

03/12/2007

mostro prot. n. PC/2007/0007201/del

05/12/07

**PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI**  
**DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE**  
**UFFICIO SERVIZIO SISMICO NAZIONALE**  
**SERVIZIO VULNERABILITÀ DEI SISTEMI ANTROPIZZATI**



**Scenari di danno a seguito di eventi sismici per la  
pianificazione di emergenza  
per la provincia di Forlì Cesena**



## INDICE

1.	Obiettivi .....	3
2.	Inquadramento sismotettonico di Forlì Cesena.....	4
3.	Metodologia per l'elaborazione degli scenari di danno a supporto dei Piani d'emergenza provinciali.....	8
4.	Scenari di danno per la provincia di Forlì Cesena .....	14
	Riferimenti Bibliografici .....	25

## **Obiettivi**

Nel presente documento vengono illustrati gli scenari di danno che l'Ufficio Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico ed opere post emergenza del Dipartimento della Protezione Civile ha elaborato a supporto della Regione Emilia Romagna nell'attività di definizione degli indirizzi per la pianificazione dell'emergenza post terremoto per la provincia di Forlì Cesena.

Sia nelle attività di pianificazione che in quelle di gestione dell'emergenza post terremoto è essenziale la conoscenza di importanti informazioni, quali il quadro territoriale con la descrizione dell'area maggiormente colpita dall'evento e le conseguenze dello stesso in termini di perdite umane e materiali subite dagli elementi a rischio.

Con particolare riferimento alle attività di pianificazione, gli scenari di danno a base dei Piani di emergenza rappresentano le possibili situazioni da fronteggiare a seguito di eventi sismici di riferimento aventi diverso impatto sul territorio e conseguentemente diverso livello di attivazione del piano e diverso concorso dei soggetti interessati.

In considerazione dell'importanza che tale stima riveste, l'approccio seguito dal Dipartimento della Protezione Civile nella valutazione degli scenari di danno è articolato in due fasi temporali:

- fase di breve termine, in cui viene effettuata una prima stima degli scenari di danno utilizzando le metodologie e i dati attualmente disponibili su tutto il territorio nazionale;
- fase di lungo termine, in cui si prevede di migliorare i modelli di analisi predisposti attraverso una più approfondita conoscenza del territorio in termini di esposizione e vulnerabilità e il conseguente utilizzo di procedure di maggiore precisione per la valutazione della pericolosità, della vulnerabilità e, infine, delle perdite.

Nel seguito, dopo una breve descrizione della sismicità dell'area della provincia di Forlì Cesena, si descrive sinteticamente la metodologia utilizzata nella fase a breve termine e si dà un cenno dei possibili ulteriori approfondimenti per la formulazione di scenari di maggior dettaglio e precisione.

Infine, si riporta l'applicazione della metodologia della fase a breve termine per il territorio in esame.

Pertanto, vengono identificati gli eventi di riferimento come quelli più significativi dal punto di vista della gestione dell'emergenza, e per questi vengono forniti i corrispondenti scenari di danno utili per la quantificazione delle risorse umane e materiali da prevedere nel Piano.

## 1 Inquadramento sismotettonico di Forlì Cesena

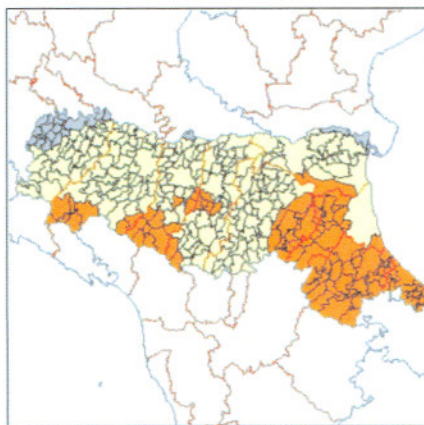
### Sismicità dell'area

La sismicità della regione Emilia – Romagna ben si inquadra in quella della parte settentrionale della catena appenninica (Appennino umbro-marchigiano e tosco-emiliano) che, relativamente alle grandi aree sismogenetiche italiane, risulta caratterizzata da più elevata frequenza di comparsa, ma da magnitudo al massimo comprese tra 6.0 e 6.5.

Nelle zone appenniniche è presente una sola area sismogeneticamente importante situata in corrispondenza dell'appennino forlivese e più precisamente nella zona di Rocca San Casciano – Santa Sofia – Galeata – Bagno di Romagna. Quest'area, infatti, è stata sede di un evento (terremoto dell'Appennino forlivese del 1584) che presenta la più elevata magnitudo ( $M_a = 6.0$ ), assegnata ai terremoti della regione, nonché di una trentina di terremoti, tra cui cinque risultano di magnitudo  $M_a \geq 5.0$ ; in particolare tre eventi (terremoti del 1661, 1768 e 1918) sono caratterizzati da magnitudo 5.7 e 5.8, che sono tra le più elevate della regione stessa. Le intensità massime osservate e quelle epicentrali più elevate risultano pari al IX grado MCS.

Nella fascia pedeappenninica l'area sismicamente più attiva della regione è rappresentata dal pedeappennino forlivese-faentino. Le intensità massime osservate e le più elevate intensità epicentrali raggiungono in due casi il IX grado ed in vari altri l'VIII. Gli epicentri sono in gran parte distribuiti sulle aree collinari, ad eccezione del piccolo raggruppamento situato poco a NE di Faenza nella zona di Russi – Cotignola, sede del terremoto del 1688, il più forte dell'area.

Come riportato nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 20/3/2003, l'Italia è stata suddivisa in 4 zone sismiche sulla base della frequenza ed intensità dei terremoti occorsi. In Emilia Romagna dei 341 comuni totali, 105 risultano classificati in zona 2, 214 in zona 3 e rimanenti si trovano in zona 4. In particolare, i 30 comuni della provincia di Forlì Cesena fanno parte tutti della zona 2 (Figura 1).



Classificazione 2003

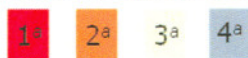


Figura 1

In Tabella 1 è riportata una selezione dei terremoti storici caratterizzati da un'intensità macrosismica in Forlì Cesena non minore di 5.

Data					Effetti	in occasione del terremoto di:	
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix Ms
1383	08	04			VII-VIII	FORLI`	VII-VIII 5.2
1483	08	11			VII-VIII	BERTINORO	VII-VIII 5.2
1688	04	11	11	30	VII-VIII	ROMAGNA	IX 6.2
1781	07	17	09	10	VII-VIII	FAENTINO	VIII 5.5
1428	07	03	05		VII	PREDAPPPIO	VIII 5.5
1661	03	22	12	45	VII	CIVITELLA DI ROM.	IX 6.2
1861	10	16			VII	FORLI`	VII 4.7
1911	02	19	07	18	VII	FORLIVESE	VII-VIII 5.2
1279	04	30			VI-VII	ROCCA SAN CASCIANO	VII-VIII 5.2
1591	07	10			VI-VII	FORLI`	VI-VII 4.7
1778	06	11			VI-VII	FORLI`	VI-VII 4.7
1781	04	04			VI-VII	FAENTINO	IX 6.2
1828	10	08			VI-VII	FORLI`	VI-VII 4.7
1844	03	10	17	15	VI-VII	FORLI`	VI-VII 4.7
1870	10	30			VI-VII	MELDOLA	VIII 5.5
1479	10	10	22		VI	FORLI`	VI 4.4
1732	08	09			VI	FAENZA	VI 4.4
1768	10	19	23		VI	S.SOFIA	VIII 5.5
1813	09	21			VI	FAENZA	VII 5.0
1875	03	17			VI	RIMINI	VIII 5.2
1919	06	29	15	06	VI	MUGELLO	IX 6.3
1222	12	25	11		D	BRESCIANO	VIII 5.9
1389	10	18			V	BOCCA SERRIOLA	IX 6.2
1653	08	15			V	CESENA	VI-VII 4.7
1672	04	14	15	15	V	RIMINI	VIII 5.5
1786	12	25			V	RIMINI	VIII 5.5
1796	10	22			V	BASSA PADANA	VII 5.0
1828	04	08			V	GALEATA	VI 4.4
1873	03	12			V	S. GINESIO	VIII-IX 5.2
1881	02	12			V	RUSSI	VI-VII 4.7
1909	01	13	00	45	V	BASSA PADANA	VI-VII 5.4
1920	09	07	05	55	V	GARFAGNANA	X 6.5
1967	12	30	04	19	V	BASSA PADANA	VI 5.3

**Tabella 1** Osservazioni sismiche disponibili per Forlì Cesena (FC) (Catalogo DOM4.1)

Il diagramma di Figura 2 (Catalogo DOM4.1, Monachesi & Stucchi 1996) presenta la distribuzione degli eventi sismici di Forlì Cesena dal 1200 al 1980.

