

Rilievo macrosismico del
terremoto emiliano del
23 dicembre 2008

Quaderni di Geofisica

71



Quaderni di Geofisica

Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (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

Rilievo macrosismico del terremoto emiliano del 23 dicembre 2008

Macroseismic survey of the December 23, 2008 earthquake

Emanuela Ercolani¹, Antonio Rossi², Maurizio Vecchi³, Ilaria Leschiutta³, Filippo Bernardini¹, Sergio Del Mese², Romano Camassi¹, Silvia Pondrelli¹, Andrea Tertulliani³

¹INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna)

²INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

³INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Roma 1)

Rilievo macrosismico del terremoto emiliano del 23 dicembre 2008

Questa nota presenta una sintesi delle attività svolte durante il rilievo macrosismico del terremoto avvenuto tra le province di Parma e Reggio Emilia il 23 dicembre 2008. La scossa di M_l 5.2 è stata localizzata a sud di Parma ed è stata avvertita in tutta l'Italia settentrionale e in gran parte della Liguria e della Toscana. Il presente rapporto illustra le modalità di intervento del team QUEST, relative al rilievo degli effetti e alla valutazione in intensità MCS in particolare per le località della zona epicentrale. L'ampia documentazione fotografica illustra alcuni dettagli delle tipologie di danneggiamento rilevate e consente di comprendere meglio le valutazioni dell'intensità macrosismica.

This paper presents an overview of the activities performed during the macroseismic field survey of the earthquake that occurred in the Parma and Reggio Emilia region on December 23, 2008. The mainshock ($M_l=5.2$), was located south of the city of Parma and was resolutely felt through Northern Italy. The report here presented shows the procedures carried out by QUEST (Quick Earthquake Survey Team), concerning the survey. QUEST has been engaged in gathering the damage information and in assessing the macroseismic intensity, in particular about the epicentral area. A copious photo collection shows details of the observed damage nature and allows to better illustrate the intensity assessment.

Introduzione

Il 23 dicembre 2008 un terremoto di magnitudo (M_l) 5.2 avvenuto alle ore 16:24 locali (15:24 UTC) ha colpito l'area pede-appenninica fra le province di Reggio Emilia e Parma. Il terremoto è stato localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) con coordinate Lat. 44.544N e Lon. 10.345E, ad una profondità ipocentrale stimata di circa 23 km.

L'evento è stato avvertito in tutta l'Italia settentrionale fino alla Svizzera e alla Slovenia, ma con particolare rilevanza in Emilia Romagna, Veneto e Lombardia.

La scossa principale è stata preceduta di sei minuti da un *foreshock* di $M_l = 3.4$, e seguita da una sequenza di oltre 250 repliche nell'arco di un mese, otto delle quali hanno superato magnitudo 3 (tab. 1 e figura 1) [Mele et al., 2007]. La replica principale, di magnitudo (M_l) 4.8, si è verificata nella serata del 23 alle ore 22:58 (it), ed è stata sensibilmente avvertita dalla popolazione; la profondità è stata stimata in circa 24 km.

Questo rapporto fornisce le stime di intensità MCS formulate sulla base dei numerosi rilievi diretti condotti dalle squadre

del gruppo operativo QUEST, corredati da documentazione raccolta anche con altre tecniche di indagine.

1. Cenni sulla sismicità storica

La fascia pede-appenninica emiliana si caratterizza per una sismicità moderata sia in energia che frequenza. Non sono infrequenti nell'area terremoti di profondità superiore ai 20 km [Piccinini et al., 2006] a causa dell'approfondimento della Moho dall'Adriatico verso il Tirreno [Mele and Sandvol, 2003]. Infatti la profondità dei terremoti tende ad aumentare in direzione WSW in corrispondenza della catena appenninica [Meloni et al., 1990] probabilmente a causa della subduzione residua della microplacca Adriatica [Scrocca et al., 2005]. A confermare questa caratteristica gli eventi della sequenza in studio si collocano praticamente tutti a profondità oltre i 20 km (fig. 1).

Lo stile tettonico della regione, come evidenziato anche per altri recenti terremoti dell'area [Selvaggi et al., 2001], è caratterizzato da un regime compressivo, tipico delle aree in subduzione; il meccanismo focale del *main shock* della

sequenza in studio, con componente dominante compressiva (fig. 1) [http://mednet.rm.ingv.it/quick_rcmt.php; http://www.bo.ingv.it/RCMT/; Pondrelli et al., 2002, 2004 e 2007], è quindi coerente con il quadro tettonico regionale.

In figura 2 sono rappresentati gli eventi al di sopra della soglia del danno con origine nell'area suddetta, presenti nel catalogo CPTI [Gruppo di lavoro CPTI, 2004]. I massimi terremoti storici riportati nei cataloghi sono il terremoto del 1438, VIII grado MCS a Parma e quello del 1547 VIII grado MCS a Reggio Emilia. Tuttavia le informazioni disponibili su questi eventi e su altri terremoti verificatisi nell'area fino ai primi decenni dell'Ottocento sono limitate e in qualche caso poco attendibili.

Per l'area prossima a quella interessata dall'evento del 23 dicembre 2008, compresa all'incirca tra il fiume Taro e il torrente Enza, la documentazione sulla sismicità è pressoché limitata agli ultimi due secoli, e caratterizzata da eventi di energia simile o inferiore, come mostra in figura 3, a titolo di esempio, la storia sismica di Langhirano. I precedenti più significativi sono il terremoto del 9 dicembre 1818 (fig. 4) che produsse danni diffusi, ma contenuti, ad Arola, Lesignano de' Bagni e Langhirano, e l'evento del

Data	Ora italiana	Lat.	Lon.	Prof. (Km)	Mag.
23/12/2008	16.18.20	44.54	10.33	25.6	3.4
23/12/2008	16.24.22	44.54	10.34	23	5.2
23/12/2008	17.51.09	44.56	10.33	21.7	3.2
23/12/2008	22.58.25	44.52	10.39	23.7	4.8
23/12/2008	23.14.03	44.56	10.31	23.5	3.0
24/12/2008	0.37.06	44.58	10.26	19.4	4.0
24/12/2008	13.22.58	44.52	10.41	23.2	3.6
25/12/2008	04.08.30	44.56	10.31	21.9	3.9
26/12/2008	02.30.28	44.53	10.43	25	3.2
26/12/2008	18.05.29	44.58	10.28	22.5	3.1
27/12/2008	14.23.31	44.53	10.38	25.3	3.0
06/01/2009	17.09.00	44.55	10.20	10.8	3.2
15/01/2009	12.08.00	44.55	10.33	24.3	3.1

Tabella 1 Tabella delle principali scosse della sequenza ($M \geq 3$). La scossa principale è indicata in grassetto.

Table 1 Table of the aftershocks ($M \geq 3$) of the seismic sequence. The main-shock is in bold.

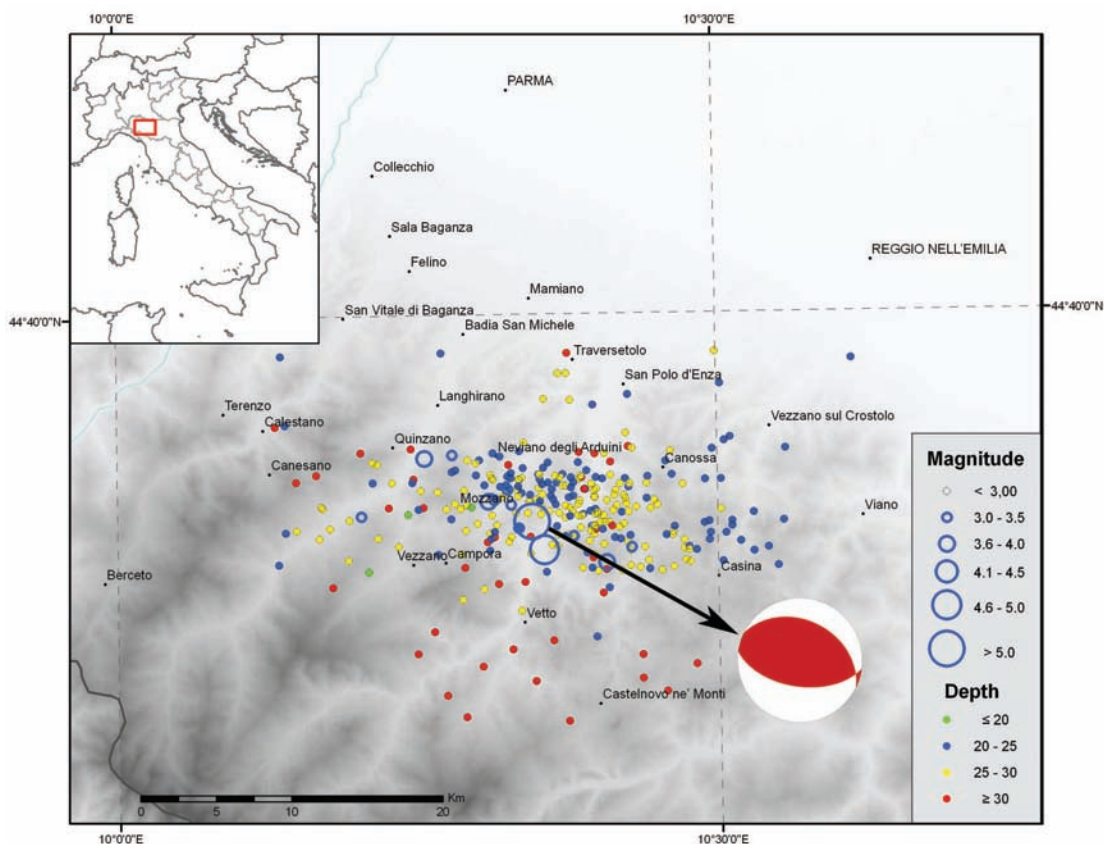


Figura 1 Localizzazioni delle scosse della sequenza sismica iniziata il 23/12/2008. Come si può notare quasi tutti gli eventi sono collocati a profondità maggiori di 20 km.

