



GRUPPO OPERATIVO QUEST

**RILIEVO MACROSISMICO DEL TERREMOTO
DELL'APPENNINO TOSCO-ROMAGNOLO ($M_w=4.9$) DEL
18 SETTEMBRE 2023 - ore 5:10 locali**

RAPPORTO FINALE DEL 2 OTTOBRE 2023

A cura di **Bernardini Filippo** e **Emanuela Ercolani** (INGV Bologna)

Coordinamento: **Filippo Bernardini** e **Emanuela Ercolani** (INGV Bologna)

Rilievo sul campo: **Letizia Anderlini**, **Filippo Bernardini**, **Alessandra Borghi**, **Emanuela Ercolani**, **Licia Faenza** (INGV, Bologna)

Supporto da remoto: **Viviana Castelli** (INGV, Bologna/Ancona), **Vera D'Amico** (INGV Pisa), **Romano Camassi** (INGV Bologna)

1. Introduzione

Alle ore 5:10 locali (le 3:10 UTC) del 18 settembre 2023 è stato registrato un terremoto di magnitudo **M_w 4.9** nell'**Appennino tosco-romagnolo** al confine tra la Provincia di Firenze e quella di Forlì-Cesena. La rete sismica nazionale dell'INGV ne ha localizzato l'epicentro nel punto di coordinate Lat 44.050 N, Lon 11.590 E, situato circa 4 km a sud-ovest di Marradi (FI), una cinquantina di km a sud-sud-est di Bologna e una quarantina di km a nord-est di Firenze. La profondità ipocentrale è di circa 8 km (<https://terremoti.ingv.it/event/36163811>)

Nell'Alto Mugello e nell'Appennino faentino e forlivese la scossa è stata avvertita fortemente anche da chi si trovava all'aperto o in auto, con sensibile rombo e molto panico tra la popolazione che in molti casi ha lasciato le case. L'intenso scuotimento negli interni delle case ha causato la caduta di oggetti anche ai piani bassi, apertura di ante e sportelli, movimento visibile di porte e di mobili, che in alcuni casi si sono spostati.

Fin dalle prime ore dopo il terremoto i media digitali e televisivi e gli organi di stampa hanno cominciato a segnalare danni concentrati soprattutto in alcune località della Provincia di Forlì-Cesena e nel territorio del Comune di Marradi (FI). Per questa ragione il gruppo operativo QUEST si è attivato inviando nell'area interessata due squadre di ricercatori della Sezione di Bologna



dell'INGV per verificare gli effetti prodotti dal terremoto sul territorio.

L'evento è stato preceduto alle ore 4:38 locali da una scossa di Mw 3.4 ed è stato seguito da centinaia di repliche. Alla data del presente rapporto la sequenza è tutt'ora in corso.

Complessivamente sono state registrate e localizzate dalla rete sismica nazionale oltre 550 scosse, di cui 60 con $ML \geq 2.0$. Gli eventi con $ML \geq 3.0$ a tutt'oggi sono solo 8, incluso quello principale. (Fig. 1 e Tabella 1).

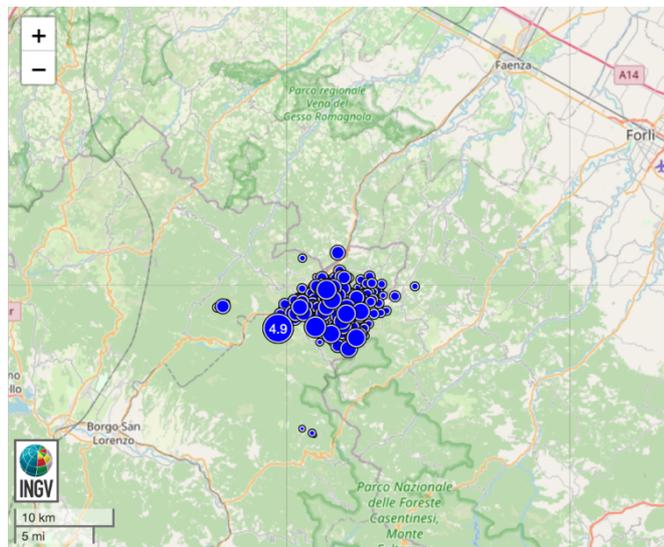


Fig 1a. Mappa degli epicentri degli eventi (di tutte le magnitudo) della sequenza sismica fino alla data del presente report (dati da sala sismica INGV: <https://terremoti.ingv.it/>).

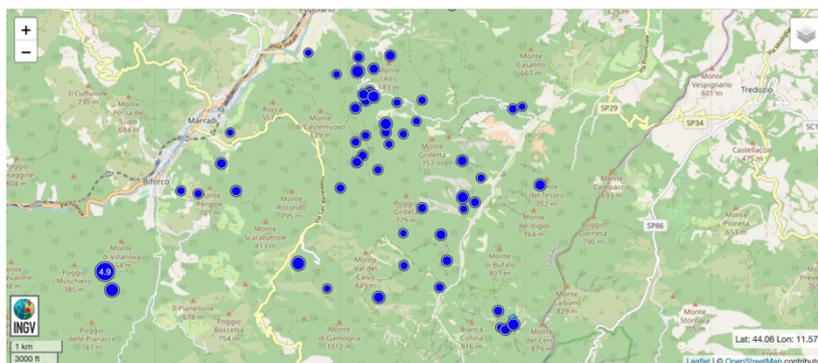


Fig 1b. Zoom sull'area interessata dalla sequenza sismica con gli epicentri dei terremoti (60) con $M \geq 2.0$ registrati fino alla data del presente report (dati da sala sismica INGV: <https://terremoti.ingv.it/>).



Tabella 1. Elenco delle principali scosse ($M \geq 3.0$) della sequenza registrate fino alla data del presente rapporto (dati da sala sismica INGV: <https://terremoti.ingv.it/>).

| Data e Ora (Italia) 📅🕒 | Magnitudo 📏 | Zona 📍 | Profondità 📏 | Latitudine | Longitudine |
|------------------------|-------------|-----------------------|--------------|------------|-------------|
| 2023-09-20 01:02:15 | ML 3.0 | 3 km E Marradi (FI) | 7 | 44.08 | 11.65 |
| 2023-09-20 00:50:11 | ML 3.2 | 3 km E Marradi (FI) | 7 | 44.08 | 11.65 |
| 2023-09-19 05:40:46 | ML 3.0 | 5 km E Marradi (FI) | 8 | 44.06 | 11.67 |
| 2023-09-18 09:35:48 | ML 3.0 | 3 km E Marradi (FI) | 8 | 44.08 | 11.66 |
| 2023-09-18 06:56:22 | ML 3.0 | 6 km SW Tredozio (FC) | 7 | 44.04 | 11.69 |
| 2023-09-18 05:11:39 | ML 3.4 | 3 km SE Marradi (FI) | 7 | 44.05 | 11.63 |
| 2023-09-18 05:10:14 | Mw 4.9 | 4 km SW Marradi (FI) | 8 | 44.05 | 11.59 |
| 2023-09-18 04:38:03 | Mw 3.4 | 4 km SW Marradi (FI) | 9 | 44.05 | 11.59 |