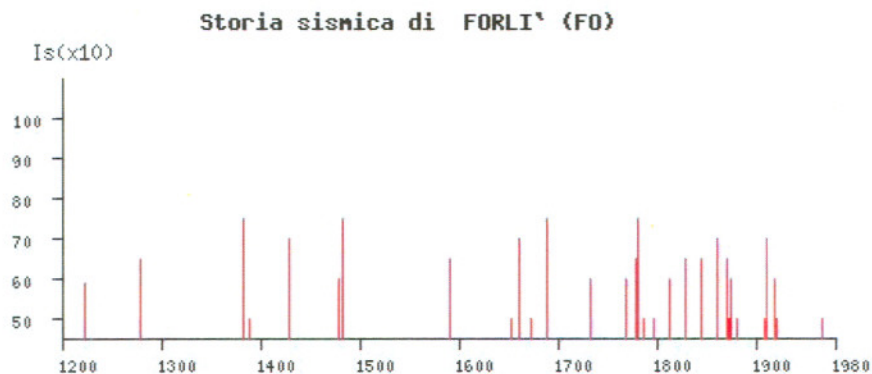


Figura 2

### Terremoti principali risentiti nella provincia di Forlì Cesena

- **Terremoto del 1688 04 11, intensità locale VII-VIII MCS**

Per questo evento l'epicentro è stato posizionato nell'area della Romagna dove è stata valutata una intensità del grado IX MCS.. (Figura 3).

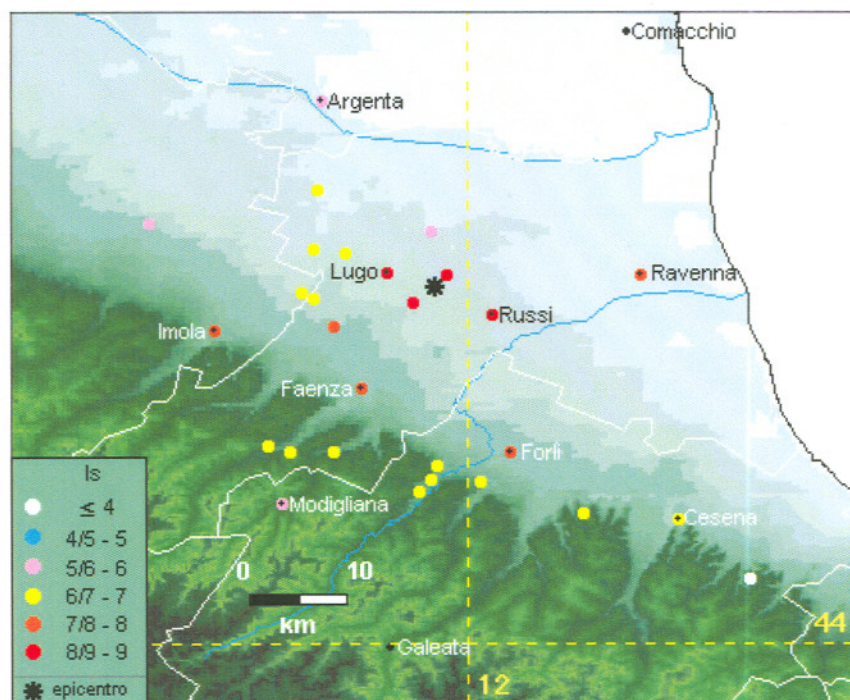


Figura 3 Mappa dei paesi danneggiati dall'evento del 11 aprile 1688 (DOM4.1)

- **Terremoto del 1781 07 17, intensità locale VII-VIII MCS**

Per questo evento l'epicentro è stato posizionato nell'area del Faentino dove è stata valutata una intensità del VIII grado MCS (Figura 4).

## 2 Metodologia per l'elaborazione degli scenari di danno a supporto dei Piani d'emergenza provinciali

### FASE A BREVE TERMINE

Da un punto di vista generale, la predisposizione di scenari di danno per la stesura di piani di emergenza provinciali si svolge secondo due momenti fondamentali:

- I. individuazione degli **eventi sismici di riferimento**. E' necessario individuare gli eventi che siano "critici" rispetto alla gestione dell'emergenza, considerando non soltanto eventi storici, ma tutte le possibili situazioni in termini di intensità e coordinate epicentrali desunte per il territorio in esame da analisi di pericolosità svolte da soggetti istituzionalmente e scientificamente competenti.

Si prendono in considerazione tutti i possibili terremoti ascrivibili alle differenti zone e strutture sismogenetiche in grado di generare eventi significativi per quel territorio, ed infine si selezionano quelli critici ai fini della gestione dell'emergenza.

Gli approcci che si possono seguire per la selezione degli eventi sono molteplici:

- individuazione dell'evento più gravoso storicamente accertato nella zona;

L'*evento storico* è ben definito dal punto di vista della entità del sisma ed ha un chiaro significato anche per i "non addetti" ai lavori. Ma può essere caratterizzato da una bassa probabilità di accadimento e condurre ad una quantificazione insostenibile delle risorse. Inoltre, tale probabilità di accadimento non è uniforme tra le diverse zone e dimensionare le risorse in base all'evento storico può condurre ad un diverso grado di protezione della popolazione.

- individuazione dell'evento più significativo dal punto di vista della pericolosità sismica del sito;

Ha il vantaggio di considerare eventi caratterizzati da una stessa probabilità, uniforme sul territorio, e il dimensionamento delle risorse può essere graduato in funzione della probabilità di accadimento da cui ci si vuole proteggere, ma le analisi di pericolosità vengono effettuate con riferimento ad un "sito", che nell'ambito in cui si sta operando dovrebbe essere rappresentativo dell'intero territorio sotto esame. Inoltre, ad un'alta pericolosità non sempre corrisponde un elevato livello di danno.

- individuazione dell'evento più significativo dal punto di vista del danneggiamento;

Tiene conto dell'impatto del terremoto sul territorio.

Poiché, come detto, ai fini della pianificazione dell'emergenza gli eventi di riferimento sono quelli "critici" ai fini della gestione della stessa, si è deciso di adottare il terzo approccio; ossia di considerare quali eventi più significativi quelli che possono determinare il maggiore impatto, in termini di danno, sul territorio in esame.

Pertanto, gli scenari di danno presentati nei paragrafi successivi sono da intendersi come quelli più significativi dal punto di vista del *danneggiamento atteso* nell'area oggetto di piano. Con il termine *danneggiamento* si intende, in generale, la modifica dello stato del territorio prodotta dall'evento, sia in termini diretti, danno fisico, sia in termini di conseguenze di questo, cioè morti, feriti, senza tetto, ecc..

A tale scopo è stata messa a punto una specifica metodologia e relativo software, che consente di passare in rassegna tutti gli eventi di diversa gravità che possono aver origine in una delle zone o strutture sismogenetiche che interessano il territorio in esame e selezionare quelli suscettibili di creare un impatto maggiore.

Vengono quindi elaborati  $n$  scenari di danno per l'area in esame caratterizzati da differenti livelli di gravità (in termini di perdite) con epicentro che migra all'interno delle zone e strutture sopra citate. Per essi il codice fornisce la valutazione delle perdite attese in funzione del tempo di ritorno degli eventi generatori (e quindi indirettamente in funzione della probabilità di eccedenza degli eventi su una prefissata finestra temporale) espresse in termini di poche grandezze significative ai fini della pianificazione dell'emergenza (abitazioni crollate, abitazioni inagibili, numero persone coinvolte in crolli, numero di senzatetto) espresse a livello aggregato sull'insieme dei comuni interessati. L'analisi dei risultati dell'elaborazione consente di pervenire alla selezione degli interventi significativi, definendo, ove necessario, differenti soglie d'impatto per gravità crescente e/o per differenti periodo di ritorno, cui potranno corrispondere diversi livelli di attivazione del piano d'emergenza.