Figure 1 Hypocentral locations of the seismic sequence started on December 23, 2008. It is interesting to note that most of the shocks are located below 20 km depth.

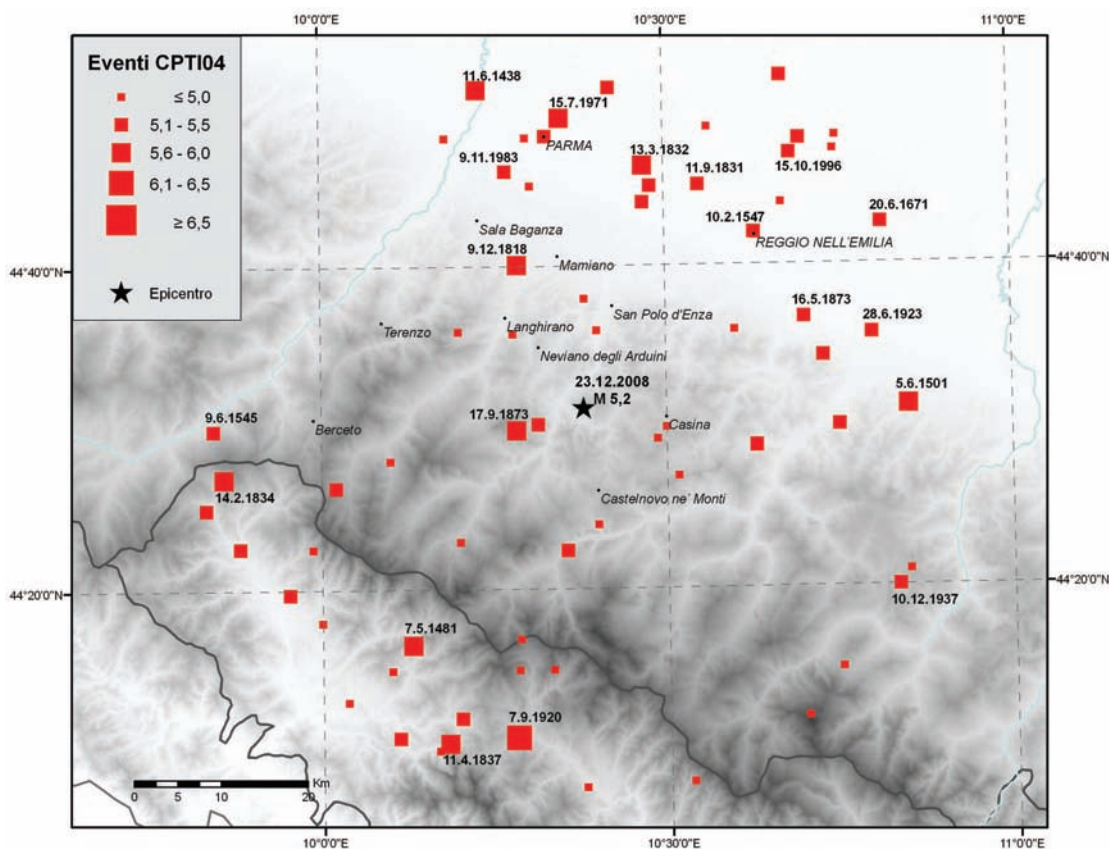


Figura 2 Sismicità storica dell'area in studio [Gruppo di lavoro CPTI, 2004].
Figure 2 Historical seismicity of the study area [Gruppo di lavoro CPTI, 2004].

17 settembre 1873. Quest'ultimo produsse danni sporadici in aree molto distanti, dalla Liguria alla Toscana, dal parmense al ferrarese, configurandosi come un evento probabilmente

profondo (fig. 4). È da notare come di questo evento non si abbiano informazioni per l'area prossima all'epicentro macrosismico. In anni più recenti, vanno ricordati i terremo-

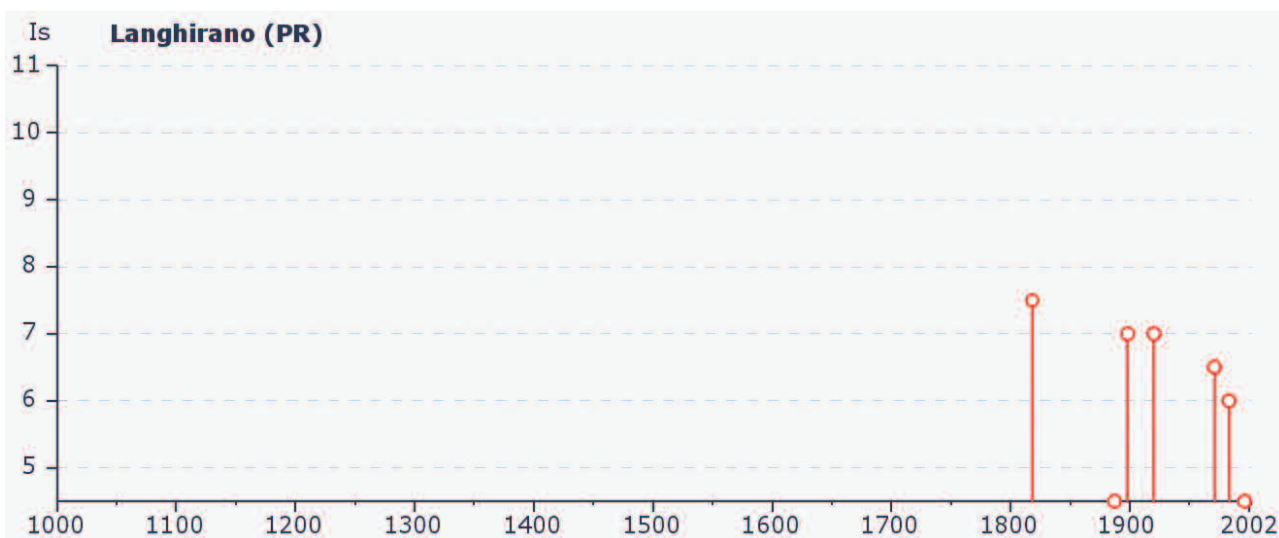


Figura 3 Storia sismica di Langhirano (PR), come documentata da DBMI04 [Stucchi et al., 2007].
Figure 3 Seismic history of Langhirano, near Parma [from DBMI04, Stucchi et al., 2007].