2. Cenni sulla pericolosità sismica e sulla sismicità storica dell'area

L'area interessata dall'evento è caratterizzata da una pericolosità sismica elevata (Fig. 2) e da un'attività sismica frequente, che può raggiungere valori di magnitudo importanti (per un approfondimento si veda: <https://ingvterremoti.com/2023/09/18/aggiornamento-18-settembre-2023/>)

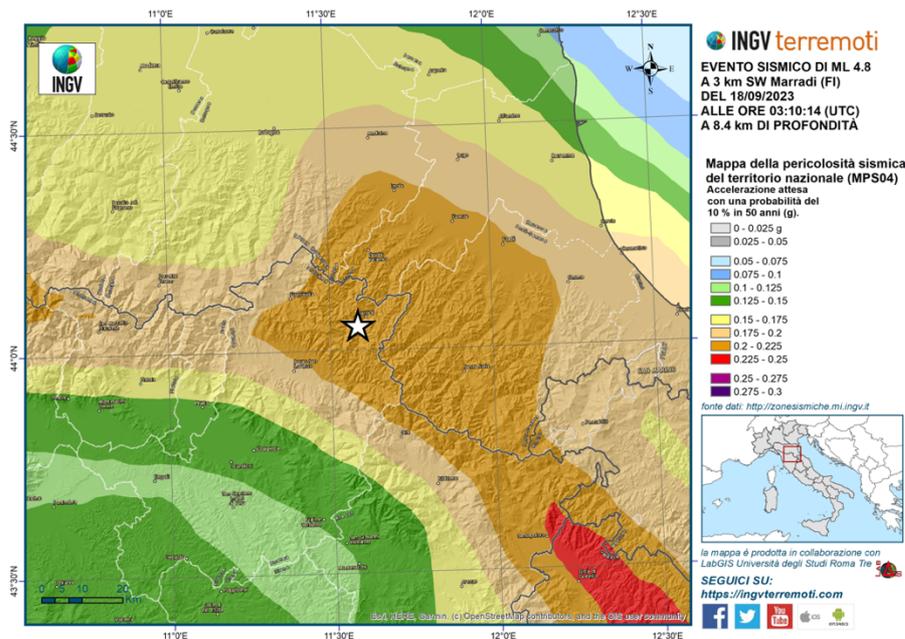


Fig 2. Mappa della pericolosità sismica dell'area in esame (da <https://ingvterremoti.com/2023/09/18/evento-sismico-ml-4-8-in-provincia-di-firenze-18-settembre-2023/>).



Dal 1985 a oggi, nel raggio di 30 km dall'area interessata dalla sequenza in corso, sono state registrate migliaia di scosse tutte di magnitudo inferiore a quella dell'evento di questa mattina, eccezion fatta per l'evento del 14 settembre 2003 a Loiano (BO) che ebbe una magnitudo Mw 5.2 (Fig. 3).

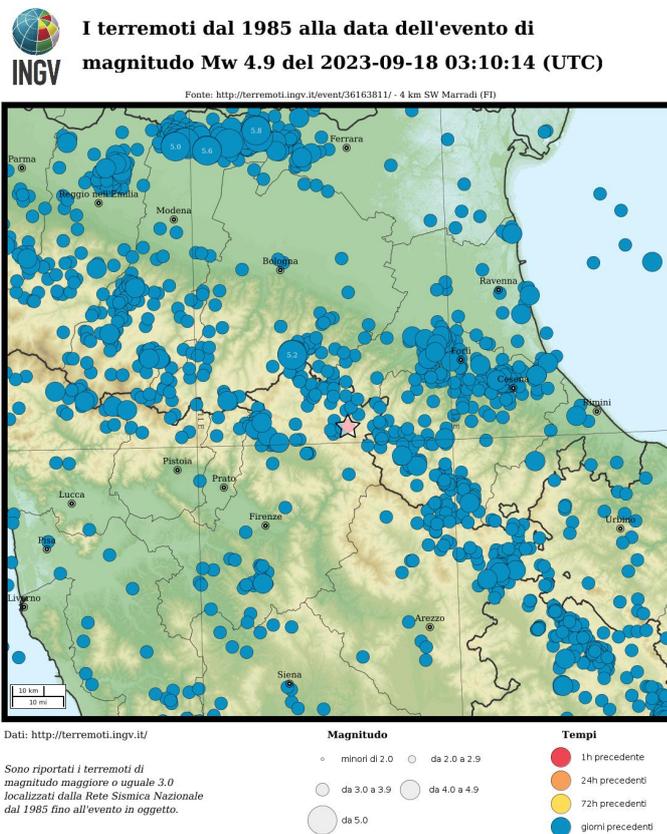


Fig 3. Mappa degli epicentri dei terremoti con magnitudo ≥ 3.0 , registrati e localizzati dalla Rete Sismica Nazionale dal 1985 alla data dell'evento in oggetto (<https://terremoti.ingv.it/event/36163811>).

Dal punto di vista della sismicit  storica, nel raggio di 30 km dal territorio del Comune di Marradi ricadono due aree caratterizzate da sismicit  storica rilevante (Fig. 4). Secondo il catalogo CPTI15 (Rovida et al., 2020; 2022 <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>), i principali terremoti storici dell'area sono infatti localizzati prevalentemente: a) a nord e a est nell'Appennino faentino-forlivese, con i terremoti del 1661 (Mw 6.0), del 1725 (Mw 5.7) e la sequenza sismica dell'aprile-luglio 1781 (con due eventi di Mw 6.1 e 5.6); b) a sud-ovest nel Mugello, con i terremoti del 1542



(Mw 6.0) e del 1919 (Mw 6.4).

Se invece si restringe invece l'area di osservazione a un raggio di 15 km, si nota che la storia sismica dell'area più prossima al Comune di Marradi comprende – nell'ultimo millennio – appena una dozzina di terremoti quasi tutti ricadenti nella classe di energia compresa tra magnitudo Mw 4 e 5. I terremoti "locali" in senso stretto – cioè localizzati in un raggio di 10 km da Marradi – sono quelli del 29 dicembre 1892 (Palazzolo sul Senio, Mw 3.9) e del 15 dicembre 1931 (Mugello, Mw 4.6).