Nel seguito si riportano i passaggi salienti della procedura adottata:

- all'interno di ciascuna zona sismogenetica (caratterizzata, come noto, da una sismicità costante spalmata su tutta l'area) e per ciascun valore di intensità (cui corrisponde in quella zona una frequenza media ovvero un periodo di ritorno su una prefissata finestra temporale), viene fatta variare la posizione dell'epicentro nella zona; quindi per ciascuna di tali localizzazioni ed intensità viene valutato lo scenario di evento sull'area di piano;

Qualora siano disponibili dati sulle strutture sorgenti, la posizione dell'epicentro viene fatta variare compatibilmente con l'andamento ipotizzato per le strutture sismogenetiche, invece che indistintamente all'interno di ciascuna zona sismogenetica, dove ci si fonda sull'ipotesi di una probabilità uniforme degli eventi all'interno di questa. Ciò in genere è possibile soprattutto per eventi superiori ad una certa soglia di magnitudo, per i quali più frequentemente sono disponibili conoscenze sulle strutture sorgenti.

- una volta valutato il livello di perdita sull'area di piano per ciascuna posizione epicentrale ed intensità, vengono memorizzate le coordinate dell'epicentro dell'evento massimo da intendersi come quello in corrispondenza del quale si registra, per quell'intensità, la massima perdita in termini di abitazioni crollate;
- questa operazione consente di costruire in riferimento alla zona sismogenetica considerata una curva degli eventi massimi, ovvero quelli che per ciascuna intensità (caratterizzata in quella zona sismogenetica da un certo valore del periodo di ritorno) massimizzano la perdita; per una più agevole lettura tale curva viene rappresentata mettendo in relazione il periodo di ritorno con il numero di abitazioni crollate che può determinare quell'evento;

- ripetendo questa operazione per tutte le zone sismogenetiche si produrranno  $n$  curve che forniscono la valutazione delle perdite attese in funzione del tempo di ritorno degli eventi generatori;

La lettura di tali curve consente di individuare delle soglie sui valori del tempo di ritorno e quindi selezionare gli eventi “critici” per il territorio in esame, caratterizzati da un diverso livello di gravità.

Per la individuazione degli eventi critici deve essere considerato anche un altro aspetto. Gli eventi caratterizzati da valori di magnitudo più elevati e il cui epicentro è baricentrale rispetto all’area di interesse coinvolgono tutto il territorio nel suo complesso; di conseguenza, ognuno rappresenta una situazione gravosa per l’area stessa.

Gli eventi meno gravosi o quelli localizzati in prossimità del confine del territorio provinciale, invece, interessano soltanto una parte dell’intero territorio oggetto del piano di emergenza; è necessario, quindi, individuare diversi eventi interessanti porzioni diverse del territorio e compararle.

II. **produzione di scenari** elaborati ad una scala di maggiore dettaglio e, soprattutto, più ricchi di informazioni per gli eventi selezionati. In particolare, possono essere rappresentate le seguenti informazioni:

- quadro territoriale dell’area che, principalmente, rappresenta una individuazione anche cartografica dei comuni interessati dagli eventi oltre alle seguenti informazioni:
  - popolazione residente in ciascun comune;
  - classificazione sismica;
  - densità abitativa in ciascun comune;
  - numero di abitazioni nel comune;
  - numero di abitazioni nelle classi di vulnerabilità A (muratura più vulnerabile), B (muratura media), C1 (muratura buona) e C2 (c.a.);
  - ospedali e case di cura;
  - numero di aule;
  - industrie a rischio;
  - vulnerabilità per franosità;
  - dighe di competenza del Servizio Nazionale Dighe;
  - principali vie di comunicazioni e aeroporti;
  - estrazioni del catalogo GNDT-NT4 relative ai terremoti storici interessanti l’area in oggetto;
  - campi macrosismici di alcuni terremoti storici (CNR-PFG 1985);
  - reti sismiche e accelerometriche presenti nell’area;
  - individuazione delle località ISTAT;

Di alcune di queste informazioni, oltre che la rappresentazione cartografica, vengono forniti anche i valori numerici in forma tabellare.

- perdite al sistema abitativo e alle persone, comune per comune e per ciascun evento:
  - stima delle abitazioni crollate, di quelle inagibili, di quelle danneggiate, della superficie totale danneggiata (costo economico);
  - stima del numero delle persone coinvolte i crolli, stima dei senza tetto.

Per ogni grandezza è valutato il valore medio e due valori, uno inferiore e l'altro superiore, che definiscono l'intervallo di incertezza delle stime effettuate.

Gli scenari di danno vengono valutati attraverso i seguenti passi:

#### **1. Severità dell'evento sismico.**

Per ogni evento selezionato, caratterizzato da una intensità e una posizione epicentrale viene determinato il campo macrosismico conseguente attraverso l'uso di una relazione di attenuazione unica per tutta la nazione ed isotropa.

Come unità isosismica è stato assunto il comune, soprattutto perché è con riferimento a questo aggregato che, al momento dello sviluppo del modulo di pronto intervento, erano disponibili i dati ISTAT delle abitazioni e della popolazione. Attualmente tali dati sono disponibili anche a livello di località e di sezione censuaria, il che consente una valutazione di maggior dettaglio, molto più significativa per i comuni che hanno grandi estensioni. Al momento, tuttavia, le sezioni censuarie non sono ancora considerate nella valutazione degli scenari, anche perché al maggior dettaglio in tema di vulnerabilità deve corrispondere una maggiore precisione del dato, quindi, una minore incertezza dello stesso, una più puntuale valutazione di tutte le grandezze in gioco e, in particolare della pericolosità che tenga conto delle caratteristiche geomorfologiche locali. Sono, comunque, in corso attività che perseguono l'obiettivo giungere ad elaborare modelli per l'elaborazione di scenari più dettagliati, precisi e completi.

#### **2. Consistenza del patrimonio abitativo**

La consistenza del patrimonio abitativo è stata desunta dal censimento ISTAT riferito alle sole abitazioni ed alla popolazione in esse residente.

Per ogni comune sono disponibili numerose informazioni: numero di abitazioni suddivise per tipologia costruttiva e per classi di età di costruzione, numero di piani degli edifici, superficie media, numero di abitanti, altri indicatori sulla composizione dei nuclei, l'età degli abitanti, il tipo di occupazione degli alloggi, etc.

#### **3. Suddivisione delle abitazioni in classi di vulnerabilità**

La vulnerabilità del patrimonio edilizio abitativo è stata stimata ripartendo le abitazioni in tre classi sulla base di indicatori, relativi alla tipologia e all'epoca di costruzione, ricavati dal censimento ISTAT e opportunamente tarati mediante i dati rilevati sul campo dal GNDT. La correlazione intensità - vulnerabilità - danno è stata valutata utilizzando il metodo delle matrici di probabilità di danno.

#### **4. Definizione del danno strutturale atteso**

Il danno strutturale discende dall'incrocio delle informazioni relative a intensità previste, frequenze di danno contenute nelle DPM e consistenza del patrimonio abitativo.

Pertanto per un assegnato comune è possibile determinare il valore atteso del numero di abitazioni che subiscono un determinato livello di danno semplicemente sommando i contributi forniti dalle abitazioni appartenenti a ciascuna classe di vulnerabilità. Tali contributi sono dati dal prodotto fra la probabilità di osservazione di quel livello di danno, relativa all'intensità risentita ed alla classe di vulnerabilità, per il numero di abitazioni appartenenti a quella classe.

#### **5. Valutazione delle perdite attese conseguenti al danno**

Le perdite vengono calcolate in funzione della distribuzione delle abitazioni nelle 6 classi di danno (da 0, danno nullo, a 5, crollo totale) e, in particolare, vengono fornite in termini di abitazioni crollate, inagibili, danneggiate, numero delle persone coinvolte in crolli, stima dei senza tetto così valutati:

- abitazioni crollate : tutte quelle con livello di danno 5,
- abitazioni inagibili : quelle con livello di danno 4 più una frazione di quelle con livello di danno 3 (40%),
- abitazioni danneggiate ma agibili : quelle con livello di danno 2 più quelle con livello di danno 3 non considerate fra le inagibili.
- persone potenzialmente coinvolte dai crolli totali : popolazione residente nelle abitazioni crollate (potenziali morti + feriti nel caso di presenza della popolazione nelle abitazioni)
- senzatetto : persone residenti nelle abitazioni inagibili.