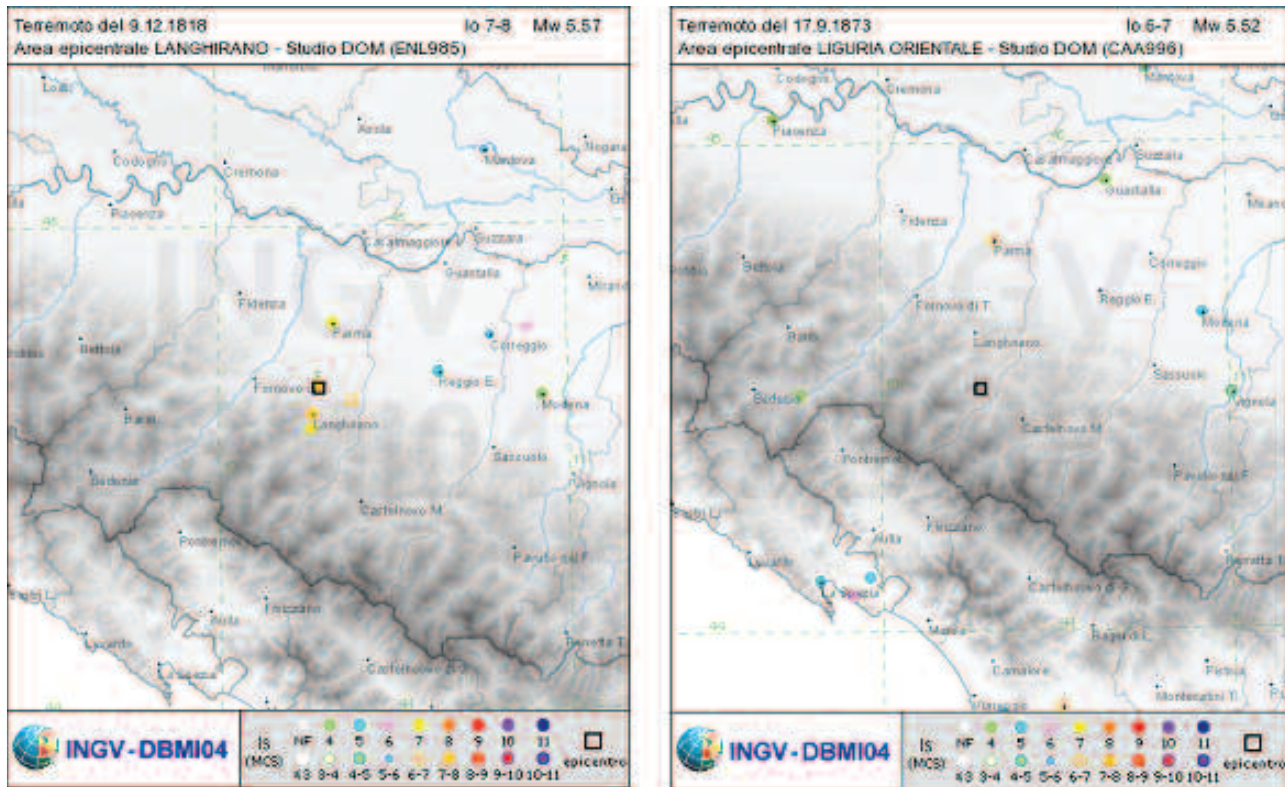


Figura 4 Mappe dei terremoti del 1818 e del 1873 [Stucchi et al., 2007].
 Figure 4 Intensity maps of the 1818 and 1873 earthquakes [Stucchi et al., 2007].

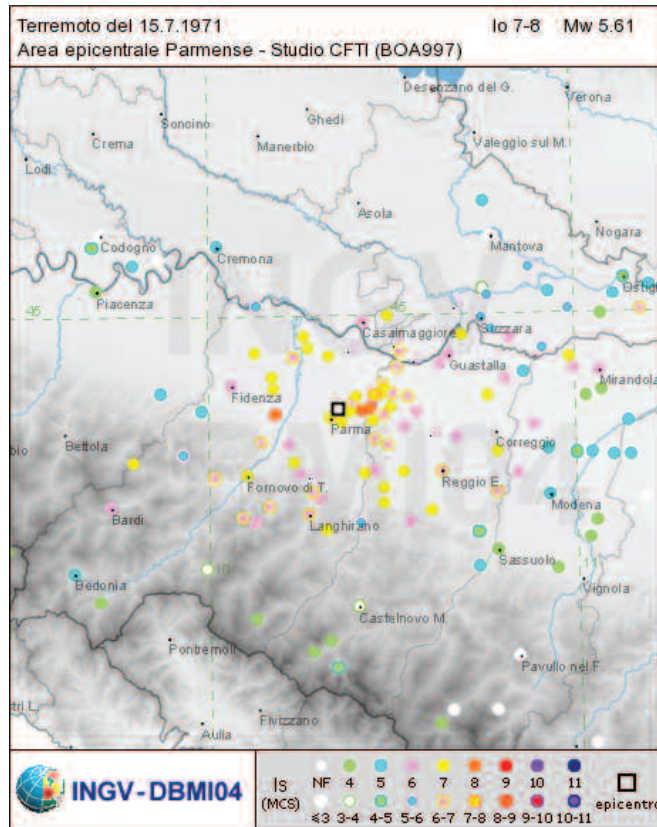


Figura 5 Mappa del terremoto del 15 luglio 1971 [Stucchi et al., 2007].
 Figure 5 Intensity map of the July 15, 1971 earthquake [Stucchi et al., 2007].

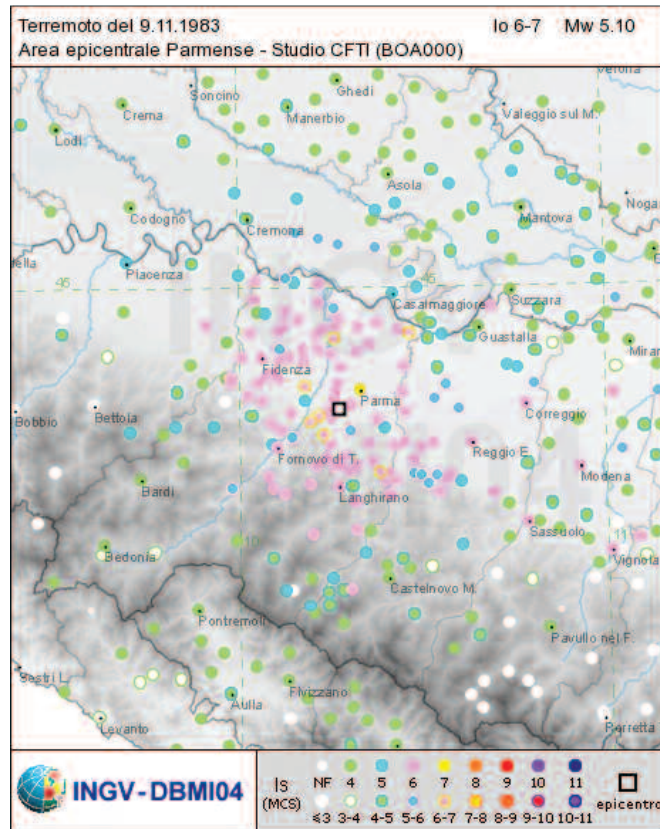


Figura 6 Mappa del terremoto del 9 novembre 1983 [Stucchi et al., 2007].

Figure 6 Intensity map of the November 9, 1983 earthquake [Stucchi et al., 2007].

ti del 15 luglio 1971 ($I_0=7-8$) (fig. 5) e del 9 novembre 1983 ($I_0=6-7$) (fig. 6), i cui effetti hanno interessato, tra le altre, anche alcune delle località colpite dall'evento in studio.

2. Rilievo macrosismico

Le sezioni INGV di Bologna e Roma si sono immediatamente attivate con due squadre di rilievo macrosismico del gruppo operativo QUEST che, in contatto con i tecnici della Regione Emilia Romagna e i funzionari del Dipartimento della Protezione Civile nazionale, hanno avviato il monitoraggio degli effetti nell'area.

Il primo intervento è stato finalizzato alla valutazione preliminare delle segnalazioni di danno pervenute da alcuni comuni dell'Appennino reggiano e parmense, mentre con successivi interventi è stato possibile ricostruire il quadro pressoché completo degli effetti nell'area epicentrale. Le informazioni raccolte attraverso rilievi diretti sono state integrate con quelle raccolte con altre tecniche di indagine, soprattutto relative al *far field*. La maggior densità di dati presenti in Lombardia, rispetto ad altre regioni, è dovuta al contributo della rete dei corrispondenti del Centro Geofisico Prealpino. Il piano quotato complessivo raccoglie

quasi 300 località. Il rapporto tecnico e i successivi aggiornamenti sono stati resi disponibili in tempo reale alla pagina web <http://www.ingv.it/real-time-monitoring/quest/quest-quick-earthquake-survey-team> dell'INGV.

Le valutazioni delle intensità, basate sugli effetti riscontrati nelle diverse località, sono state effettuate applicando la scala macrosismica Mercalli-Cancani-Sieberg [Sieberg, 1930].

La classificazione degli effetti secondo una scala macrosismica (MCS, EMS98), presuppone una valutazione complessiva dell'impatto del terremoto su un insieme di edifici sufficientemente consistente e rappresentativo, in modo che gli effetti non siano eccessivamente influenzati da situazioni anomale in termini di condizioni di sito (morfologia, instabilità o altro) o di vulnerabilità sismica. La risposta sismica di un singolo edificio, infatti, può essere influenzata in modo decisivo da condizioni particolari, che riguardano quello specifico edificio e non altri.