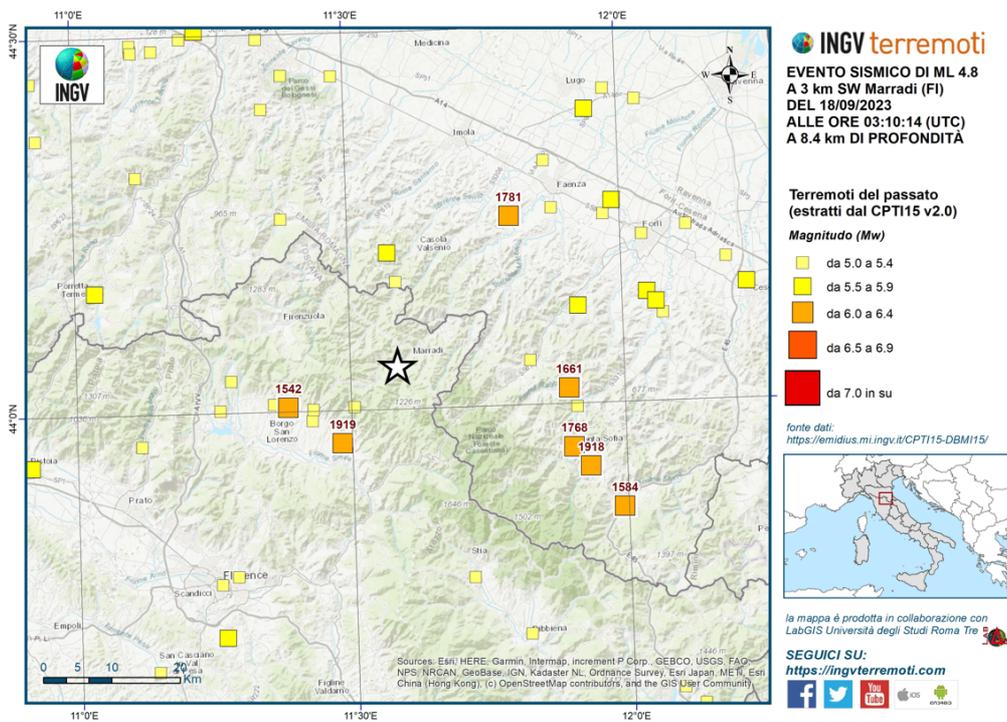


Fig. 4. Sismicità storica dell'area estratta da CPTI15 (Rovida et al., 2020; 2022). La stella indica l'epicentro dell'evento principale del 18 settembre 2023.

La storia sismica di Marradi (Fig. 5, in alto) è comprensibilmente incompleta e nota solo a partire dalla seconda metà del XVII secolo: sono disponibili osservazioni di effetti sismici a partire dal terremoto del 22 marzo 1661 (Mw 6), localizzato nell'Appennino forlivese e che a Marradi raggiunse effetti stimati pari al grado VIII MCS, con crolli di edifici e vittime, soprattutto in piccoli insediamenti delle campagne circostanti. Il terremoto del 29 ottobre 1725 (Mw 5.7) ebbe effetti analoghi. Il terremoto del 29 giugno 1919 in Mugello ebbe a Marradi effetti appena



più contenuti (VII-VIII MCS).

Una storia sismica simile caratterizza la vicina Tredozio (FC) (Fig. 5, in basso): anche qui mancano osservazioni di effetti sismici prima del terremoto del 22 marzo 1661 che a Tredozio ebbe effetti simili a quelli osservati a Marradi (VIII MCS).

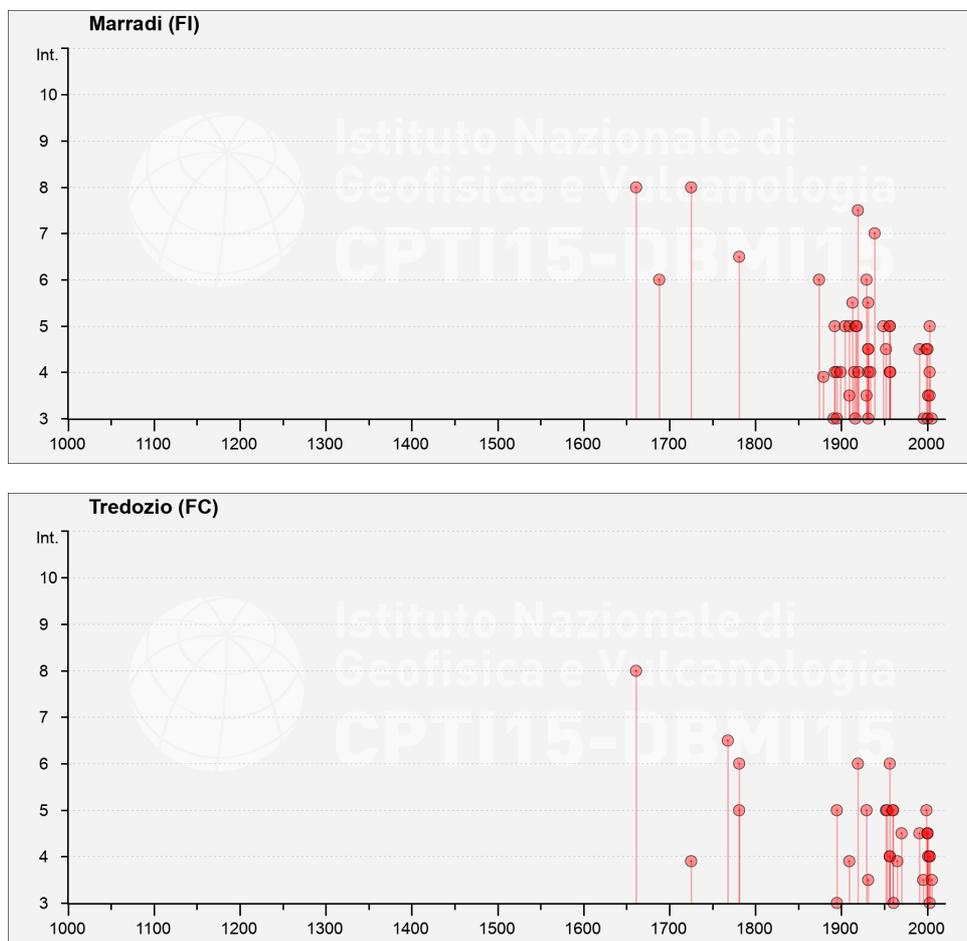


Fig. 5. I grafici mostrano l'andamento delle intensità macrosismiche risentite nel corso della storia a Marradi (FI) e a Tredozio (FC), così come le conosciamo allo stato attuale dell'arte. Questo insieme di risentimenti sismici costituisce le "storie sismiche", attualmente conosciute per entrambe le località solo a partire dal terremoto de 1661 [FONTE: DBMI15 (Locati et al., 2020)].



3. Rilievo degli effetti

A seguito dell'evento sismico del 18 settembre 2023 di M_w 4.9, il gruppo operativo QUEST (Quick Earthquake Survey Team) si è attivato, secondo il proprio protocollo operativo, per il rilievo degli effetti sul territorio. L'indagine macrosismica si è svolta in due giornate - 20 e 27 settembre 2023 - e ha interessato le località nelle quali erano stati segnalati i maggiori effetti, situate nei Comuni di **Marradi (FI)**, **Tredozio (FC)**, **Rocca San Casciano (FC)**, **Castrocaro Terme (FC)** e **Portico di Romagna (FC)**.