#### FASE A LUNGO TERMINE

È possibile elaborare scenari a **scala di maggior dettaglio** rispetto a quelli, di cui si è detto sopra, elaborati sulla base di informazioni a livello comunale. Si può passare non solo a scala di località, ma anche di sezione censuaria. Ma più si scende di scala più le metodologie di valutazione utilizzate possono non garantire un sufficiente grado di approssimazione dei risultati. Scendendo di scala, infatti, pesa in maniera maggiore il livello di dettaglio del sistema informativo sia per quanto riguarda l'aggregazione dei dati che relativamente alla quantità e tipo dei dati. Ad esempio è importante prendere in considerazione la variabilità spazio-temporale delle presenze, l'efficienza dei soccorsi, etc..

Pesa anche la possibilità di stimare puntualmente la vulnerabilità e gli effetti locali, elementi che possono variare molto rapidamente nello spazio.

Inoltre gli scenari che attualmente vengono elaborati non considerano molti aspetti che invece hanno un peso importante nella predisposizione dei Piani di Protezione Civile. Tipicamente quelli relativi alla **viabilità**, agli **ospedali** e agli altri **edifici strategici**, agli **impianti a rischio**. Attualmente i dati e gli strumenti a disposizione non consentono di procedere alla valutazione degli scenari di danno inerenti a tali elementi.

**Effetti locali** legati alla morfologia e alla geologia del territorio non sono stati ancora considerati. Molti di questi aspetti ed anche altri come quelli relativi alla individuazione delle strutture e delle zone sismogenetiche, sono oggetto di ulteriori studi e ricerche, sia in ambito nazionale che internazionale.

Inoltre, quando si parla di effetti di un evento non si può far riferimento soltanto alle perdite per il sistema abitativo, intese come valore atteso aggregato di crolli, morti, feriti, ecc..., ma è necessario valutare la distribuzione spaziale di tali perdite, studiarne la dipendenza dalle **caratteristiche urbane della città**, verificare se queste possano modificare l'efficienza dei soccorsi e di tutte quelle che sono le attività in fase di emergenza. , il comportamento delle infrastrutture a rete e delle opere strategiche

E' necessario inoltre valutare gli **effetti cosismici** quali: frane, tsunami, incidenti su impianti industriali, ecc.

Ma l'urgenza e la necessità di avere comunque una previsione dell'impatto sul territorio di eventi sismici hanno imposto al Dipartimento Della Protezione Civile un atteggiamento pragmatico che, sacrificando alcuni aspetti, ha comunque elaborato uno

strumento che consente di dare una prima risposta ai problemi di pianificazione dell'emergenza, che per quanto limitato è, in ogni caso, di grande utilità. Basti pensare all'importanza di conoscere, quanto meno, gli ordini di grandezza del problema da fronteggiare sia in fase di pianificazione che in fase di emergenza.

### 3 Scenari di danno per la provincia di Forlì Cesena

I individuazione degli **eventi sismici di riferimento**.

L'applicazione della metodologia all'area di Forlì Cesena ha prodotto le curve delle Figure 5 e 6 nelle quali in ordinata è riportato il tempo di ritorno degli eventi generatori e in ascissa il valore atteso del numero di abitazioni crollate nell'intera zona colpita, nella Figura 5, e nella sola area provinciale, nella Figura 6.

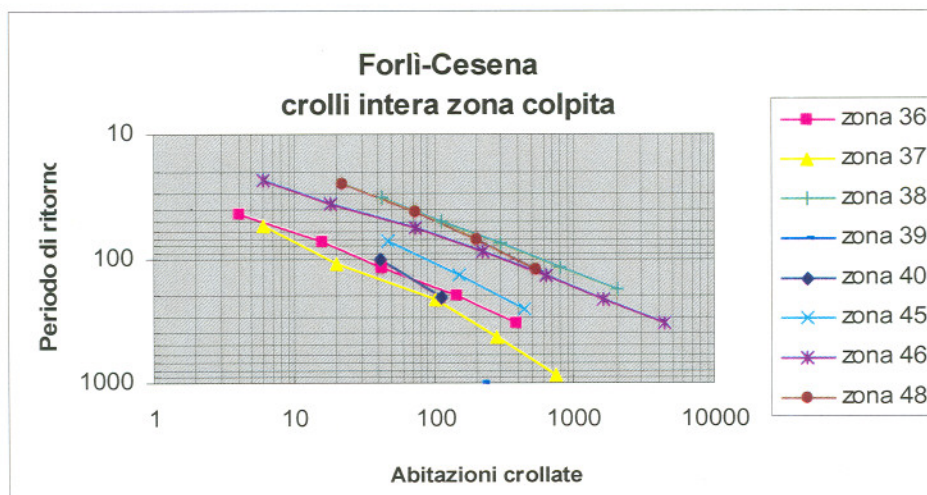


Figura 5. Abitazioni crollate nell'intera zona colpita dagli eventi con origine in diverse zone sismogenetiche

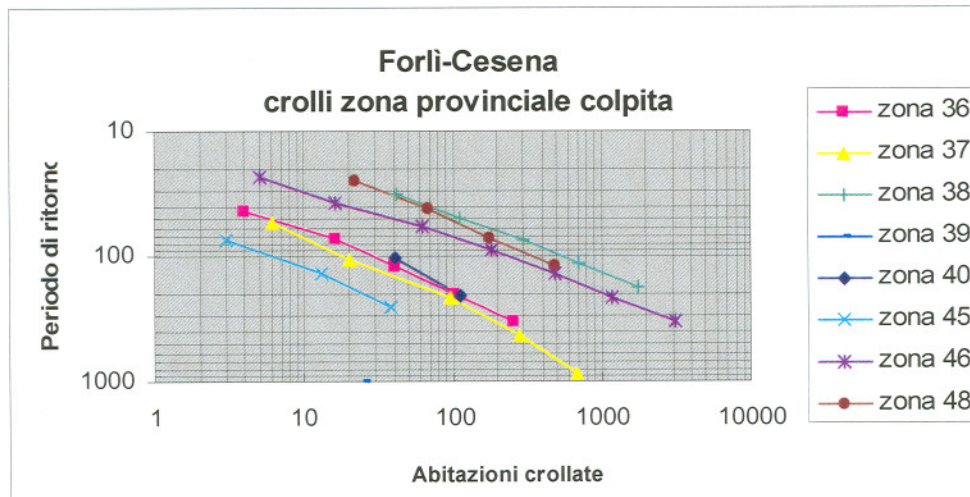


Figura 6. Abitazioni crollate nella Provincia di Forlì Cesena, per eventi con origine in diverse zone sismogenetiche

Le curve si riferiscono alle diverse zone sismogenetiche che interessano il territorio di Forlì Cesena che di seguito vengono elencate:

- Zona 36 caratterizzata da un'intensità massima di 9.0 gradi della scala Mercalli con periodo di ritorno di 330 anni
- Zona 37 caratterizzata da un'intensità massima di 9.0 gradi della scala Mercalli con periodo di ritorno di 870 anni

- Zona 38 caratterizzata da un'intensità massima di 9.0 gradi della scala Mercalli con periodo di ritorno di 180 anni
- Zona 39 caratterizzata da un'intensità massima di 8.0 gradi della scala Mercalli con periodo di ritorno di 1000 anni
- Zona 40 caratterizzata da un'intensità massima di 7.5 gradi della scala Mercalli con periodo di ritorno di 210 anni
- Zona 45 caratterizzata da un'intensità massima di 9.0 gradi della scala Mercalli con periodo di ritorno di 260 anni
- Zona 46 caratterizzata da un'intensità massima di 10.0 gradi della scala Mercalli con periodo di ritorno di 330 anni
- Zona 48 caratterizzata da un'intensità massima di 8.5 gradi della scala Mercalli con periodo di ritorno di 120 anni

Si fa presente che i valori indicati per il Tempo di Ritorno sono puramente indicativi, in quanto affetti da numerose incertezze determinate dalle metodologie di acquisizione degli stessi. Questo vale soprattutto per i terremoti più forti, per i quali il catalogo dei terremoti storici utilizzato contiene pochi eventi di tale entità nell'arco temporale che esso ricopre.

