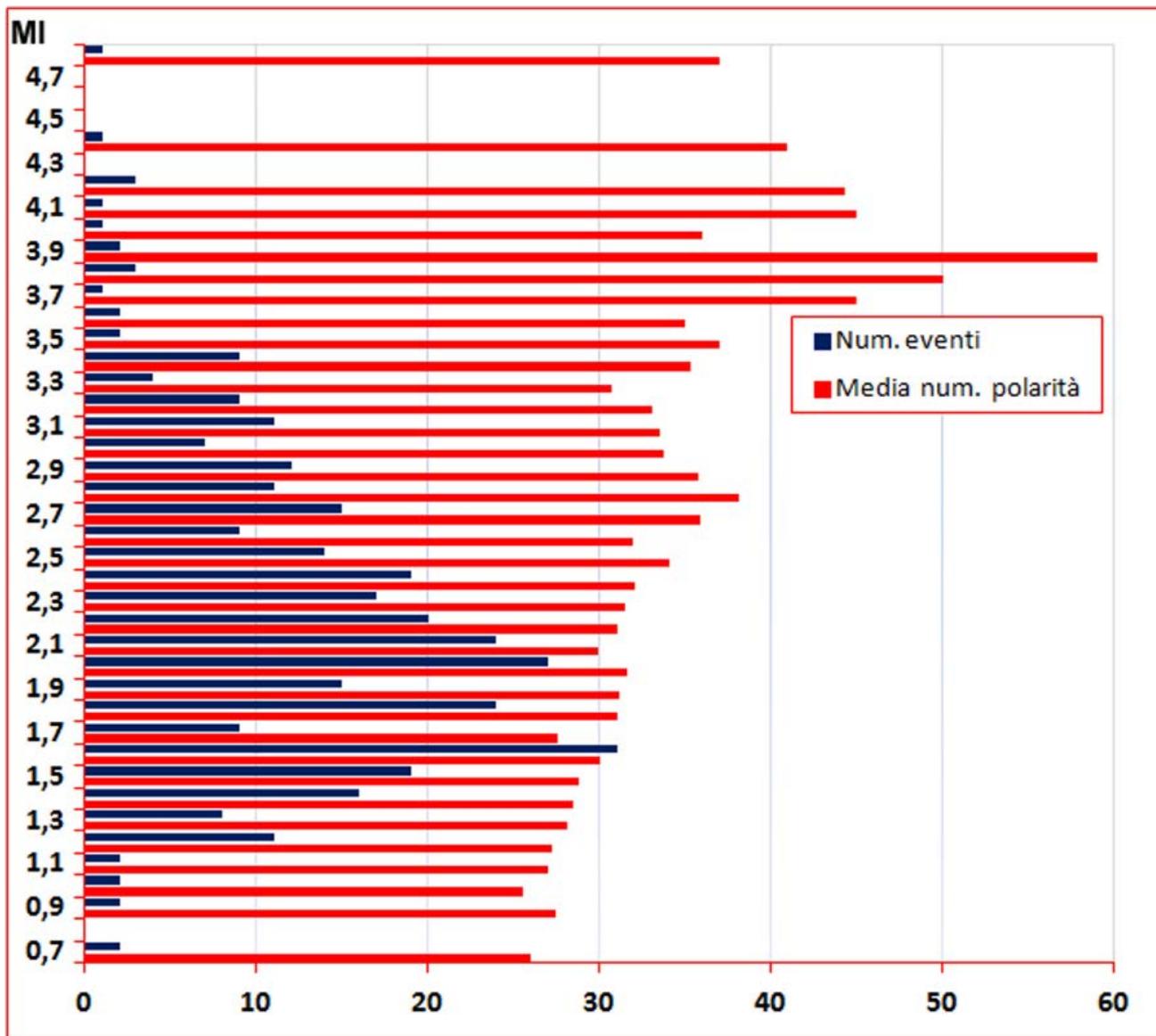
(a)



(b)

**Figura 2.** *Detection* teorica della RESIICO. La figura è stata ottenuta utilizzando il valore medio del *noise* di ogni singola stazione misurato nel periodo 20 - 30 novembre 2012 ed è valida per eventi ipotizzati a profondità di 5 km (a) e di 15 km (b). I valori di magnitudo teoricamente rilevabili sono indicati nella legenda a lato.