Anche nelle condizioni migliori l'indagine macrosismica in aree montuose e dalla viabilità complessa tende a essere più difficoltosa che in aree di pianura (ad esempio in Pianura Padana, come nel caso della sequenza sismica del maggio-giugno 2012). Nel caso specifico, a rallentare e complicare le indagini sul campo hanno contribuito le numerose frane verificatesi nelle aree d'interesse durante le alluvioni del maggio scorso. A 4 mesi da quell'emergenza l'ordinaria viabilità delle aree maggiormente interessate dal terremoto in studio non è stata ancora del tutto ripristinata. I tempi di percorrenza, anche tra località distanti pochi chilometri in linea d'aria ma ubicate in vallate diverse (ad esempio Marradi e Tredozio), sono stati più lunghi del normale e hanno allungato i tempi del rilievo.

Secondo un andamento tipico dell'Appennino settentrionale, i centri storici delle località visitate presentano tipologie edilizie costituite prevalentemente da edifici a due-tre piani fuori terra, intonacati, costruiti in muratura "mista" (ciottolame e pietre miste a laterizi), generalmente con catene e altri accorgimenti antisismici che portano a classificare queste tipologie come muratura con "classe di vulnerabilità B". Un caso a parte è rappresentato da Castrocaro Terme, nel cui centro storico si notano diversi edifici in muratura alti (anche 4 o 5 piani fuori terra) con una presenza di catene scarsa o addirittura del tutto assente.

Le zone di espansione recente, invece, sono caratterizzate prevalentemente da edifici a più piani in calcestruzzo armato (da qui in avanti c.a.) di epoca variabile tra gli anni '60-'70 del Novecento e il periodo presente. Considerato che queste aree sono classificate in zona sismica ormai da diversi decenni, gli edifici più recenti possono essere classificati come cemento armato di



“classe di vulnerabilità D”, mentre la “classe di vulnerabilità C” sembra più adeguata per quelli risalenti agli anni '60-'70.

Complessivamente **il rilievo ha evidenziato una forte asimmetria del campo macrosismico prodotto dall'evento principale**: a Marradi, distante appena 3-4 km dall'epicentro strumentale, gli effetti di danneggiamento sono risultati più contenuti rispetto a quelli osservati a Tredozio, distante oltre 12 km a est. Alcuni danni (in qualche sporadico caso anche significativi) si sono registrati a Rocca San Casciano e a Castrocaro Terme, distanti rispettivamente circa 20 e 30 km dall'epicentro verso est e nord-est. All'opposto, verso ovest e sud-ovest si è osservata una molto maggiore attenuazione dell'intensità, tanto che a Palazzuolo sul Senio (appena 8 km a nord-ovest dell'epicentro) c'è stato grande spavento ma solo qualche danno sporadico, mentre a Firenzuola (18 km a ovest) non c'è stato alcun danno. Anche a Borgo San Lorenzo, Vicchio, Scarperia (tutte località nel Mugello, situate tra i 15 e i 20 km a sud-ovest dell'epicentro) l'evento è stato avvertito sensibilmente dalla popolazione ma non ci sono stati danni di sorta a persone o cose. Questa “direttività” verso nord-est dell'intensità stimata legata allo scuotimento del suolo era emersa già nelle prime ore successive all'evento dall'elaborazione della mappa di scuotimento teorico (*shakemap*), in cui i valori più alti coinvolgevano i comuni dell'alto Forlivese: Tredozio, Modigliana, Brisighella, Dovadola, Castrocaro Terme e Terre del Sole, Predappio, Premilcuore (Fig. 6, sinistra). I valori di scuotimento e la direttività sono confermati anche dalle stime effettuate tramite l'analisi dei questionari web elaborati dall'INGV (<https://e.hsit.it/36163811/index.html>) come si vede dalla mappa a destra nella figura 6.

Anche nei centri più distanti, dove si sono osservati solo effetti transitori (intensità inferiori al grado 5 EMS), il terremoto è stato risentito maggiormente in direzione est che non in direzione ovest: la scossa è stata avvertita sensibilmente nel Ravennate, nel Cesenate e lungo tutta la costa romagnola e pesarese fino ad Ancona; è invece passata praticamente inosservata a ovest di Pistoia e a sud-ovest di Firenze, nella Toscana centro-occidentale.

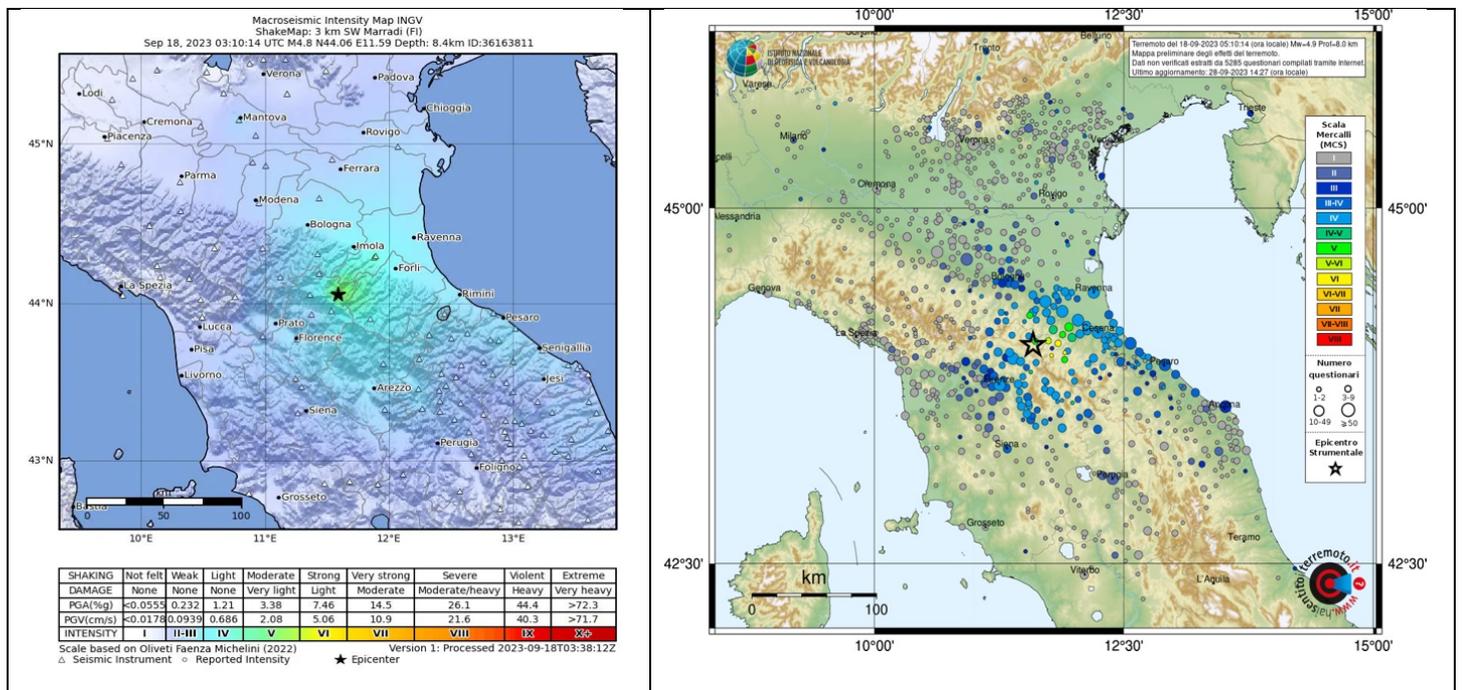


Fig. 6. A sinistra: la mappa di scuotimento (*shakemap*); a destra: la mappa preliminare del risentimento sulla base dei questionari web raccolti, entrambe relative all'evento principale di Mw 4.9 del 18 settembre 2023 (<https://terremoti.ingv.it/event/36163811>)