Tra gli eventi considerati sono stati selezionati quelli potenzialmente in grado di massimizzare le perdite nell'area di piano, ascrivibili sostanzialmente alle zone 38 e 46, così come deducibile dalla figura 7.

Peraltro l'analisi storica effettuata sui Comuni di interesse ha evidenziato che gli eventi storici a cui è corrisposta maggiore intensità nella provincia di Forlì Cesena hanno avuto epicentro localizzato proprio nell'area della zona 38.

Poiché al crescere dell'impatto dell'evento sul territorio variano le problematiche che un piano di emergenza deve affrontare, si sono individuati due livelli di soglia per i periodi di ritorno e, quindi, tre gruppi di eventi, precisamente: a) eventi con periodo di ritorno superiore a 120 anni; b) eventi con periodo di ritorno da 50 anni fino a 120 anni; c) eventi con periodo di ritorno inferiori a 50 anni.

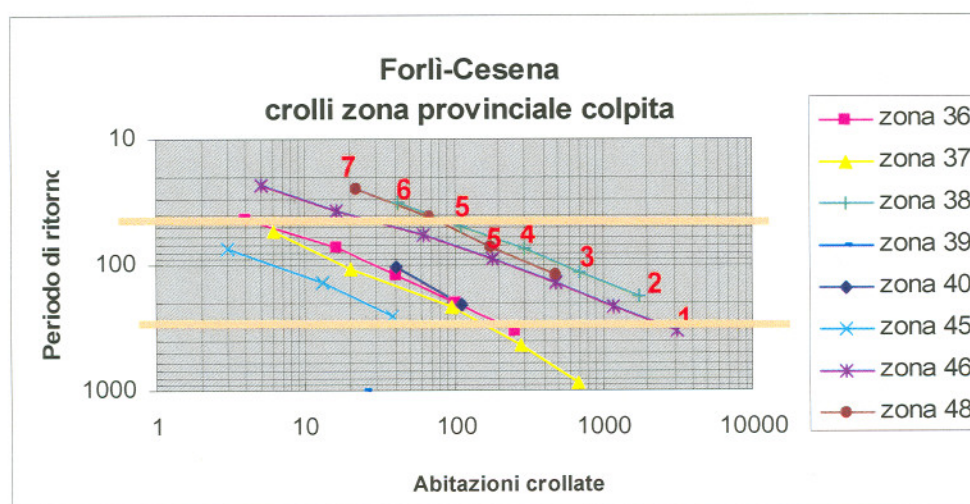


Figura 7. Selezione degli eventi significativi all'interno delle soglie temporali per periodo di ritorno

Dall'analisi dei dati di cui alla Figura 7, risulta che:

- gli eventi della fascia a), con tempi di ritorno superiori a 100 anni, sono quelli più critici con perdite massime in termini di abitazioni crollate che possono superare le 3000 unità;
- agli eventi della fascia b), con tempi di ritorno tra 50 e 100 anni, corrisponde una perdita massima in termini di abitazioni crollate entro le 300 unità;
- agli eventi della fascia c), con tempi di ritorno inferiori a 50 anni, corrisponde una perdita massima in termini di abitazioni crollate intorno alle 40 unità;

In Tabella 2 sono riportati gli eventi selezionati con relative caratteristiche, coordinate epicentrali e crolli nella sola provincia di Forlì Cesena.

Evento	Zona/Struttura sismogenetica	Intensità	Tempo di Ritorno	Coordinate epicentrali		Crolli
				Lat	Long	
1	Z46	X	332	43°59'	12°12'	3102
2	Z38	IX	178	44°13'	12°06'	1745
3	Z38	VIII-IX	116	44°13'	12°06'	703
4	Z38	VIII	76	44°13'	12°06'	294
5	Z38	VII-VIII	50	44°13'	12°06'	113
6	Z38	VII	33	44°13'	12°06'	42
7	Z48	VII	25	44°10'	12°17'	22

Tabella 2. Elenco degli eventi selezionati

Gli eventi da prendere a riferimento per i tre livelli di allerta da prevedere nel Piano sono, ovviamente, quelli che massimizzano i danni in ognuna delle tre fasce e, quindi, gli **eventi 1, 4 e 6**.

Nella tabella 3 sono riportati i danni al patrimonio edilizio e alla popolazione per ciascuno degli eventi selezionati, cumulati su tutti i comuni della provincia interessata.

Evento	Abitaz. crollate min	Abitaz. crollate max	Abitaz. crollate max	Abitaz. inagibili min	Abitaz. inagibili max	Abitaz. inagibili max	Vittime min	Vittime max	Vittime max	Feriti min	Feriti max	Feriti max	Senza tetto min	Senza tetto max	Senza tetto max
1	1278	3102	6459	9985	17345	25984	807	1981	4194	1883	4622	9786	21945	39006	59539
2	626	1745	3928	7778	14607	23027	422	1179	2673	984	2750	6237	17725	33720	53755
3	223	703	1721	4197	8876	15327	149	470	1159	347	1097	2705	9360	20041	35117
4	74	294	788	2366	5602	10394	50	198	529	116	462	1235	5235	12532	23591
5	26	113	370	1334	3557	6982	17	77	249	41	180	581	2957	7965	15859
6	0	42	153	735	2207	4553	0	28	102	0	66	239	1639	4972	10403
7	0	22	90	562	1862	4020	0	15	62	0	36	146	1278	4259	9275

Tabella 3. Quadro riepilogativo delle perdite attese per gli eventi selezionati

Nei successivi grafici di figura 8 tali valori sono riportati in forma di istogramma.

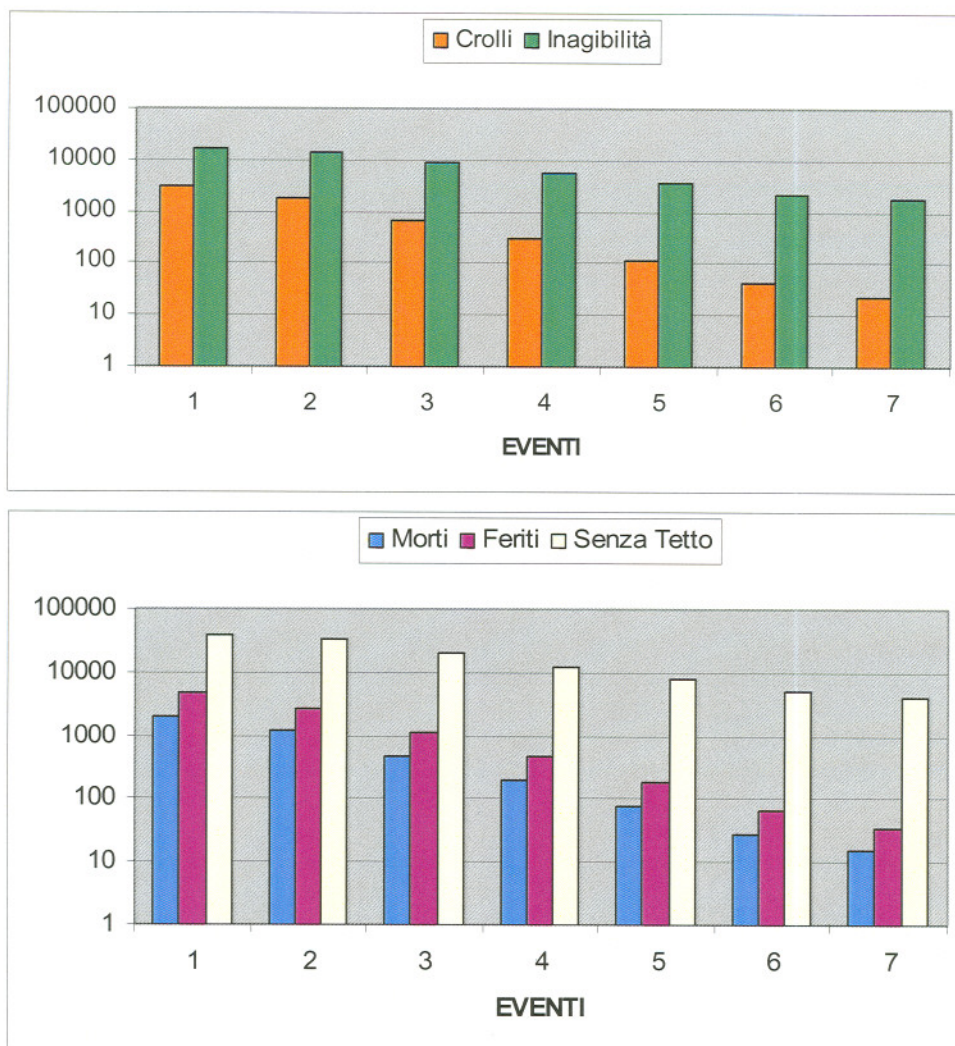


Figura 8. Perdite in termini di danni alle abitazioni e alle persone per gli eventi selezionati