Per questa ragione gli effetti sull'edilizia monumentale e in particolare sulle chiese (o su certa tipologia di chiese) vanno considerati con particolare prudenza, in quanto spesso si tratta di edifici che, per vetustà e geometria, hanno un'alta vulnerabilità sismica, vale a dire una forte propensione ad essere danneggiate dai terremoti. Allo stes-

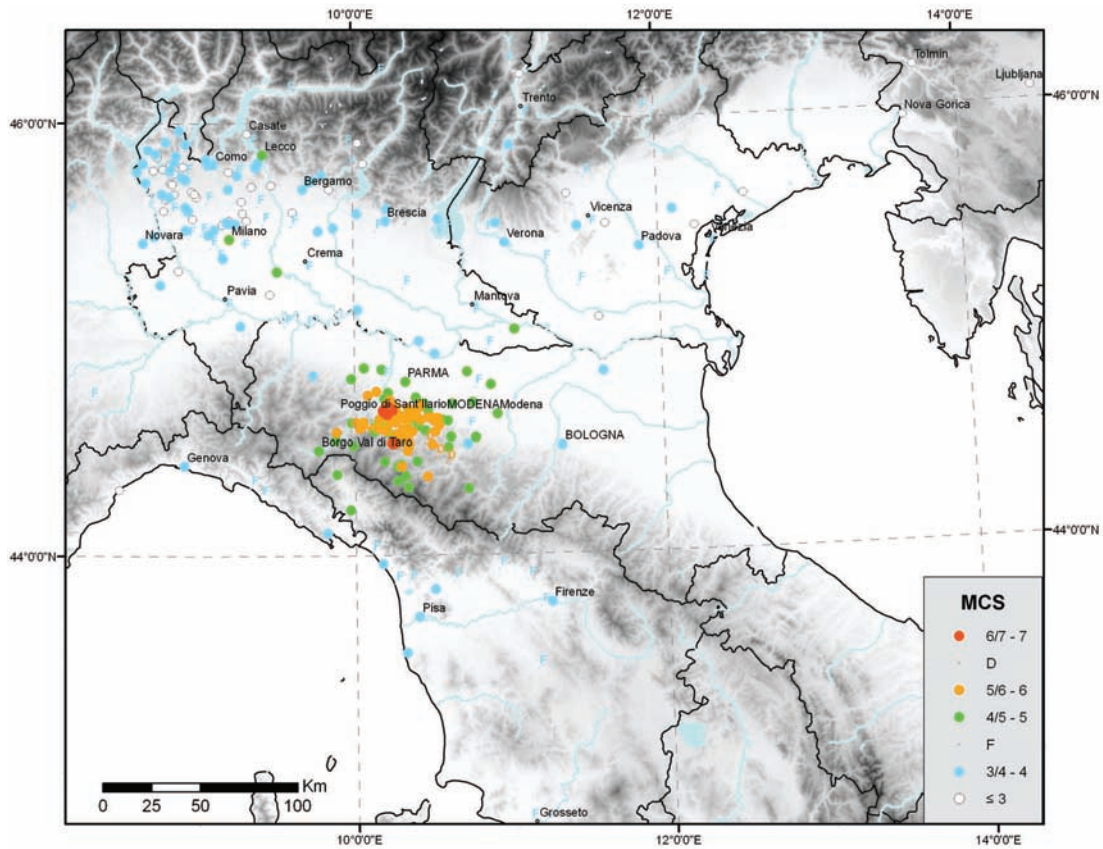


Figura 7 Piano quotato complessivo del terremoto del 23/12/2008.
 Figure 7 Intensity map of the 23/12/2008 earthquake.

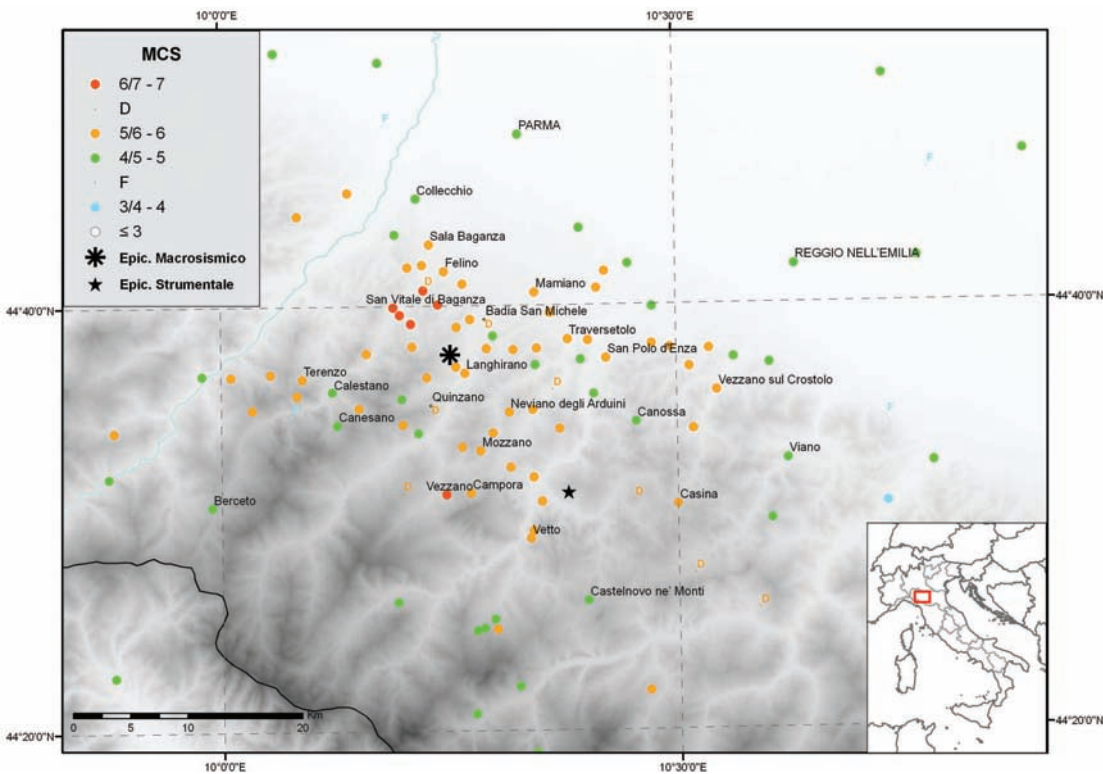


Figura 8 Distribuzione delle intensità nell'area epicentrale del terremoto del 23/12/2008. La stella nera indica l'epi-centro strumentale, mentre l'asterisco nero quello macrosismico.
 Figure 8 Intensity distribution in the epicentral area of the 23/12/2008 earthquake. Black star and black asterisk indicate instrumental and macroseismic epicentres respectively.

so modo vanno considerati con una certa cautela gli effetti prodotti su insediamenti modesti, costituiti da un numero limitato di edifici, il cui danneggiamento può essere condizionato in modo determinante da condizioni di sito o di vulnerabilità. Questo tipo di approccio è altresì valido anche per le intensità più basse, dove non si raggiunge la soglia del danno.

Le stime di intensità formulate nel presente rapporto utilizzano quindi solo marginalmente le informazioni sull'edilizia monumentale, su edifici isolati o su insediamenti di piccole dimensioni, come raccomandano tutte le scale macrosismiche, mentre i danni isolati (a singoli edifici all'interno di una località, a edifici isolati) vengono codificati con la sigla "D" (Damage), e potranno essere rivalutati dopo eventuali successivi approfondimenti. Allo stesso modo con la sigla "F" (Felt) sono indicate quelle località per le quali le notizie sul risentimento sono generiche.

2.1 La valutazione dell'intensità

Il rilievo diretto degli effetti macrosismici ha evidenziato situazioni di danneggiamento sporadico in diverse località, distribuite su un'area abbastanza ampia. Si tratta in genere di caduta di comignoli, slittamento di tegole, crepe sui muri, talvolta passanti, e fessurazioni negli intonaci. Raramente crollo di vecchie murature. Il danneggiamento è prevalentemente limitato all'edilizia monumentale (chiese, castelli, palazzi comunali, ecc.) e a situazioni di generale degrado preesistente, sia sull'edilizia monumentale stessa (in particolare numerose chiese di campagna) che su quella ad uso abitativo.

Il danneggiamento più diffuso (fig. 8) è stato riscontrato in alcune località lungo le due sponde del torrente Baganza, fra i comuni di Felino, Sala Baganza (foto 1) e Calestano, alle quali è stata assegnata una intensità fra il 6 e il 7 grado MCS (tab.2). Si tratta in particolare delle frazioni San Michele de' Gatti (foto 2), Poggio Sant'Ilario (foto 3 e 4) e Sant'Ilario Baganza (foto 5 e 6), in comune di Felino, e di San Vitale di Baganza (foto 7-12), in comune di Sala Baganza. In queste località il danneggiamento risulta abbastanza diffuso, ed in qualche caso piuttosto elevato, anche se in generale relativo ad edifici in sasso della prima metà del '900, piuttosto vulnerabili. La posizione all'interno della valle fluviale può aver contribuito a generare effetti di amplificazione di sito nelle località suddette. Nella frazione di Poggio Sant'Ilario è stato danneggiato anche un condominio recente in c.a., pur senza determinare problemi strutturali (foto 4).

Nella località di Barbiano (6-7 MCS) (foto 13-15), piccolo agglomerato sparso nel comune di Felino, i danni molto gravi sulla chiesa appaiono l'esito combinato di una elevata vulnerabilità sismica e di effetti di sito, mentre quelli che interessano alcuni edifici ad uso abitativo, hanno semplicemente evidenziato il forte degrado preesistente.

L'unico centro abitato di dimensioni consistenti che presenta diversi indicatori di danneggiamento, per quanto limitato, è quello di Langhirano (foto 16 e 17), ove gli effetti visibili, generalmente fessurazioni di lieve entità, sono classificabili intorno al grado 6 della scala MCS.