Nel corso del rilievo sono state anche raccolte informazioni sugli effetti tramite contatti diretti con le autorità locali (telefonate e contatti con gli uffici tecnici comunali e con i COC – Centri operativi comunali aperti per l'emergenza), con il personale tecnico della Regione Emilia-Romagna impegnato nelle verifiche di agibilità, e con gli abitanti delle località esaminate. Va segnalato che al momento in cui scriviamo questo rapporto le attività di rilievo svolte dai tecnici esperti regionali con schede AEDES, al fine di realizzare il rilievo sistematico delle criticità riscontrate e raccolte presso i COC istituiti, sono ancora in corso di svolgimento.

Nell'ambito delle attività della convenzione quadro tra l'agenzia regionale di Protezione Civile (PC) dell'Emilia-Romagna e l'INGV per il supporto di attività di PC connesse al rischio sismico, dalla fine del 2021 è attiva una rete di volontari di PC formati per il monitoraggio speditivo degli effetti dei terremoti sul territorio. Dopo un avvio sperimentale nel 2022 con un numero di volontari di PC della zona romagnola la rete si sta estendendo in tutta la regione Emilia-Romagna. Il lavoro dei volontari è complementare al rilievo macrosismico, che viene



svolto da personale specializzato dell'INGV e del DPC. Il terremoto del 18 settembre 2023 ha offerto un'importante occasione per saggiare l'efficacia di questo sistema: e una parte rilevante dei dati raccolti (soprattutto per la fascia di territorio più esterna, interessata dal solo avvertimento senza danni) proviene proprio dai questionari compilati e inviati all'INGV di Bologna dai volontari di PC debitamente formati.

4. Descrizione degli effetti macrosismici osservati

Tra le località visitate nelle giornate del 20 e 27 settembre 2023 quella in cui sono stati rilevati gli effetti più significativi è **Tredozio**, dove nel centro storico è stato osservato un quadro fessurativo diffuso: almeno il 50% di edifici in muratura presentano lesioni, per lo più crepe sottili e capillari soprattutto negli intonaci visibili sui muri esterni e le facciate con distacchi di intonaco (danno di grado 1), mentre almeno il 25% è interessato anche da danni moderati, con crepe più diffuse, distacchi di porzioni significative di intonaco, danni a comignoli e scivolamenti di tegole (danni di grado 2). In molti casi, al momento del primo sopralluogo (avvenuto oltre 48 ore dopo l'evento) i VVFF erano già intervenuti per rimuovere i numerosi comignoli danneggiati e pericolanti, e per sistemare i coppi. I resti di alcuni comignoli rimossi sono ben visibili accumulati ai lati della sede stradale in attesa di essere portati via. In un solo caso ci sono crepe larghe e profonde ma si tratta di un edificio abbandonato e che presentava evidenti problemi preesistenti (A3). Numerose le parti transennate e gli edifici chiusi con nastro rosso perché dichiarati inagibili. Tra questi, il palazzo del Municipio, un grande e alto edificio in muratura con molte catene, ma evidenti irregolarità nella pianta e nella disposizione delle finestre e delle altezze (muratura di classe B), su cui le lesioni sono diffuse e ben visibili. Crepe diffuse e cadute di calcinacci interessano numerosi edifici in Via dei Martiri, all'ingresso del paese venendo da nord. Una parte della centrale Via XX Settembre, nel tratto corrispondente alla torre civica, è sbarrata e chiusa, in quanto la stessa torre risulta lesionata e pericolante. L'edificio delle scuole, di classe C, presenta lesioni di grado 1 e qualche lesione di grado 2 ed è stato dichiarato inagibile.

Gli edifici in c.a. nelle parti di più recente edificazione (prevalentemente classe D, alcuni C) non sembrano presentare problemi particolari, anche se non sono stati visionati uno per uno e



non si può escludere qualche piccolo danno di grado 1.

Diffuse lesioni solcano le pareti e le volte interne della Chiesa parrocchiale di San Michele. Fuori dall'abitato di Tredozio, nel territorio comunale viene segnalato un edificio rurale isolato con muratura mista "a sacco" che ha subito danni gravi e crolli parziali delle pareti esterne (danno A4); non lo abbiamo personalmente visitato ma ne abbiamo visionato le fotografie.

Alla data del 27 settembre 2023 le ordinanze di inagibilità nel comune di Tredozio sono una sessantina e le persone sfollate dalle proprie abitazioni circa 150 (dati da COC).

Un quadro di danneggiamento complessivamente un po' più contenuto rispetto a Tredozio, ma con una distribuzione più irregolare, si riscontra a **Rocca San Casciano**, ubicata nella media valle del fiume Montone a una ventina di chilometri dall'epicentro. Qui il danno è localizzato prevalentemente nella parte dell'abitato sulla riva sinistra del Montone, a ridosso del fiume, e data la distanza epicentrale non si può escludere un effetto di sito con amplificazioni dello scuotimento del suolo. I danni, per lo più lievi (lesioni superficiali, cadute di intonaci, qualche danno moderato di grado 2) si concentrano nell'area lungo Via Bassi e Via Cairoli e intorno a Piazza Garibaldi, dove gli edifici possono essere classificati in classe di vulnerabilità B (muratura e pietrame ma con diffuse catene). Le case appaiono regolarmente abitate, i negozi sono aperti e non ci sono transennamenti tranne quelli che riguardano un paio di edifici già da tempo abbandonati e in cattivo stato (le vecchie scuole medie e un edificio in via Bassi) dove si sono aperte vistose lesioni e ci sono stati distacchi di porzioni di intonaco abbastanza estese.

La parte di edificato sulla riva destra del Montone sembra non presentare danni particolari, a parte qualche caso sporadico.

Chiuse tutte le chiese del paese e la torre civica (in Piazza Garibaldi) che presenta una lesione di distacco. Un crollo ha riguardato una parte di un torrione e parte del muro di cinta del vecchio castello (il "Castellaccio") che dà su alcune abitazioni.