Nell'arco di un mese la RESIICO registra in media 800 eventi sismici interpretati giornalmente dagli operatori dell' INGV-AN. Si tratta di un *data set* unico e di alta qualità che rende disponibile un elevato numero di fasi e di polarità anche per eventi di debole o debolissima magnitudo (Fig. 3).



**Figura 3.** Distribuzione per classi di magnitudo del numero degli eventi e della media del numero delle polarità disponibili per i meccanismi focali contenuti attualmente (novembre 2012) nel *website*.

## 2. Procedure per il calcolo e l'archiviazione dei meccanismi focali

I dati relativi agli eventi che hanno più di 24 polarità sono periodicamente estratti dal *data base* della RESIICO e localizzati con il programma *Hypoellipse* [Lahr, 1999] utilizzato con un modello crostale e un *set up* indicati in Tab. 1.

<i>Reset Test</i>		<i>Velocity model</i>		<i>Option card</i>	
1	1.87	04.50	000.00	MISSING STATIONS	1
2	0	05.00	001.00	GLOBAL OPTION	1
7	25	05.50	002.00	MAGNITUDE OPTION	3
10	3	06.20	004.00	TABULATION OPTION	4
11	15	06.30	010.00	SUMMARY OPTION	2
12	90	07.00	025.00	PRINTER OPTION	0
14	3	08.00	030.50	BLANK SOURCE	V
15	3			WEIGHT OPTION	1.33 2. 4.
18	3			TABULATION OPTION	-4
19	0.2				
21	30				

**Tabella 1.** Modello crostale e *set up* del programma *Hypoellipse* utilizzato per la localizzazione degli eventi.

Dal successivo calcolo dei meccanismi focali vengono esclusi gli eventi localizzati con errore orizzontale (erh) o verticale (erz) maggiore di 10 km.

I meccanismi focali vengono calcolati con FPFIT, il programma *Fortran* per il calcolo e la visualizzazione dei meccanismi focali [Reasenberg and D. Oppenheimer, 1985], su piattaforma *Linux*.

Per completezza informativa si è deciso di fornire all'utente la possibilità di consultare, visualizzare e/o scaricare i seguenti elaborati principali di FPFIT e FPLOT:

- il file \*.sum di FPFIT contenente la parametrizzazione degli eventi, i valori dello *slip*, *dip* e *rake* e della qualità del calcolo;
- il file \*.ps di FPLOT contenente il disegno delle *beach balls*, i parametri ipocentrali dell'evento e l'elenco delle stazioni discrepanti.

Gli *output* del programma FPFIT non sono nei formati funzionali ad una rapida ricerca e visualizzazione *on-line* dei risultati; pertanto alcuni formati originali degli *output* del programma sono stati così modificati:

- tutte le informazioni sulla parametrizzazione degli eventi e i valori calcolati da FPFIT sono state organizzate in una tabella di MySQL, il *data base open source*, utilizzato per le richieste di selezione *on-line* delle *beach balls* e gestito con il tool phpMyAdmin [www.phpmyadmin.net]. Un file grossomodo analogo al formato "sum" di FPFIT ma comprensivo della denominazione della località epicentrale, viene importato in una tabella di MySQL ("localandmec") la cui chiave primaria è il tempo origine dell'evento ("nloc");
- il file \*.ps prodotto da FPLOT, contenente tutti i disegni delle *beach balls* con i parametri ipocentrali dell'evento e l'elenco delle stazioni discrepanti, viene trasformato nel formato pdf. Da questo file vengono estratti singoli file pdf relativi a ciascun evento che sono poi rinominati secondo la chiave primaria dell'evento stesso.