Dall'analisi dei dati di cui alle tabelle 2 e 3, si può facilmente osservare come con l'aumentare del tempo di ritorno aumentino le perdite attese.

Per gli eventi della prima fascia si ha un'intensità massima epicentrale (zona 46) del grado X della scala Mercalli con un periodo di ritorno di circa 330 anni, a cui corrisponde un numero atteso di abitazioni crollate di circa 3000 unità, con un intervallo di incertezza che va da 1300 a 6500. Il valore atteso di abitazioni inagibili è di circa 17000, con un intervallo di incertezza compreso tra 10000 e 26000 circa; il numero delle vittime è stato stimato intorno a 1900 con un intervallo di incertezza compreso tra 400 e 4200 circa, i feriti sono 4600 con un intervallo di incertezza compreso tra 1900 e 9800 circa, mentre il numero dei senzateetto può superare le 39000 unità circa, con una incertezza compresa tra un valore minimo di 22000 e uno massimo di 60000.

Per gli eventi della seconda fascia si ha un'intensità massima epicentrale (zona 38) del grado VIII della scala Mercalli con un periodo di ritorno di circa 80 anni, a cui corrisponde un numero atteso di abitazioni crollate di circa 300 unità, con un intervallo di incertezza che oscilla tra 70 e 800 circa. Il valore atteso del numero di abitazioni inagibili è di circa 5600, con un intervallo di incertezza compreso tra 2300 e 10000 circa; il numero delle vittime è stato stimato intorno a 200, con un intervallo di incertezza compreso tra 50 e 530 circa, i feriti sono 460 circa, con un intervallo di incertezza compreso tra 120 e 1200, mentre il numero dei senzateetto può raggiungere le

13000 unità circa, con una incertezza compresa tra un valore minimo di 5200 e uno massimo di 24000.

Per gli eventi della terza fascia si ha un'intensità massima epicentrale (zona 38) del grado VII della scala Mercalli e un periodo di ritorno di 33 anni, a cui corrisponde un numero atteso di abitazioni crollate di circa 40 unità, con un intervallo di incertezza che oscilla tra 0 e 150 circa. Il valore atteso del numero di abitazioni inagibili è di circa 2200, con un intervallo di incertezza compreso tra 700 e 4500 circa; il numero delle vittime è stato stimato intorno a 30, con un intervallo di incertezza compreso tra 0 e 100 circa, i feriti sono circa 70 circa, con un intervallo di incertezza compreso tra 0 e 240, mentre il numero dei senzatetto può raggiungere le 5000 unità circa, con una incertezza compresa tra un valore minimo di 1600 e uno massimo di 10000.

Tutte le stime effettuate, come sopra indicato, sono affette da un intervallo di incertezza, legato a vari fattori tra cui un limitato grado di conoscenza della vulnerabilità dell'edificato ed in genere del territorio, l'aleatorietà intrinseca del fenomeno, l'utilizzo di grandezze che, per loro stessa natura, sono caratterizzate da una forte variabilità, come il numero persone presenti all'interno degli edifici al momento dell'evento.

Le stime effettuate, pur affette da incertezze, conservano, comunque, una loro validità, dal momento che il problema che si pone nella gestione dell'emergenza degli eventi sismici non è molto sensibile ad una valutazione "precisa" delle perdite.

Nelle figure successive (da figura 9 a figura 11), per ogni evento, è riportata la distribuzione delle intensità risentite, delle abitazioni crollate e inagibili, delle persone coinvolte e dei senzatetto nei comuni del territorio, in modo da individuare anche geograficamente gli eventi selezionati. Ad ogni figura segue la tabella dei corrispondenti valori numerici, che hanno il solo valore di fornire la rappresentazione della base da cui sono stati desunti i valori complessivi delle perdite, che sono gli unici da tenere in considerazione nella pianificazione. Infatti quelle descritte sono solo le situazioni più gravose possibili nell'area di piano; ma oltre a queste saranno possibili situazioni che nel complesso saranno meno gravose per la provincia, ma molto diverse in termini di distribuzione territoriale dell'impatto del terremoto e delle problematiche che ne conseguono.

## **II produzione di scenari per gli eventi sismici di riferimento.**

Per ciascuno degli eventi di cui sopra, è anche possibile estrarre il quadro territoriale e una stima delle perdite comune per comune più completa di indicatori, rispetto a quella fornita nel presente documento. Tali informazioni non sono allegate al presente documento, ma possono essere comunque fornite qualora se ne ravveda la necessità.

## Gruppo A: Periodo di ritorno oltre 120 anni

Intensità epicentrale: X  
Tempo di ritorno: 332 anni  
Coordinate epicentrali: Lat. 43°59' □ Long. 12°12'  
Epicentro in Zona Sismogenetica : 46