Un discorso a parte meritano le palazzine in c.a. che si trovano a circa 300-400 metri fuori dal paese verso monte (direzione sud) sulla SS67 (via Cappelli Licinio), sempre sul lato sinistro del fiume. Si tratta di 3 palazzine risalenti presumibilmente agli anni '50 del secolo scorso (anche se risistemate in anni più recenti), di cui una è rimasta illesa e continua ad essere regolarmente abitata, mentre le altre due presentano danni diffusi che hanno comportato l'evacuazione degli abitanti e la chiusura per inagibilità. Eventuali danni ai pilastri o alle travi non sono chiaramente



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

visibili esternamente (anche se non si può escludere un leggero danno strutturale) ma ci sono ampie e diffuse crepe sui tramezzi con cadute di larghi pezzi di intonaco (C2).

Al 27 settembre 2023 in tutta Rocca San Casciano le ordinanze di inagibilità sono oltre 20 e le persone sfollate dalle proprie abitazioni una cinquantina, di cui buona parte abitanti nelle suddette palazzine (dati da COC). Complessivamente il danno lieve (grado 1) riguarda il 35-40% dell'abitato, il danno moderato di grado 2 circa il 15-20%.

A **Castrocaro Terme** la parte sommitale e più antica dell'abitato non presenta danni particolari, se non alcune lesioni alla Fortezza e al paramento murario delle mura storiche. La parte dell'abitato situata a ridosso della precedente, più in basso verso il fiume Montone e caratterizzata da edilizia novecentesca, ha alcuni danni, per lo più leggeri (lesioni capillari su alcuni muri e facciate) e in casi sporadici anche con lesioni più profonde. La zona più colpita è quella vicina al fiume, i cui abitanti riportano un forte avvertimento della scossa, con caduta anche di oggetti pesanti (TV ecc). Si possono distinguere due settori diversi del paese, uno più a nord, in zona Via del Molino, e l'altro opposto, più a monte (Vie Maltoni, Pisacane, IV Novembre, Matteotti); in entrambi sembrano esserci stati effetti di sito e amplificazioni.

Complessivamente i danni sono lievi e poco diffusi (15% di edifici con danno 1, meno del 5 % di danni 2), eccezion fatta per un paio di edifici, di cui uno praticamente già in stato di rudere (A3). In totale le ordinanze di sgombero sono una decina.

A **Terra del Sole**, ubicata qualche km più a valle, non ci sono danni né segnalazioni particolari. Dal COC viene segnalato che sono state rilevate lesioni al palazzo di porta romana destinato a scuola, archivio e sala concerti, e al palazzo pretorio. La scossa è stata avvertita con paura dall'intera popolazione.

In tutta la **valle del Montone** il terremoto è stato avvertito fortemente con panico, fuga in strada e caduta di oggetti, ma nelle altre località non ci sono danni significativi. A **Dovadola** i VVFF hanno ricevuto qualche segnalazione ma il danno è assolutamente sporadico e riguarda soltanto edifici particolari come le chiese. Sono state infatti chiuse due chiese, e un edificio rurale isolato (ex chiesa adattata) a Monte Trebbio è stato dichiarato inagibile.

Nel comune di **Portico e San Benedetto** sono stati rilevati dei danni importanti solo al cimitero di **Bocconi**, compresa la piccola cappella ottocentesca. Il paese di **Portico di Romagna** invece è



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

un borgo ben conservato e ristrutturato (fa parte dei “borghi d’Italia”) e non ha subito danni. La scossa è comunque stata avvertita fortemente da tutti, sono caduti oggetti e la popolazione spaventata è scesa in strada.

A **Marradi**, paese toscano dell’Alto Mugello ubicato nella valle del Lamone, i danni esterni sono lievi e spesso si aggiungono a lesioni e crepe chiaramente preesistenti che in alcuni casi si sono riattivate. Ci è stata segnalata l’avvenuta messa in sicurezza di qualche comignolo che aveva presentato problemi. Tuttavia, al contrario di Tredozio, non si vedono comignoli caduti o rimossi e anche il quadro fessurativo generale appare molto minore. Uno degli edifici più lesionati era già stato abbandonato da tempo e si trova per di più su un pendio alla periferia del paese (Vicolo della Badia). Le scuole (edificio in c.a. di classe C) presentano diffuse lesioni leggere ai tramezzi e sono state chiuse per precauzione, così come le chiese del paese. Un po’ fuori dal paese, verso Faenza, in Via Vairuole, alcune palazzine popolari in c.a. di epoca recente (classe D) presentano alcune lesioni di grado 1 e 2 ben visibili, che allarmano gli abitanti. Sempre fuori dal paese, è stata chiusa e dichiarata inagibile la chiesa di Cardeto, che presenta un chiaro e preesistente distacco della facciata, riattivato dalla scossa del 18 settembre.

Complessivamente il danno lieve interessa circa il 25% degli edifici (danno 1), mentre il moderato è più sporadico (5-10% di danni 2) e non pregiudica la normale vita della cittadina, anche se per precauzione gli abitanti dormono in camper, tende (proprie o montate dalla Protezione Civile presso il centro dei VVFF) e nel dormitorio allestito nella palestra della scuola. La vicinanza agli epicentri fa avvertire alla popolazione anche *aftershocks* di bassa magnitudo.

Nella vicina frazione di **Popolano** (dove si trova anche il centro dei VVFF adibito per l’occasione a COC di Marradi) il danno più vistoso riguarda la locale pieve di Santa Maria, dove sono caduti elementi decorativi e pietre dalla facciata e ci sono alcune lesioni. Alcuni edifici dell’abitato presentano un danneggiamento lieve, ma il danno è sporadico e poco visibile all’esterno: due famiglie di una casa sono state sfollate e l’edificio dichiarato inagibile.

Più danneggiata appare la frazione di **Sant’Adriano**, ubicata più a valle verso Faenza. Nella parte più vecchia dell’abitato la chiesa presenta un chiaro distacco del campanile dal corpo dell’edificio adiacente; alcuni edifici di classe di vulnerabilità A presentano crepe diffuse e larghi distacchi di intonaco (danni A2); alcuni edifici di classe B hanno lievi lesioni superficiali (B1). In Via Benclaro n.8 un edificio in c.a. del 1959 presenta un danno di tipo C2 al piano basso (crepe su



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

tramezzi): i VVFF lo hanno attribuito ad un rilassamento del tubo di scarico della fogna causato dallo scuotimento del suolo. A Sant'Adriano circa il 50% di edifici presenta danni lievi (grado 1), circa il 20-25% invece danni moderati di grado 2. Alcuni comignoli appaiono danneggiati e anche ruotati dalla scossa, altri sono stati messi in sicurezza. Sono visibili anche parziali scivolamenti di tegole.

In tutto il comune di Marradi, al 2 ottobre 2023, risultano circa un'ottantina di ordinanze di inagibilità e una trentina di persone sfollate (dati da ufficio tecnico del comune).