Inoltre:

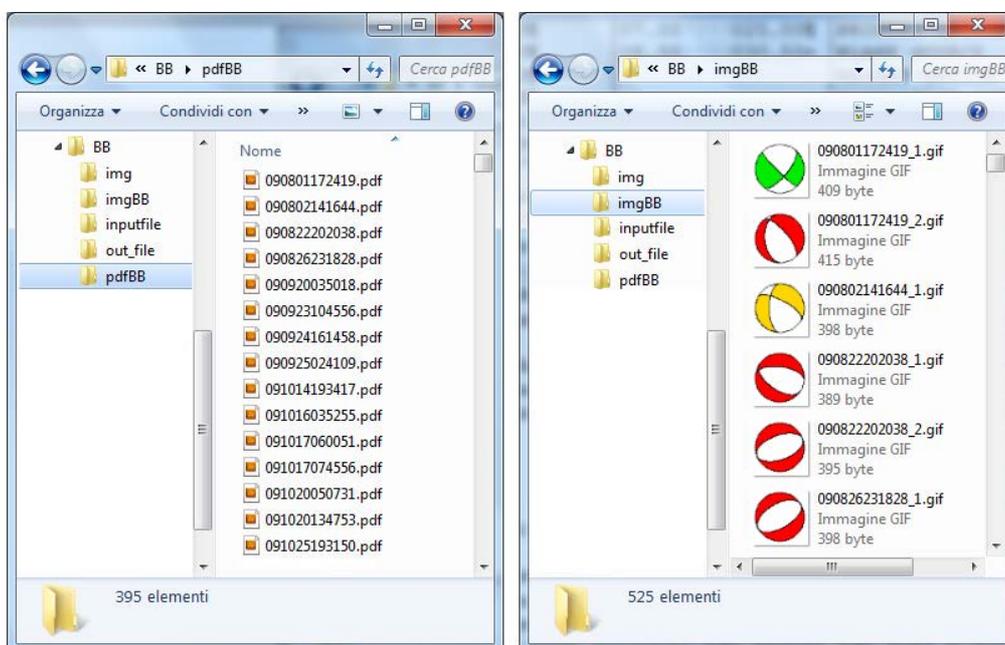
- è stata utilizzata in ambiente MATLAB ® una procedura ad hoc (disponibile all'indirizzo <http://www.ceri.memphis.edu/people/olboyd/Software/bb.m>) che, a partire dal file "sum" di FPFIT, permette il disegno in miniatura (72 x 72 pixel; 72 dpi) delle *beach balls* in formato gif e la loro denominazione secondo la chiave primaria dell'evento a cui si riferiscono. Tale accorgimento si è reso necessario per una loro rapida visualizzazione tra i risultati dell'interrogazione del *data set*. Per una rapida associazione della tipologia della faglia al meccanismo focale calcolato le *beach balls* vengono colorate, dalla procedura sopra indicata, in funzione del *rake* secondo la classificazione indicata in tabella 2;
- Per l'aggiornamento della carta con la distribuzione delle stazioni e degli eventi prevista nella pagina iniziale di navigazione viene utilizzata la class "map" di "Google Map" © [https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/reference#Map]. La class fa

riferimento alla tabella “localandmec” del data base MySQL sopra ricordato e ad una tabella stazioni (“stazionian”) creata *ad hoc*.

<i>Colore</i>	<i>Rake °</i>	<i>Tipo di faglia</i>
Rosso	- 60 ÷ - 120	Normal
Giallo	- 29 ÷ - 59; - 119 ÷ - 149	Lateral Normal
Blu	60 ÷ 120	Reverse
Marrone	29 ÷ 59; 119 ÷ 149	Lateral Reverse
Verde	- 30 ÷ 30; - 150 ÷ - 180; 150 ÷ 180	Strike-Slip

**Tabella 2.** Colori adottati per classi di rake.

Tutti i *file* sono stati raccolti in *directories* secondo lo schema proposto in Fig. 4.



**Figura 4.** Organizzazione dell’archivio delle *beach balls* dell’Italia centro-orientale.

### 3. “BB”: il *website* con i meccanismi focali degli eventi registrati dalla RESIICO

Il *website* “BB”, così come la gran parte dei prodotti contenuti nel portale dell’INGV-AN ([www.an.ingv.it](http://www.an.ingv.it)), è implementato in un server con S.O. Ubuntu collegato ad uno *storage center* “ix” della Iomega®, ubicati nell’edificio del CED della Regione Marche.