Lo stesso livello di effetti, seppur su insediamenti di modeste dimensioni, è riscontrabile anche nelle località di Bannone (Traversetolo), Canova (Ramiseto) e Fragno (Calestano) frazione quest'ultima costituita da una decina di edifici, costruiti su forte pendio (foto 18). Relativamente alla località di Torrechiara (Langhirano, foto 19 e 20), che per l'elevato interesse culturale e turistico del castello è stata oggetto di particolare attenzione da parte dei media, la stima degli effetti è relativa ai due nuclei dell'abitato: grado 6 per il castello e grado fra il 5 e il 6 per la frazione sottostante. Si segnalano inoltre i casi della chiesa di Mamiano (foto 21), in comune di Traversetolo, che ha subito un crollo in una cappella laterale che risultava però in condizioni preesistenti piuttosto precarie, come evidenziato da un precedente intervento di messa in sicurezza. Analogamente, la chiesetta di Canesano (foto 22) in comune di Calestano, presenta un vistoso distacco di una cappella laterale, con abbassamento del pavimento, non indotto dal sisma ma integralmente preesistente.

Altri esempi di effetti sugli edifici sono visibili dalla foto 23 alla foto 30.

Nella tabella che segue sono riportate le stime di intensità rilevate; tali stime sono espresse al momento solo in termini di scala MCS adatta al rilievo speditivo nell'emergenza. Come accennato sopra, ove gli effetti riscontrati riguardano un singolo edificio di carattere monumentale, tale effetto è stato codificato con la semplice sigla "D".

Sono stati infine calcolati la magnitudo e l'epicentro macrosismici utilizzando l'algoritmo Boxer 3.2 [Gasperini et al., 1999] con i dati del piano quotato (vedi figura 8). L'epicentro macrosismico, 44.627N - 10.251E, risulta spostato verso NO rispetto a quello strumentale di circa 16 km, mentre la Mm, 5.1, è quasi coincidente con la Ml.

Come considerazione generale occorre ricordare che, trattandosi di un terremoto con ipocentro profondo, la distribuzione degli effetti è destinata ad essere molto irregolare, influenzata in modo rilevante da effetti di sito e da particolari condizioni di vulnerabilità sismica. Questo perché l'energia sismica si distribuisce in modo meno focalizzato che nel caso di un terremoto superficiale. Una valutazione accurata in termini macrosismici di questi effetti è particolarmente complessa e affetta da incertezze, riconoscibili dall'indeterminatezza fra due gradi della scala.

Località	Comune	Pr	SC	Lat	Lon	MCS
Poggio di Sant'Ilario	Felino	PR		44,660	10,197	7
Barbiano	Felino	PR		44,668	10,239	6/7
San Michele de Gatti	Felino	PR		44,679	10,223	6/7
San Vitale di Baganza	Sala Baganza	PR		44,666	10,190	6/7
Sant'Ilario di Baganza	Felino	PR		44,653	10,209	6/7
Vezzano	Neviano degli Arduini	PR		44,519	10,246	6/7
Antreola	Neviano degli Arduini	PR		44,556	10,264	6
Bannone	Traversetolo	PR	SS	44,661	10,362	6
Canova	Ramiseto	RE	SS	44,413	10,300	6
Castello di Torrechiara	Langhirano	PR	SS	44,656	10,274	6
Cella di Palmia	Terenzo	PR		44,630	10,160	6
Fragno	Calestano	PR	SS	44,587	10,151	6
Langhirano	Langhirano	PR		44,614	10,268	6
Neviano degli Arduini	Neviano degli Arduini	PR		44,583	10,316	6
Paderna Chiesa	Vezzano sul Crostolo	RE		44,569	10,518	6
San Michele di Tiorre	Felino	PR		44,684	10,266	6
Selva Grossa	Terenzo	PR		44,612	10,011	6
Stadirano	Lesignano de' Bagni	PR		44,633	10,292	6
Terenzo	Terenzo	PR		44,610	10,089	6
Badia Cavana	Lesignano de' Bagni	PR	SB	44,594	10,269	D
Badia San Michele	Langhirano	PR	SB	44,656	10,290	D
Bebbio	Carpinetti	RE		44,428	10,588	D
Bianello (Castello)	Quattro Castella	RE	SB	44,629	10,470	D
Carpinetti	Carpinetti	RE		44,456	10,518	D
Castione de Baratti	Traversetolo	PR	SS	44,601	10,364	D
Leguigno	Casina	RE		44,514	10,452	D
Quinzano	Langhirano	PR		44,589	10,230	D
San Michelino	Felino	PR		44,681	10,224	D
Tizzano val Parma	Tizzano val Parma	PR		44,520	10,198	D
Bazzano	Neviano degli Arduini	PR		44,570	10,371	5/6
Campora	Neviano degli Arduini	PR		44,520	10,273	5/6
Casatico	Langhirano	PR		44,650	10,259	5/6
Casina	Casina	RE		44,510	10,500	5/6
Casola	Terenzo	PR		44,597	10,083	5/6
Cassio	Terenzo	PR		44,586	10,034	5/6
Castellaro	Sala Baganza	PR		44,699	10,222	5/6
Cedogno	Neviano degli Arduini	PR		44,532	10,342	5/6
Corniana	Terenzo	PR		44,614	10,054	5/6
Costa	Vetto	RE		44,49	10,341	5/6
Costa di Castrignano	Langhirano	PR		44,611	10,226	5/6
Cozzano	Langhirano	PR		44,574	10,199	5/6
Felino	Felino	PR		44,694	10,246	5/6
Lodrignano	Neviano degli Arduini	PR		44,540	10,317	5/6
Maiatico	Sala Baganza	PR		44,697	10,206	5/6
Mamiano	Traversetolo	PR	SS	44,677	10,345	5/6
Mattaletto	Langhirano	PR		44,619	10,258	5/6
Medesano	Medesano	PR		44,756	10,141	5/6
Miano	Medesano	PR		44,738	10,085	5/6
Montecavolo	Quattro Castella	RE		44,632	10,536	5/6
Montechiarugolo	Montechiarugolo	PR		44,693	10,422	5/6
Mozzano	Neviano degli Arduini	PR		44,553	10,284	5/6
Piagnolo	Vetto	RE		44,513	10,351	5/6
Provazzano	Neviano degli Arduini	PR		44,585	10,342	5/6
Quattro Castella	Quattro Castella	RE		44,636	10,473	5/6
Rivalta	Lesignano de' Bagni	PR		44,632	10,321	5/6

Località	Comune	Pr	SC	Lat	Lon	MCS
Roncolo	Quattro Castella	RE		44,633	10,493	5/6
Sala Baganza	Sala Baganza	PR		44,715	10,230	5/6
Salvarano	Quattro Castella	RE		44,618	10,514	5/6
San Polo d'Enza	San Polo d'Enza	RE		44,625	10,423	5/6
Sivizzano	Traversetolo	PR		44,633	10,347	5/6
Tordenaso	Langhirano	PR		44,635	10,210	5/6
Torrechiara	Langhirano	PR	SS	44,656	10,274	5/6
Tortiano	Montechiarugolo	PR		44,680	10,413	5/6
Traversetolo	Traversetolo	PR		44,640	10,381	5/6
Urzano	Neviano degli Arduini	PR		44,567	10,298	5/6
Valmozzola (Mormorola)	Valmozzola	PR	MS	44,569	9,882	5/6
Vetto	Vetto	RE		44,484	10,338	5/6
Vezzano sul Crostolo	Vezzano sul Crostolo	RE		44,599	10,544	5/6
Vignale	Traversetolo	PR		44,639	10,403	5/6
Villa Minozzo	Villa Minozzo	RE		44,364	10,467	5/6
Albinea	Albinea	RE		44,620	10,602	5
Antesica	Langhirano	PR		44,567	10,216	5
Aulla	Aulla	MS		44,213	9,968	5
Baiso	Baiso	RE		44,498	10,603	5
Bibbiano	Bibbiano	RE		44,665	10,474	5
Bora	Ramiseto	RE		44,414	10,286	5
Borgo Val di Taro	Borgo Val di Taro	PR		44,488	9,767	5
Busana	Busana	RE		44,368	10,324	5
Calestano	Calestano	PR		44,600	10,122	5
Canesano	Calestano	PR	SS	44,574	10,127	5
Canossa	Canossa	RE		44,575	10,455	5
Castelnovo ne' Monti	Castelnovo ne' Monti	RE		44,435	10,400	5
Ciano d'Enza	Canossa	RE		44,597	10,409	5
Collagna	Collagna	RE		44,347	10,276	5
Gazzata	San Martino in Rio	RE		44,702	10,766	5
Guardasone	Traversetolo	PR		44,624	10,395	5
Lesignano de' Bagni	Lesignano de' Bagni	PR		44,643	10,299	5
Ligonchio	Ligonchio	RE		44,316	10,342	5
Montecchio Emilia	Montecchio Emilia	RE		44,699	10,448	5
Monticelli Terme	Montechiarugolo	PR		44,727	10,395	5
Nigone	Ramiseto	RE		44,421	10,298	5
Palanzano	Palanzano	PR		44,435	10,192	5
PARMA	Parma	PR		44,801	10,329	5
Pontremoli	Pontremoli	MS		44,377	9,882	5
Puianello	Quattro Castella	RE		44,625	10,563	5
Ramiseto	Ramiseto	RE		44,412	10,278	5
REGGIO NELL'EMILIA	Reggio nell'Emilia	RE		44,697	10,631	5
Riano	Langhirano	PR		44,594	10,198	5
Talignano	Sala Baganza	PR		44,723	10,192	5
Torre	Traversetolo	PR		44,620	10,345	5
Viano	Viano	RE		44,545	10,621	5
Berceto	Berceto	PR		44,510	9,989	4/5
Carpi	Carpi	MO		44,784	10,885	4/5
Collecchio	Collecchio	PR		44,751	10,216	4/5
Fidenza	Fidenza	PR		44,866	10,061	4/5
Fontevivo	Fontevivo	PR		44,858	10,176	4/5
Lama Mocogno (Lama)	Lama Mocogno	MO	MS	44,308	10,731	4/5
Lecco	Lecco	LC		45,856	9,408	4/5
Lodi	Lodi	LO		45,314	9,501	4/5
Milano	Milano	MI		45,464	9,190	4/5