Nella **vallata del Senio**, tra Toscana ed Emilia, il terremoto è stato avvertito da tutti, con fuga in strada, ma anche qui i danni sono sporadici e lievi. A **Palazzuolo sul Senio** il danno lieve è molto sporadico, con qualche crepa capillare e qualche distacco di intonaci; complessivamente non si supera il 5% di edifici interessati da danni di grado 1. C'è qualche danno alle chiese e alla pieve di San Giovanni Battista a Misileo, che aveva problemi pregressi ed è stata transennata. Nel palazzo comunale una stanza è stata dichiarata inagibile. Nel territorio comunale: sono stati segnalati danni su due edifici singoli rurali, isolati con muratura in sasso, in località **Salecchio**. Questa non costituisce un vero e proprio paese ma un'area sparsa disseminata di edifici rurali e da un villaggio vacanze ("I Cancelli") che ha preso il posto dell'antico borgo. Nel villaggio, composto da *residence* di nuova costruzione (classe di vulnerabilità D?), non ci sono danni.

Nessun danno a **Casola Valsenio**, dove comunque la scossa è stata avvertita da tutti, le persone sono uscite in strada e qualche oggetto è caduto ai piani alti delle case.

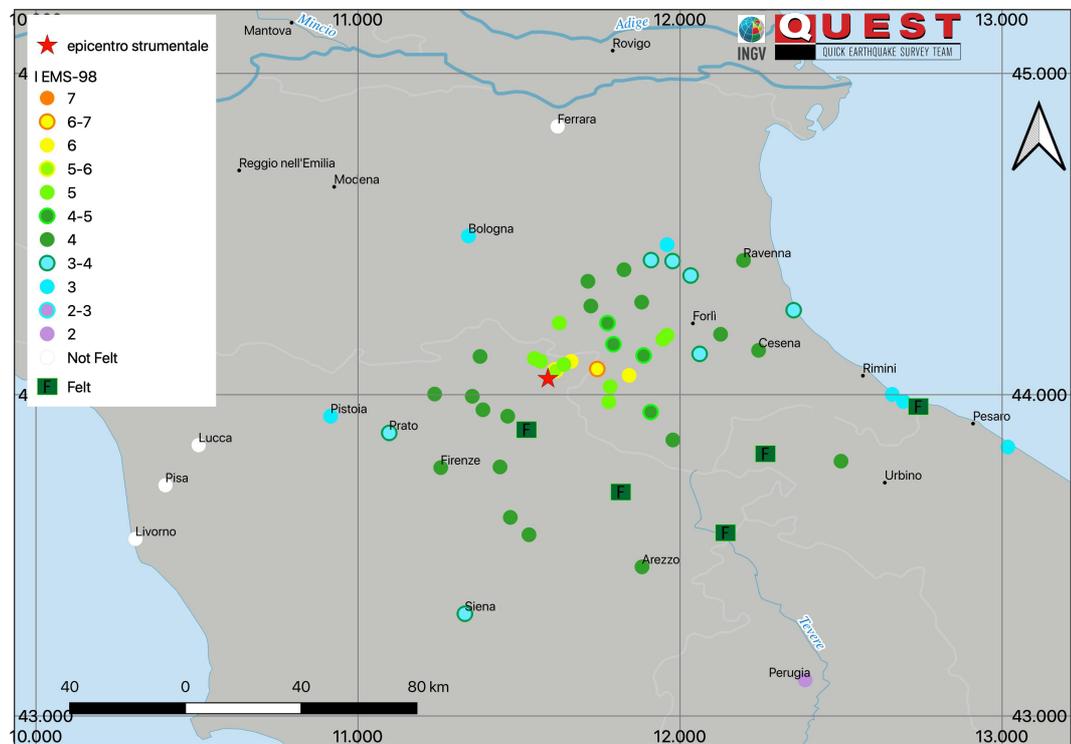


Fig. 7. Mappa delle intensità macrosismiche stimate in questo lavoro secondo la scala EMS-98 per l'evento principale di Mw 4.9 del 18 settembre 2023

Tabella 2. Elenco delle località in questo lavoro per le quali è stata fatta una stima di intensità sia in scala MCS che EMS-98. Le località sono elencate per intensità espressa in EMS-98 decrescente (ultima colonna a destra)

| Località | Comune | Prov | Lat | Lon | MCS | EMS-98 |
|-------------------------|-----------------------------------|------|--------|--------|-----|--------|
| Tredozio | Tredozio | FC | 44,080 | 11,743 | 6-7 | 6-7 |
| Rocca San Casciano | Rocca San Casciano | FC | 44,060 | 11,842 | 6 | 6 |
| Sant'Adriano | Marradi | FI | 44,104 | 11,662 | 6 | 6 |
| Marradi | Marradi | FI | 44,076 | 11,613 | 5-6 | 5-6 |
| Castrocaro Terme | Castrocaro Terme e Terre del Sole | FC | 44,172 | 11,947 | 5-6 | 5 |
| Casola Valsenio | Casola Valsenio | RA | 44,223 | 11,625 | 5 | 5 |
| Palazzuolo sul Senio | Palazzuolo sul Senio | FI | 44,113 | 11,548 | 5 | 5 |
| Popolano | Marradi | FI | 44,094 | 11,639 | 5-6 | 5 |
| Portico e San Benedetto | Portico e San Benedetto | FC | 44,025 | 11,783 | 5 | 5 |



| | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------------|----|--------|--------|-----|-----|
| Premilcuore | Premilcuore | FC | 43,978 | 11,779 | 5 | 5 |
| Salecchio | Palazzuolo sul Senio | FI | 44,104 | 11,567 | 5 | 5 |
| Terra del Sole | Castrocaro Terme e Terra del Sole | FC | 44,185 | 11,960 | 5 | 5 |
| Brisighella | Brisighella | RA | 44,223 | 11,775 | 4-5 | 4-5 |
| Dovadola | Dovadola | FC | 44,122 | 11,887 | 4-5 | 4-5 |
| Modigliana | Modigliana | FC | 44,157 | 11,793 | 4-5 | 4-5 |
| Santa Sofia | Santa Sofia | FC | 43,946 | 11,909 | 4-5 | 4-5 |
| Arezzo | Arezzo | AR | 43,464 | 11,882 | 4 | 4 |
| Barberino di Mugello | Barberino di Mugello | FI | 44,002 | 11,238 | 4 | 4 |
| Bagnara di Romagna | Bagnara di Romagna | RA | 44,389 | 11,826 | 4 | 4 |
| Borgo San Lorenzo | Borgo San Lorenzo | FI | 43,953 | 11,388 | 4 | 4 |
| Cesena | Cesena | FC | 44,138 | 12,244 | 4 | 4 |
| Faenza | Faenza | RA | 44,288 | 11,881 | 4 | 4 |
| Firenzuola | Firenzuola | FI | 44,119 | 11,379 | 4 | 4 |
| Figline Valdarno | Figline e Incisa Valdarno | FI | 43,618 | 11,473 | 4 | 4 |
| Firenze | Firenze | FI | 43,773 | 11,257 | 4 | 4 |
| Forlimpopoli | Forlimpopoli | FC | 44,188 | 12,126 | 4 | 4 |
| Imola | Imola | BO | 44,353 | 11,714 | 4 | 4 |
| Pontassieve | Pontassieve | FI | 43,775 | 11,441 | 4 | 4 |
| Ravenna | Ravenna | RA | 44,418 | 12,197 | 4 | 4 |
| Riolo Terme | Riolo Terme | RA | 44,276 | 11,723 | 4 | 4 |
| San Giovanni Valdarno | San Giovanni Valdarno | AR | 43,564 | 11,531 | 4 | 4 |
| San Piero in Bagno | Bagno di Romagna | FC | 43,859 | 11,978 | 4 | 4 |
| Scarperia | Scarperia e San Piero | FI | 43,995 | 11,355 | 4 | 4 |
| Verghereto | Verghereto | FC | 43,793 | 12,500 | 4 | 4 |
| Vicchio | Vicchio | FI | 43,933 | 11,465 | 4 | 4 |
| Bagnacavallo | Bagnacavallo | RA | 44,416 | 11,977 | 3-4 | 3-4 |
| Cervia | Cervia | RA | 44,263 | 12,353 | 3-4 | 3-4 |
| Lugo | Lugo | RA | 44,419 | 11,910 | 3-4 | 3-4 |