Attualmente (novembre 2012) il *website* “BB” contiene 511 meccanismi focali relativi a 368 terremoti accaduti in Italia centro-orientale a partire dal 1 agosto 2009 fino al 27 giugno 2012.

L’aggiornamento del *website* ha una periodicità trimestrale.

Di seguito vengono riportati alcuni *screen-shot* delle pagine principali del *website* “BB”.

Lo *screen shot* riportato in Fig. 5 mostra la pagina iniziale di navigazione che spiega il contenuto del *website* “BB”, visualizza la distribuzione degli eventi per cui sono disponibili le *beach balls* (croci) e delle stazioni utilizzate per il loro calcolo (logo INGV). La *class* “*InfoWindow*” di “*Google Maps*” ©

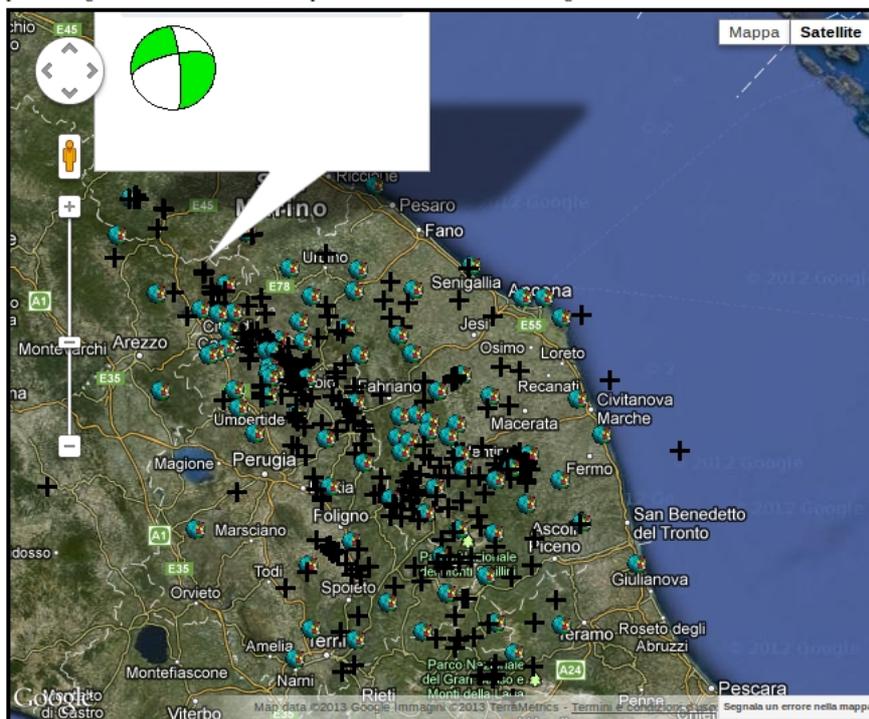
[<https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/reference#InfoWindow>] permette la visualizzazione del meccanismo focale di un singolo evento selezionato con il mouse (Fig. 5).

Nel menù di navigazione l'utente può accedere ad ulteriori pagine con le informazioni sulle modalità di calcolo, di consultazione del *data set*, o a quella delle avvertenze con indicazione degli autori e delle clausole d'uso. Dalla *home page* infine si può accedere alla versione inglese del *website*.



### home

Il data set raccoglie i meccanismi focali calcolati e visualizzati con i programmi FPFIT FPPAGE e FPLOT (P. Reasenberg and D. Oppenheimer, 1985) utilizzati su piattaforma Linux a partire dalle polarità registrate dalle stazioni della Rete Sismometrica Integrata dell'Italia Centro Orientale (ReSICO) la cui geometria è visibile nell'immagine a destra (triangoli rossi) con la distribuzione degli eventi d'interesse (pallini verdi). I meccanismi vengono calcolati per gli eventi registrati dal giorno 01 agosto 2009, con un numero di polarità  $\geq 25$ , un  $erh \leq 10.0$ , localizzati con Hypoellipse (J. C. Lahr, 1999) utilizzato con un modello crostale e un set up indicati nelle pagine seguenti. Tutte le soluzioni calcolate dal programma FPFIT vengono pubblicate senza alcun intervento da parte degli autori. Si consiglia pertanto un uso consapevole dei dati, dei problemi legati al calcolo delle soluzioni dei piani focali dei terremoti e del loro significato.