Località	Comune	Pr	SC	Lat	Lon	MCS
MODENA	Modena	MO		44,647	10,925	4/5
Novellara	Novellara	RE		44,845	10,731	4/5
Quingentole	Quingentole	MN		45,038	11,046	4/5
Roccamurata	Valmozzola	PR		44,533	9,876	4/5
Salsomaggiore Terme	Salsomaggiore Terme	PR		44,816	9,979	4/5
Sassuolo	Sassuolo	MO		44,541	10,781	4/5
Solignano	Solignano	PR		44,613	9,979	4/5
Azzate	Azzate	VA		45,780	8,796	4
Bergamo	Bergamo	BG		45,694	9,670	4
BOLOGNA	Bologna	BO		44,498	11,340	4
Brescia	Brescia	BS		45,544	10,214	4
Bresso	Bresso	MI		45,536	9,190	4
Broni	Broni	PV		45,063	9,260	4
Caravate	Caravate	VA		45,877	8,650	4
Casalmaggiore	Casalmaggiore	CR		44,988	10,421	4
Como	Como	CO		45,810	9,084	4
Covo		BG		45,500	9,771	4
Cremona	Cremona	CR		45,136	10,024	4
Ferrara	Ferrara	FE		44,836	11,618	4
Firenze	Firenze	FI		43,777	11,249	4
Forte dei Marmi	Forte dei Marmi	LU		43,963	10,172	4
Galliate	Galliate	NO		45,477	8,696	4
Genova	Genova	GE		44,419	8,898	4
Imberido	Imberido	LC		45,795	9,362	4
Induno Olona	Induno Olona	VA		45,850	8,838	4
La Spezia	La Spezia	SP		44,105	9,819	4
Legnano	Legnano	MI		45,594	8,918	4
Lucca	Lucca	LU		43,843	10,505	4
Mariano Comense	Mariano Comense	CO		45,696	9,180	4
Negrar	Negrar	VR		45,530	10,939	4
Novara	Novara	NO		45,446	8,623	4
Padova	Padova	PD		45,407	11,876	4
Pero	Pero	MI		45,508	9,089	4
Pisa	Pisa	PI		43,716	10,401	4
Rancio Valcuvia	Rancio Valcuvia	VA		45,915	8,771	4
Ranica	Ranica	BG		45,727	9,715	4
Rovereto	Rovereto	TN		45,888	11,037	4
San Fermo della Battaglia	San Fermo della Battaglia	CO		45,808	9,046	4
Sesto Calende	Sesto Calende	VA		45,726	8,638	4
Sesto San Giovanni	Sesto San Giovanni	MI		45,534	9,230	4
Settimo Milanese	Settimo Milanese	MI		45,484	9,052	4
Urago d'Oglio	Urago d'Oglio	BS		45,514	9,869	4
Varese	Varese	VA		45,818	8,825	4
Verona	Verona	VR		45,438	10,994	4
Viadana	Viadana	MN		44,929	10,522	4
Albino	Albino	BG		45,759	9,796	3/4
Altavilla Vicentina	Altavilla Vicentina	VI		45,508	11,470	3/4
Alzano Lombardo	Alzano Lombardo	BG		45,734	9,730	3/4
Angera	Angera	VA		45,775	8,582	3/4
Casorate Sempione	Casorate Sempione	VA		45,673	8,744	3/4
Castellanza	Castellanza	VA		45,612	8,899	3/4
Castellarano	Castellarano	RE		44,510	10,730	3/4
Castiglione Olona	Castiglione Olona	VA		45,752	8,872	3/4
Cazzago San Martino	Cazzago San Martino	BS		45,580	10,026	3/4
Chiasso	Chiasso	SVI		45,835	9,036	3/4

Località	Comune	Pr	SC	Lat	Lon	MCS
Cocquio Trevisago	Cocquio Trevisago	VA		45,859	8,700	3/4
Concesio	Concesio	BS		45,601	10,220	3/4
Cormano	Cormano	MI		45,543	9,171	3/4
Galbiate	Galbiate	LC		45,817	9,375	3/4
Gallarate	Gallarate	VA		45,659	8,793	3/4
Gropparello	Gropparello	PC		44,832	9,730	3/4
Ispra	Ispra	VA		45,816	8,617	3/4
Lambrugo	Lambrugo	CO		45,759	9,241	3/4
Lavena Ponte Tresa	Lavena Ponte Tresa	VA		45,967	8,857	3/4
Livorno	Livorno	LI		43,550	10,321	3/4
Manerba del Garda	Manerba del Garda	BS		45,550	10,557	3/4
Mortara	Mortara	PV		45,252	8,737	3/4
Ossona	Ossona	MI		45,506	8,902	3/4
Porto Ceresio	Porto Ceresio	VA		45,904	8,898	3/4
Rozzano	Rozzano	MI		45,376	9,146	3/4
Scorzè	Scorzè	VE		45,572	12,100	3/4
Venegono Inferiore	Venegono Inferiore	VA		45,738	8,901	3/4
Assago	Assago	MI		45,405	9,130	F
Bareggio	Bareggio	MI		45,483	9,000	F
Bolzano	Bolzano	BZ		46,497	11,354	F
Bondeno	Gonzaga	MN		44,945	10,857	F
Busto Arsizio	Busto Arsizio	VA		45,613	8,847	F
Cambiago	Cambiago	MI		45,573	9,426	F
Campodенno	Campodенno	TN		46,257	11,035	F
Canelli	Canelli	AT		44,718	8,287	F
Casalgrande	Casalgrande	RE		44,576	10,730	F
Castel Mella	Castel Mella	BS		45,496	10,143	F
Cesano Boscone	Cesano Boscone	MI		45,446	9,094	F
Chiavari	Chiavari	GE		44,317	9,322	F
Chioggia	Chioggia	VE		45,219	12,279	F
Clusone	Clusone	BG		45,888	9,950	F
Corbetta	Corbetta	MI		45,468	8,920	F
Correggio	Correggio	RE		44,771	10,779	F
Corsico	Corsico	MI		45,432	9,108	F
Crema	Crema	CR		45,362	9,686	F
Desenzano del Garda	Desenzano del Garda	BS		45,464	10,547	F
Endine Gaiano	Endine	BG		45,791	9,974	F
Erba	Erba	CO		45,810	9,226	F
Feltre	Feltre	BL		46,019	11,906	F
Fiesse	Fiesse	BS		45,233	10,321	F
Germignaga	Germignaga	VA		45,994	8,725	F
Gorgonzola	Gorgonzola	MI		45,531	9,404	F
Gragnano	Gragnano	LU		43,877	10,625	F
Grosseto	Grosseto	GR		42,760	11,115	F
Linate	Linate	MI		45,446	9,273	F
Magnago	Magnago	MI		45,579	8,802	F
Mandello del Lario	Mandello del Lario	LC		45,920	9,320	F
Mantova	Mantova	MN		45,152	10,775	F
Marina di Massa	Marina di Massa	MS		44,010	10,103	F
Massarosa	Massarosa	LU		43,874	10,337	F
Montagnana	Montagnana	PD		45,232	11,466	F
Morbegno	Morbegno	SO		46,137	9,570	F
Noceto	Noceto	PR		44,809	10,180	F
Pavia	Pavia	PV		45,189	9,160	F
Pescantina	Pescantina	VR		45,481	10,868	F