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

| | | | | | | |
|------------------|------------------|----|--------|--------|-----|-----|
| Meldola | Meldola | FC | 44,127 | 12,061 | 3-4 | 3-4 |
| Pesaro | Pesaro | PU | 43,910 | 12,910 | 3-4 | 3-4 |
| Prato | Prato | PO | 43,881 | 11,097 | 3-4 | 3-4 |
| Russi | Russi | RA | 44,371 | 12,033 | 3-4 | 3-4 |
| Siena | Siena | SI | 43,318 | 11,332 | 3-4 | 3-4 |
| Ancona | Ancona | AN | 43,617 | 13,517 | 3 | 3 |
| Bologna | Bologna | BO | 44,494 | 11,343 | 3 | 3 |
| Fano | Fano | PU | 43,837 | 13,018 | 3 | 3 |
| Fusignano | Fusignano | RA | 44,467 | 11,960 | 3 | 3 |
| Misano Adriatico | Misano Adriatico | RN | 43,979 | 12,694 | 3 | 3 |
| Riccione | Riccione | RN | 44,001 | 12,659 | 3 | 3 |
| Cattolica | Cattolica | RN | 43,963 | 12,740 | F | F |
| Dicomano | Dicomano | FI | 43,891 | 11,523 | F | F |
| Pennabilli | Pennabilli | RN | 43,816 | 12,265 | F | F |
| Pistoia | Pistoia | PT | 43,933 | 10,915 | 3 | 3 |
| Bibbiena | Bibbiena | AR | 43,697 | 11,816 | F | F |
| Sansepolcro | Sansepolcro | AR | 43,570 | 12,141 | F | F |
| Perugia | Perugia | PG | 43,112 | 12,389 | 2 | 2 |
| Ferrara | Ferrara | FE | 44,835 | 11,620 | NF | NF |
| Livorno | Livorno | LI | 43,551 | 10,309 | NF | NF |
| Lucca | Lucca | LU | 43,843 | 10,505 | NF | NF |
| Pisa | Pisa | PI | 43,718 | 10,402 | NF | NF |



Fig. 8. Lesioni su muratura in un edificio a Trezzio (FC)



Fig. 9. Distacchi e cadute di pietre e frammenti dalla facciata della Chiesa di Santa Maria (Popolano, Marradi)



Fig. 10. Lesioni e distacchi di intonaci su muratura in vecchie case a Trezzano (FC)



Fig. 11. - Lesioni alle tamponature in edifici in c.a. in via Cappelli Licinio, Rocca San Casciano (FC)



5. Bibliografia

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>

Rovida, A., Locati, M., Camassi, R., Lolli, B., Gasperini, P., Antonucci, A., 2022. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>

Rovida, A., Locati, M., Camassi, R., Lolli, B., Gasperini, P., 2020. The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering 18, 2953–2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>

DISCLAIMER

Inquadramento, esclusione di responsabilità e limiti di uso dei dati

L'INGV, in ottemperanza a quanto disposto dall'Art.2 del D.L. 381/1999, svolge funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica del territorio nazionale, provvedendo alla organizzazione della rete sismica nazionale integrata e al coordinamento delle reti sismiche regionali e locali in regime di convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile. L'INGV concorre, nei limiti delle proprie competenze inerenti la valutazione della Pericolosità sismica e vulcanica nel territorio nazionale e secondo le modalità concordate dall'Accordo di programma decennale stipulato tra lo stesso INGV e il DPC in data 2 febbraio 2012 (Prot. INGV 2052 del 27/2/2012), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile. In particolare, questo documento, redatto in conformità all'Allegato A del suddetto Accordo Quadro, ha la finalità di informare il Dipartimento della Protezione Civile circa le osservazioni e i dati acquisiti dalle Reti di monitoraggio gestite dall'INGV su fenomeni naturali di interesse per lo stesso Dipartimento. L'INGV fornisce informazioni scientifiche utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili al momento della stesura delle previste relazioni; tuttavia, in conseguenza della complessità dei fenomeni naturali in oggetto, nulla può essere imputato all'INGV circa l'eventuale incompletezza ed incertezza dei dati riportati. La reportistica fornita dall'INGV non include ipotesi circa accadimenti futuri, o comunque a carattere



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

previsionale, sui fenomeni naturali in corso. L'INGV non è responsabile dell'utilizzo, anche parziale, dei contenuti di questo documento da parte di terzi, né delle decisioni assunte dal Dipartimento della Protezione Civile, dagli organi di consulenza dello stesso Dipartimento, da altri Centri di Competenza, dai membri del Sistema Nazionale di Protezione Civile o da altre autorità preposte alla tutela del territorio e della popolazione, sulla base delle informazioni contenute in questo documento. L'INGV non è altresì responsabile di eventuali danni arrecati a terzi derivanti dalle stesse decisioni. La proprietà dei dati contenuti in questo documento è dell'INGV. La diffusione anche parziale dei contenuti è consentita solo per fini di protezione civile e in conformità quanto specificatamente previsto dall'Accordo Quadro sopra citato tra INGV e Dipartimento della Protezione Civile.

Citare come: Bernardini F. e Ercolani E. [a cura di] (2023). Rilievo macrosismico del terremoto dell'Appennino tosco-romagnolo (Mw 4.9) del 18 settembre 2023. Rapporto finale del 2/10/2023. Rapporto interno INGV, <http://hdl.handle.net/2122/16564>



Quest'opera è distribuita con Licenza

[Creative Commons Attribuzione - Non opere derivate 4.0 Internazionale](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)