L'aggiornamento di questo data set non ha una precisa periodicità ed è subordinato alla disponibilità di tempo degli autori.  
Ultimo aggiornamento 21 Nov 2012 (implementazione di 142 meccanismi focali relativi a 109 eventi registrati dal 1 gennaio al 30 giugno 2012).

Figura 5. Screen shot della home page del website "BB".

In Fig. 6 viene mostrato lo *screen shot* della pagina con la *form* per la selezione dei dati richiesti dall'utente. L'utente può restringere la ricerca selezionando: una finestra temporale e/o una finestra geografica e/o un *range* di profondità ipocentrali e di magnitudo. L'immagine di destra è stata inserita per spiegare all'utente il formato di restituzione dei dati.

**home**      **modello e setup**      **consulta/scarica**      **disclaimer/autori**

**consulta/scarica**

<b>Da</b> (min)	Data ora iniziale (yyyy-mm-dd hh)	2009-08-01 00:00:00	<b>Lat.</b> (Nord)	42.25	<b>Long.</b> (Est)	11.50	<b>Prof.</b> (Km)	0	<b>Mag.</b>	0.00
<b>A</b> (max)	Data ora finale (yyyy-mm-dd hh)	2012-06-30 23:59:59	<b>Lat.</b> (Nord)	44.20	<b>Long.</b> (Est)	14.10	<b>Prof.</b> (Km)	70	<b>Mag.</b>	5.00

Si ricorda che il data set raccoglie i meccanismi focali calcolati per gli eventi dell'Italia centro orientale a partire dal giorno 01 agosto 2009 e con più di 24 polarità. Si tratta di 511 meccanismi focali relativi a 368 terremoti; l'ultimo meccanismo calcolato è quello relativo all'evento del 2012 06 27 alle ore 01:50 (UTC).

I risultati della consultazione verranno visualizzati secondo il formato dell'esempio commentato nella immagine a destra. Per una rapida individuazione del meccanismo focale gli eventi sono stati colorati in funzione del rake secondo le seguenti modalità:

- Normal (rake compreso tra -60 e -120) = Red
- Normal-Oblique (rake compreso tra -29 e -59 oppure tra -119 e -149) = Giallo
- Reverse (rake compreso tra 60 e 120) = Blue
- Reverse-Oblique (rake compreso tra 29 e 59 oppure tra 119 e 149) = Marrone
- Strike-Slip (rake compreso tra -30 e 30 oppure tra -150 e -180 oppure tra 150 e 180) = Verde

Dai risultati della consultazione è possibile inoltre scaricare:

- un file in formato.csv con i valori calcolati da fpfit (simile al file .sum di fpfit);
- il file .pdf di fppage di ogni singolo evento.

**Figura 6.** *Screen shot* della pagina di consultazione del *website* "BB".

A partire dai risultati della selezione (Fig. 7), l'utente può scaricare i singoli file in formato pdf (creati originariamente da FPLOT nel formato ps.) e/o il file \*.sum di tutti gli eventi selezionati. Quest'ultimo, creato originariamente da FPFIT, è stato modificato con l'inserimento dell'area epicentrale dell'evento e, nell'estrazione, trasformato nel formato csv.



**Beach Balls**  
in Italia centro-orientale

---

[home](#)      [modello e setup](#)      [consulta/scarica](#)      [disclaimer/autori](#)

**risultato della consultazione**

Sono stati estratti 511 record secondo i seguenti criteri:  
 Periodo da 2009-08-01 00:00:00 a 2012-06-30 23:59:59 (ora UTC)  
 LAT (nord) da 42.25 a 44.20 LON (est) da 11.50 a 14.10  
 Profondità da 0 a 70 Km  
 Magnitudo da 0.00 a 5.00

**Download** file '.SUM' di FPFIT nel formato .CSV

---

```

090801172419 23(download PDF)
43 8.59 13 11.92 13.33 2.60 78 47 1.0 0.26 0.3 0.5
Località: CALDAROLA

135 80 -150 0.21 32 0.25 0.62 0.00 3 5 10

```



```

175 35 -60 0.16 32 0.19 0.60 0.00 13 8 10 C *

```




---

**Figura 7.** *Screen shot* di una pagina con il risultato della selezione.

## Ringraziamenti

Gli autori ringraziano:

Viviana Castelli per la rilettura del testo e per i suggerimenti espressi con la consueta disponibilità.