Località	Comune	Pr	SC	Lat	Lon	MCS
Piacenza	Piacenza	PC		45,052	9,693	F
Pistoia	Pistoia	PT		43,932	10,913	F
Poggibonsi	Poggibonsi	SI		43,470	11,146	F
Pontelongo	Pontelongo	PD		45,248	12,026	F
Prato	Prato	PO		43,880	11,096	F
Ravarano	Calestano	PR		44,581	10,077	F
Roncade	Roncade	TV		45,627	12,375	F
Ronco all'Adige	Ronco all'Adige	VR		45,338	11,242	F
Rottofreno	Rottofreno	PC		45,058	9,549	F
Saronno	Saronno	VA		45,628	9,034	F
Scandicci	Scandicci	FI		43,758	11,180	F
Segrate	Segrate	MI		45,496	9,295	F
Sestri Levante	Sestri Levante	GE		44,270	9,394	F
Sirmione	Sirmione	BS		45,489	10,609	F
Tirano	Tirano	SO		46,216	10,169	F
Torino	Torino	TO		45,070	7,674	F
Trento	Trento	TN		46,064	11,124	F
Treviglio	Treviglio	BG		45,521	9,593	F
Trezzano sul Naviglio	Trezzano sul Naviglio	MI		45,423	9,064	F
Valdengo	Valdengo	BI		45,574	8,133	F
Venegono Superiore	Venegono Superiore	VA		45,754	8,898	F
Venezia	Venezia	VE		45,438	12,335	F
Viareggio	Viareggio	LU		43,870	10,248	F
Vicenza	Vicenza	VI		45,549	11,549	F
Vimercate	Vimercate	MI		45,614	9,370	F
Zugliano	Zugliano	VI		45,734	11,521	F
Albizzate	Albizzate	VA		45,725	8,802	3
Bobbiate	Bobbiate	VA		45,811	8,799	3
Bodio	Bodio	VA		45,789	8,752	3
Brugherio	Brugherio	MI		45,550	9,301	3
Carbonate	Carbonate	CO		45,684	8,939	3
Cardano al Campo	Cardano al Campo	VA		45,649	8,773	3
Casate	Casate	LC		45,952	9,305	3
Cassano Magnago	Cassano Magnago	VA		45,672	8,826	3
Castione della Presolana	Castione della Presolana	BG		45,908	10,036	3
Ciserano	Ciserano	BG		45,588	9,602	3
Cislago	Cislago	VA		45,659	8,971	3
Cusano Milanino	Cusano Milanino	MI		45,551	9,185	3
Gavardo	Gavardo	BS		45,583	10,439	3
Gavirate	Gavirate	VA		45,845	8,713	3
Graffignana	Graffignana	LO		45,209	9,452	3
Grumolo delle Abbadesse	Grumolo delle Abbadesse	VI		45,516	11,659	3
Lendinara	Lendinara	RO		45,084	11,598	3
Lonate Pozzolo	Lonate Pozzolo	VA		45,596	8,756	3
Lovere	Lovere	BG		45,812	10,070	3
Macherio	Macherio	MI		45,640	9,268	3
Malnate	Malnate	VA		45,799	8,882	3
Malo	Malo	VI		45,657	11,405	3
Mestre	Mestre	VE		45,493	12,242	3
Mezzocorona	Mezzocorona	TN		46,215	11,121	3
Monza	Monza	MI		45,584	9,274	3
Morazzone	Morazzone	VA		45,768	8,831	3
Mozzate San Martino	Mozzate San Martino	CO		45,674	8,958	3
Novate Milanese	Novate Milanese	MI		45,531	9,141	3
Orsenigo	Orsenigo	CO		45,776	9,182	3

Località	Comune	Pr	SC	Lat	Lon	MCS
Parabiago	Parabiago	MI		45,558	8,948	3
Pozza di Fassa	Pozza di Fassa	TN		46,429	11,689	3
San Donà di Piave	San Donà di Piave	VE		45,633	12,572	3
Savona	Savona	SV		44,307	8,480	3
Solbiate Arno	Solbiate Arno	VA		45,719	8,813	3
Ternate	Ternate	VA		45,783	8,690	3
Trescore Balneario	Trescore Balneario	BG		45,693	9,843	3
Vigevano	Vigevano	PV		45,317	8,856	3
Villa d'Adda	Villa d'Adda	BG		45,713	9,464	3
Appiano Gentile	Appiano Gentile	CO		45,734	8,980	2/3
Arteselle	Arteselle	PD		45,182	11,774	2/3
Nago-Torbole	Nago-Torbole	TN		45,870	10,877	2/3
Ljubljana	Slovenia	SLO		46,058	14,503	2
Missaglia	Missaglia	LC		45,708	9,336	2
Nova Gorica	Slovenia	SLO		45,956	13,649	2
Tolmin	Slovenia	SLO		46,187	13,731	2

Tabella 2 Stima degli effetti del terremoto del 23 dicembre 2008.

LEGENDA: SC= Special case (SB= Single Building; SS: Small Settlement). F= avvertimento generico; D= danno isolato.

Table 2 List of localities and related MCS intensity of the December 23, 2008 earthquake. LEGENDA: SC= Special case (SB= Single Building; SS: Small Settlement). F= Felt; D= single damage.

Ringraziamenti

Si ringraziano i tecnici del nucleo di valutazione della Regione Emilia Romagna, della Protezione Civile regionale e del Dipartimento nazionale della Protezione Civile. Un grazie per la disponibilità mostrata nell'agevolare il rilievo dei danni durante la campagna macrosismica va anche ai comuni dell'area colpita, nelle persone degli amministratori e degli appartenenti alle polizie municipali. Ringraziamo inoltre la D.ssa Ina Cecic del Servizio Sismologico Sloveno per i dati relativi alla Slovenia e Paolo Valisa del Centro Geofisico Prealpino di Varese per averci fornito numerose informazioni sugli effetti del terremoto in Lombardia.

Bibliografia

- Gasparini P., Bernardini F., Valensise G., Boschi E., (1999). *Defining seismogenic sources from historical earthquake felt reports*, Bull. Seism. Soc. Am., 89, 94-110.
- Gruppo di lavoro CPTI, (2004). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/> ultimo accesso febbraio 2009.
- Mele G. and Sandvol E., (2003). *Deep crustal roots beneath the northern Apennines inferred from teleseismic receiver functions*. Earth Plan. Sc. Lett. 211 69-78.
- Mele F.M., Marocci C., and Moro R., (2007). *ISIDe, Italian Seismic Instrumental and parametric Data base*. <http://ISIDe.rm.ingv.it/> ultimo accesso febbraio 2009.
- Meloni F., Molin D. e Rossi A., (1990). *Indagine macrosismica sui terremoti 'profondi' del 27 ottobre 1914 e 25 ottobre 1972*. Atti del 7° Convegno CNR-GNGTS (1988), 221-236. Roma.
- Piccinini D., Chiarabba C., Augliera Pand Monghidoro Earthquake Group (M.E.G.), (2006). *Compression along the northern Apennines? Evidence from the Mw 5.3 Monghidoro earthquake*. Terra Nova, 18, 89-94.
- Pondrelli S., Morelli A., Ekström G., Mazza S., Boschi E., and Dziewonski A., (2002). *European-Mediterranean regional centroid-moment tensors: 1997-2000*, Phys. Earth Planet. Int., 130, 71-101.
- Pondrelli S., Morelli A., and Ekström G., (2004). *European-Mediterranean Regional Centroid Moment Tensor catalog: solutions for years 2001 and 2002*, Phys. Earth Planet. Int., 145, 1-4, 127-147.
- Pondrelli S., Morelli A., Ekström G., and Boschi E., (2007). *European-Mediterranean Regional Centroid Moment Tensor catalog: solutions for years 2003 and 2004*, Phys. Earth Planet. Int., 164, 1-2, 90-112.
- Scrocca D., Carminati, E. and Doglioni, C., (2005). *Deep structures of the Southern Apennines, Italy: thin skinned or thick skinned?* Tectonics, 24, TC3005, doi:10.1029/2004tc001634.
- Selvaggi G., Ferulano F., Di Bona M., Frepoli A., Azzara R., Basili A., Chiarabba C., Ciaccio M. G., Di Luccio F., Lucente F. P., Margheriti L. and Nostro C., (2001). *The Mw 5.4 Reggio Emilia 1996 earthquake: active com-*

pressional tectonics in the Po Plain, Italy, Geophys. J. Int. 144, 1, 1-13, DOI 10.1046/j.0956-540X.2000.01255.x

Sieberg A., (1930). *Geologie der Erdbeben*. Handbuch der Geophysic. Berlin.

Stucchi et alii., (2007). *DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04*. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/> Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

appendice fotografica



Foto 1 Sala Baganza: scivolamento di tegole.
Photo 1 Sala Baganza: Sliding of tiles.



Foto 2 San Michele de' Gatti (Felino): lesioni interne.
Photo 2 San Michele de' Gatti (Felino): Cracks in internal walls.



Foto 3 Poggio Sant'Ilario (Felino): lesioni a X sulla facciata di un'abitazione in muratura.
Photo 3 Poggio Sant'Ilario (Felino): X cracks on a masonry building.



Foto 4 Poggio S. Ilario (Felino): lesioni fra pilastro e tamponatura in un edificio in c.a..
Photo 4 Poggio Sant'Ilario (Felino): cracks between column and infill wall in a reinforced concrete building.