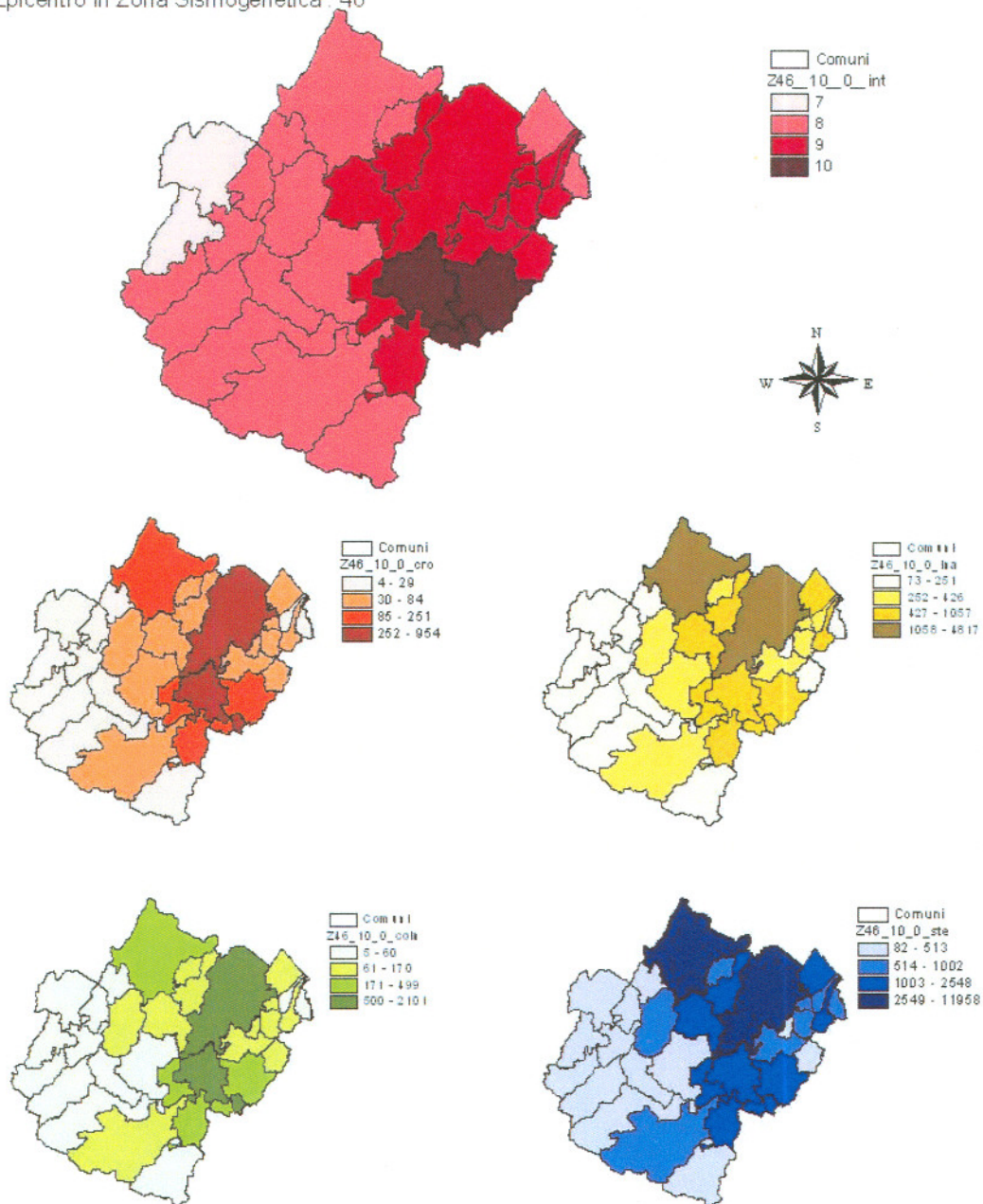


Figura 9

<b>cod_istat</b>	<b>comune</b>	<b>intensità</b>	<b>crolli</b>	<b>inagibilità</b>	<b>coinvolti in crolli</b>	<b>senza tetto</b>
8040001	BAGNO DI ROMAGNA	8	47	426	78	737
8040003	BERTINORO	9	74	557	160	1257
8040004	BORGHI CASTROCARO TERME E	9	48	220	91	437
8040005	T	8	15	206	27	371
8040007	CESENA	9	597	4817	1388	11958
8040008	CESENATICO	8	39	647	78	1182
8040009	CIVITELLA DI ROMAGNA	8	35	282	60	513
8040011	DOVADOLA	8	8	101	13	167
8040012	FORLI'	8	223	3042	499	6991
8040013	FORLIMPOPOLI	8	37	403	83	949
8040014	GALEATA	8	14	135	27	261
8040015	GAMBETTOLA	9	34	349	92	984
8040016	GATTEO	9	29	297	59	605
8040018	LONGIANO	9	70	390	164	1002
8040019	MELDOLA	9	70	543	152	1241
8040020	MERCATO SARACENO	10	954	1057	2101	2548
8040022	MODIGLIANA	7	10	177	16	298
8040028	MONTIANO	9	34	162	73	373
8040031	PORTICO E SAN BENEDE	8	5	83	6	105
8040032	PREDAPPIO	8	40	361	76	713
8040033	PREMILCUORE	8	4	74	5	82
8040036	ROCCA SAN CASCIANO	8	10	130	17	214
8040037	RONCOFREDDO	9	84	329	170	722
8040041	SAN MAURO PASCOLI	8	19	236	48	604
8040043	SANTA SOFIA	8	25	251	45	458
8040044	SARSINA SAVIGNANO SUL	9	250	694	450	1400
8040045	RUBICO	9	55	527	133	1351
8040046	SOGLIANO AL RUBICONE	10	251	579	466	1147
8040049	TREDOZIO	7	4	73	5	95
8040050	VERGHERETO	8	17	197	21	241

## Gruppo B: Periodo di ritorno da 50 a 120 anni

Intensità epicentrale: VIII  
Tempo di ritorno: 76 anni  
Coordinate epicentrali: Lat. 44°13' □ Long. □12°06'  
Epicentro in Zona Sismogenetica : 38