Il Centro Funzionale Multirischi del DPISPC della Regione Marche; in particolare Maurizio Ferretti, che ne è il responsabile, Paola Melonaro e Luca Abeti per i consigli utili nella realizzazione delle pagine PHP di interrogazione del *data set*.

Il CED della Regione Marche per la tempestiva e cortese disponibilità.

La rete sismometrica della Alta Valtiberina è stata realizzata con i fondi dei progetti (FIRB-MIUR), GLASS (ERC-EU), NERA (EU) e MOLE (ICDP) rispettivamente coordinati da: Alessandro Amato, Cristiano Collettini, Alberto Michellini e Massimo Cocco.

Le attività di ricerca che utilizzano i dati rilevati dalla Rete dell'Alta Valtiberina nascono all'interno del TABOO *group* (Alto tiBerina near fault ObservatOry) coordinato da Lauro Chiaraluce.

Infine un particolare ringraziamento a Alberto Frepoli per i commenti e i suggerimenti forniti in fase di revisione del testo.

## Bibliografia

- Cattaneo M., D'Alema E., Frapiccini M., Marzorati S., Monachesi G., (2011). *Acquisizione presso la sede di Ancona, Miscellanea INGV*, 10, 124-127. ISSN 2039-6651.
- D'Alema E., Cattaneo M., Frapiccini M., Marzorati S., Monachesi G., Ferretti M., (2011). *Rete Sismometrica Marchigiana e sua integrazione con la RSN e Rete AVT*. In Cattaneo M. e Moretti M (eds). *Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico*. *Miscellanea INGV*, 10, 19-21. ISSN 2039-6651.
- Lahr, J.C., 1999. *HYPOELLIPSE Y2K: A computer program for determining local earthquake hypocentral parameters, magnitude, and first-motion pattern*, U.S. Geological Survey Open-file Report 99-023, 112p. On-line: <http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/openfile-reports/ofr-99-0023>.
- Monachesi G., Cattaneo M., (2007). *Allegato tecnico al Decreto Direttore Servizio Protezione Civile della Regione Marche n. 21/DPS del 24/04/2007*; convenzione tra la Regione Marche e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per attività di monitoraggio sismico del territorio regionale e servizi nel settore della protezione civile per gli anni dal 2007 al 2009.
- Monachesi G., Cattaneo M., (2010). *La dorsale radio Wi-Fi per il monitoraggio multiparametrico in Alta Val Tiberina*. *Rapporti Tecnici INGV*, 129, 36 pp.
- Monachesi G., Cattaneo M., D'Alema E., Frapiccini M., Marzorati S., Ferretti M., (2011). *Sistemi di controllo in uso al centro di acquisizione della sede di Ancona*. In Cattaneo M. e Moretti M (eds). *Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico*. *Miscellanea INGV*, 10, 103-107. ISSN 2039-6651.
- Monachesi G., Cattaneo M., Ladina C., Marzorati S., D'Alema E., Frapiccini M., Carannante S., Ferretti M., Sebastianelli M., Delladio A., Selvaggi G., (2013). *Esperienze di monitoraggio integrato: il caso della Rete Sismometrica dell'Italia Centro Orientale, di quella accelerometrica marchigiana e dei suoi servizi*. *Quaderni di Geofisica*, (in stampa).
- Reasenber, P. A., and Oppenheimer D., (1985). *FPPFIT, FPPLLOT, and FPPAGE: Fortran computer programs for calculating and displaying earthquake fault-plane solutions*, U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 85-739.

**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2013 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

**<http://www.ingv.it>**



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**