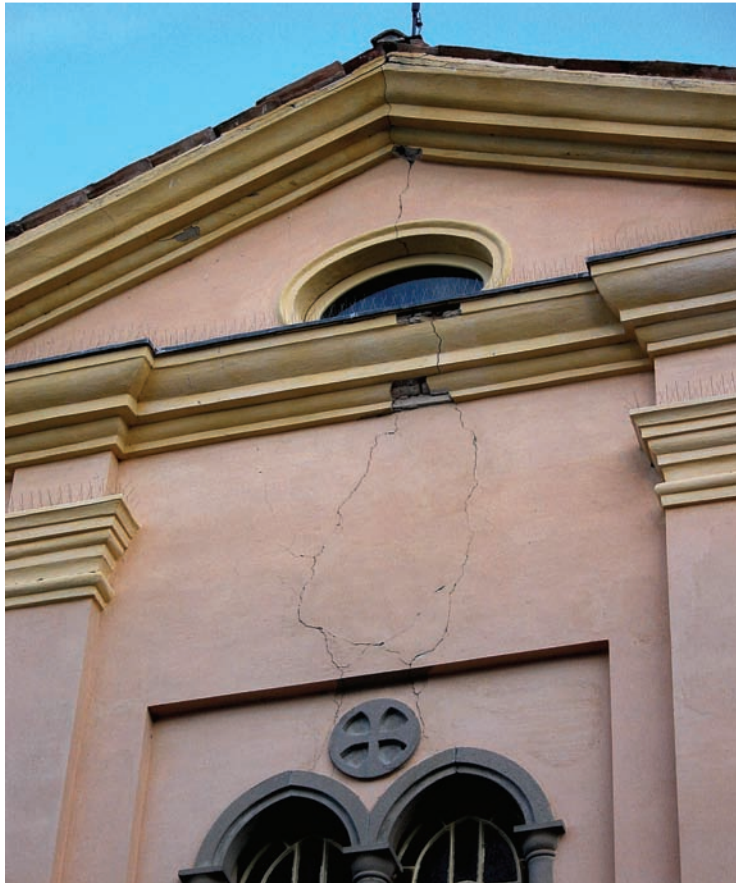


Foto 5 Sant'Ilario Baganza (Felino), chiesa: lesioni sulla facciata.
Photo 5 Sant'Ilario Baganza (Felino), church: cracks on the façade.



Foto 6 Sant'Ilario Baganza (Felino): Lesioni sulla facciata di edificio in muratura e scivolamento di tegole.
Photo 6 Sant'Ilario Baganza (Felino): cracks on the façade of a masonry building with sliding of tiles.



Foto 7 San Vitale di Baganza (Sala B.): caduta e spostamento di pietre nella parte sommitale di una ciminiera.
Photo 7 San Vitale di Baganza (Sala B.): fall and rotation of stones on the top of the chimney.



Foto 8 San Vitale di Baganza (Sala B.): chiesa con lesioni passanti.
Photo 8 San Vitale di Baganza (Sala B.): large cracks in the Church wall.



Foto 9 San Vitale di Baganza (Sala B.): chiesa, lesioni passanti parte sommitale esterna dell'abside.
Photo 9 San Vitale di Baganza (Sala B.): Church, large cracks in the upper part of the apse.



Foto 10 San Vitale di Baganza (Sala B.): edificio privato, lesioni diffuse, distacco di intonaco.
Photo 10 San Vitale di Baganza (Sala B.): extensive cracks with fall of plaster in private building.



Foto 11 San Vitale di Baganza (Sala B.): edificio privato, lesioni diffuse, distacco di intonaco.
Photo 11 San Vitale di Baganza (Sala B.): extensive cracks with fall of plaster in private building.



Foto 12 San Vitale di Baganza (Sala B.): slittamento e parziale rotazione del capitello di una colonna in un muro di recinzione.
Photo 12 San Vitale di Baganza (Sala B.): sliding and partial rotation of the capital of a wall.



Foto 13 Barbiano (Felino): crollo parziale in un edificio rurale in precarie condizioni.
Photo 13 Barbiano (Felino): partial collapse in a badly maintained rural building.



Foto 14 Barbiano (Felino): crollo parziale in un edificio rurale in precarie condizioni.
Photo 14 Barbiano (Felino): partial collapse in a badly maintained rural building.



Foto 15 Barbiano (Felino): danni alla torre campanaria, con crollo parziale.
Photo 15 Barbiano (Felino): damage at the tower-bell, with fall of part of the external wall.



Foto 16 Langhirano: camini danneggiati e pericolanti.
Photo 16 Langhirano: damaged chimneys.



Foto 17 Langhirano: esempio di lesione passante in edificio in muratura.
Photo 17 Langhirano: example of serious crack in a masonry building.



Foto 18 Fragno (Calestano): Lesioni a un edificio in muratura.
Photo 18 Fragno (Calestano): cracks in a poor masonry building.



Foto 19 Castello di Torrechiara (Langhirano): caduta di camini in un edificio del borgo.
Photo 19 Castello di Torrechiara (Langhirano): collapse of chimney of a building in the village.

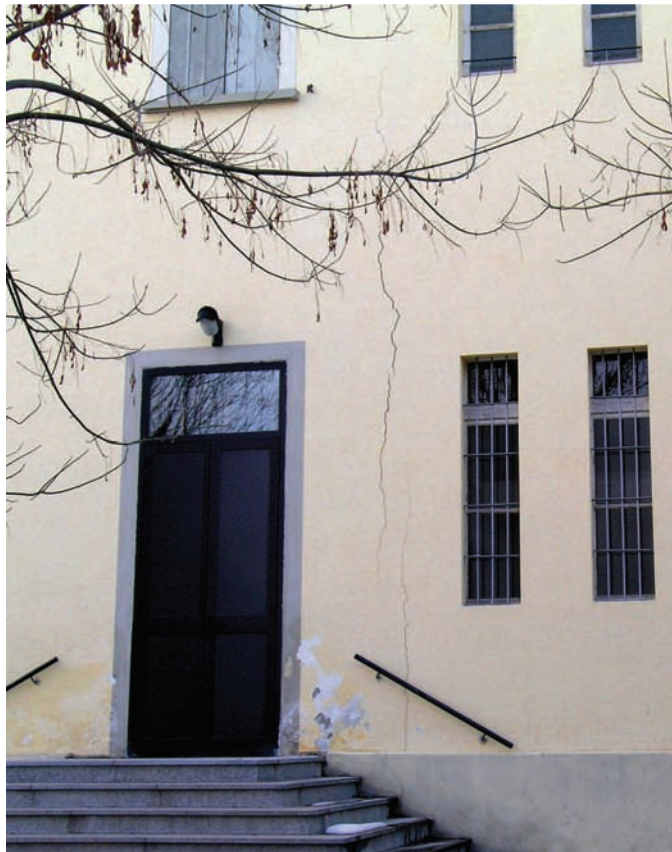


Foto 20 Torrechiara (Langhirano): scuola materna, lesione passante nella parete est (edificio dichiarato inagibile).
Photo 20 Torrechiara (Langhirano, large crack in the eastern side of the nursery school (unfit building declaration).



Foto 21 Mamiano (Traversetolo): chiesa inagibile per crollo della volta in una cappella laterale.
Photo 21 Mamiano (Traversetolo): partial collapse of the vault in a lateral chapel.



Foto 22 Canesano (Calestano): lesioni nella navata laterale della chiesa.
Photo 22 Canesano (Calestano): cracks in the Church aisle.



Foto 23 Leguigno (Casina): lesioni diffuse all'interno della chiesa.
Photo 23 Leguigno (Casina): extensive cracks in the church.



Foto 24 Montechiarugolo: lesioni alla chiesa.
Photo 24 Montechiarugolo: cracks in the church.



Foto 25 Neviano degli Arduini: rottura di camino.
Photo 25 Neviano degli Arduini: failure of a chimney.



Foto 26 Paderna Chiesa (Vezzano sul C.): crollo parziale in edificio rurale fatiscente.
Photo 26 Paderna Chiesa (Vezzano sul C.): partial collapse of a rural poor building.



Foto 27 Quattro Castella: chiesa, parziale distacco e pericolo di crollo della parte sommitale della torre campanaria.
Photo 27 Quattro Castella: church, partial detachment of the top of the bell tower.



Foto 28 Terenzo: lesioni in edificio in muratura nel centro del paese.
Photo 28 Terenzo: cracks in a masonry building in downtown.



Foto 29 Vezzano (Neviano degli Arduini); chiesa, rottura della parte sommitale della torre campanaria.
Photo 29 Vezzano (Neviano degli Arduini); failure of the top of the pinnacle in the parish church.



Foto 30 Vezzano (Neviano degli Arduini); lesione passante.
Photo 27 Vezzano (Neviano degli Arduini); large crack in the wall.

Indice

Introduzione	4
1. Cenni sulla sismicità storica	4
2. Rilievo macrosismico	8
2.1 La valutazione dell'intensità	10
Ringraziamenti	16
Bibliografia	16
Appendice fotografica	19

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2008 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