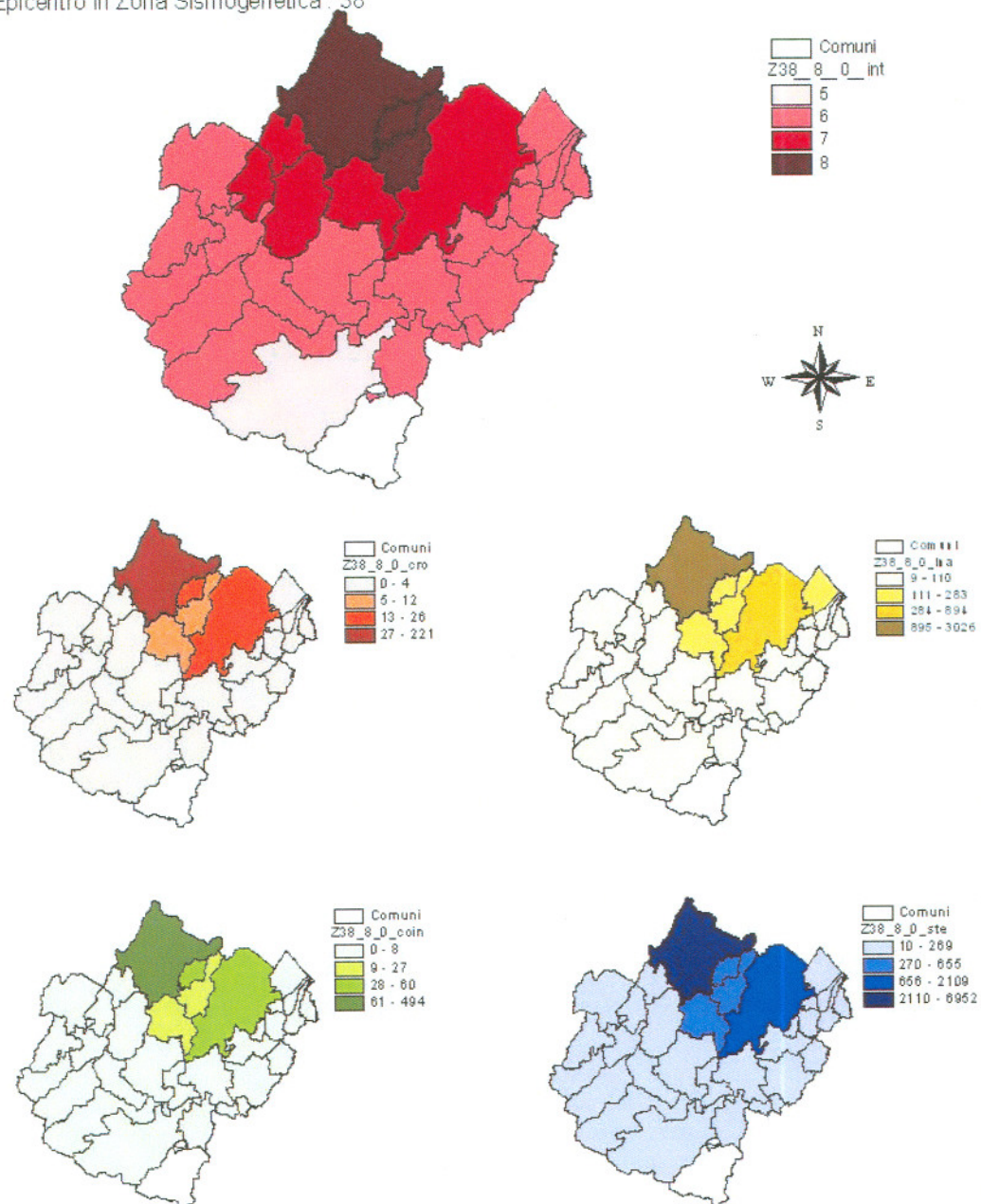


Figura 10

cod_istat	comune	intensità	crolli	inagibilità	coinvolti in crolli	senza tetto
8040001	BAGNO DI ROMAGNA	5	0	24	0	40
8040003	BERTINORO	8	12	225	27	493
8040004	BORGHI	6	0	16	0	31
	CASTROCARO TERME E					
8040005	T	7	4	107	8	193
8040007	CESENA	7	26	894	60	2109
8040008	CESENATICO	6	0	138	0	269
8040009	CIVITELLA DI ROMAGNA	6	0	40	0	70
8040011	DOVADOLA	7	0	34	0	56
8040012	FORLI'	8	221	3026	494	6952
8040013	FORLIMPOPOLI	8	19	283	44	655
8040014	GALEATA	6	0	19	0	36
8040015	GAMBETTOLA	6	0	40	0	109
8040016	GATTEO	6	0	35	0	73
8040018	LONGIANO	6	0	31	0	73
8040019	MELDOLA	7	9	195	21	429
8040020	MERCATO SARACENO	6	0	45	0	86
8040022	MODIGLIANA	6	0	61	0	103
8040028	MONTIANO	6	0	17	0	36
8040031	PORTICO E SAN BENEDE	6	0	16	0	20
8040032	PREDAPPIO	7	3	110	6	210
8040033	PREMILCUORE	6	0	9	0	10
8040036	ROCCA SAN CASCIANO	6	0	30	0	48
8040037	RONCOFREDDO	6	0	21	0	43
8040041	SAN MAURO PASCOLI	6	0	24	0	63
8040043	SANTA SOFIA	6	0	26	0	47
8040044	SARSINA	6	0	30	0	53
	SAVIGNANO SUL					
8040045	RUBICO	6	0	57	0	144
8040046	SOGLIANO AL RUBICONE	6	0	32	0	59
8040049	TREDOZIO	6	0	17	0	22

## Gruppo C: Periodo di ritorno inferiori a 50 anni

Intensità epicentrale: VII  
Tempo di ritorno: 33 anni  
Coordinate epicentrali: Lat. 44°13' □ Long. 12°06'  
Epicentro in Zona Sismogenetica : 38

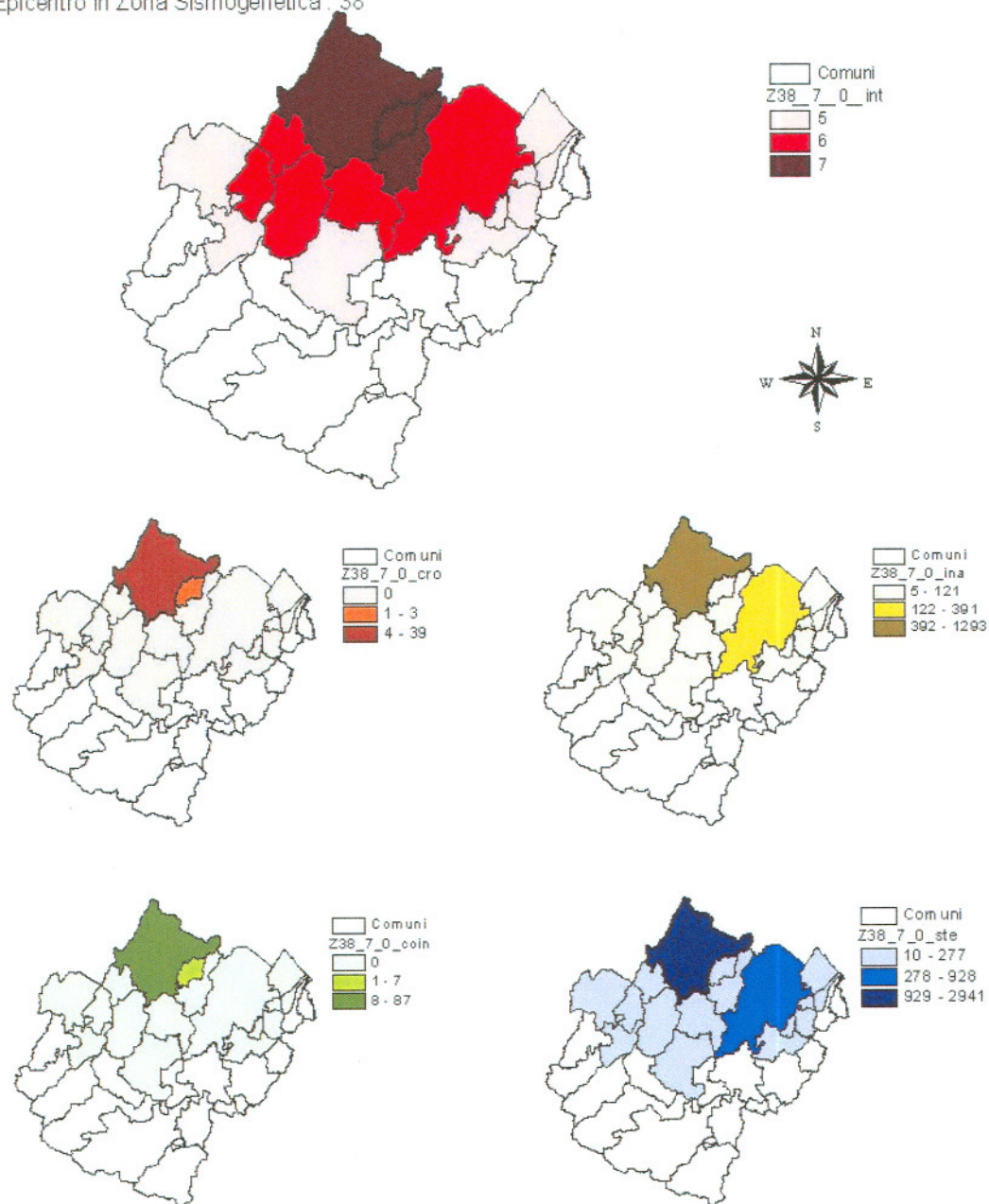


Figura 11

<b>cod_istat</b>	<b>comune</b>	<b>intensità</b>	<b>crolli</b>	<b>inagibilità</b>	<b>coinvolti in crolli</b>	<b>senza tetto</b>
8040003	BERTINORO	7	0	100	0	219
8040005	CASTROCARO TERME E T	6	0	47	0	85
8040007	CESENA	6	0	391	0	928
8040008	CESENATICO	5	0	38	0	74
8040009	CIVITELLA DI ROMAGNA	5	0	10	0	17
8040011	DOVADOLA	6	0	12	0	21
8040012	FORLI'	7	39	1293	87	2941
8040013	FORLIMPOPOLI	7	3	121	7	277
8040015	GAMBETTOLA	5	0	12	0	34
8040016	GATTEO	5	0	9	0	19
8040018	LONGIANO	5	0	8	0	20
8040019	MELDOLA	6	0	86	0	189
8040022	MODIGLIANA	5	0	16	0	27
8040028	MONTIANO	5	0	5	0	10
8040032	PREDAPPIO	6	0	47	0	90
8040036	ROCCA SAN CASCIANO	5	0	7	0	11
8040037	RONCOFREDDO	5	0	5	0	10

### Riferimenti Bibliografici

1. Medvedev S.V., 1977 "Seismic Intensity Scale M.S.K.-76", Publ. Inst. Geophys. Pol. Ac. Sc., Varsavia.
2. European Seismological Commission, W.G. Macroseismic scales, 1993 "European Macroseismic Scale 1992", G. Grunthal ed., Luxembourg.
3. Blake A., 1941: "On the estimation of focal depth from macroseismic data", BSSA, 31
4. Braga, F, Dolce, M, Liberatore, D., 1982: "A Statistical Study on damaged buildings and an ensuing review of the M.S.K. - 76 scale", Atti del 7 ECEE - Atene
5. Brammerini F., Di Pasquale G., Orsini G., Pugliese A., Romeo R., Sabetta F. 1995: "Rischio sismico del territorio italiano. Proposta di una metodologia e risultati preliminari", Rapp. tec. SSN/RT/95/1, Roma.
6. Colonna E., Molina C., Petrini V., 1994 : "Criteri di valutazione della vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente sul territorio nazionale" Ingegneria Sismica n.1, Gen-Apr. 1994.
7. Petrini V. (editore), 1995 "Pericolosità sismica e prime valutazioni di rischio in Toscana", C.N.R. - I.R.R.S. - Regione Toscana Dip. Ambiente
8. Gavarini C., Paolone A., 1991: "Vulnerabilità sismica degli edifici in cemento armato - Nota 1 - Indagini parametriche sulla resistenza alle azioni laterali dei telai piani in cemento armato tamponati", Ingegneria Sismica n.1.
9. Gavarini C., Paolone A., 1991: "Vulnerabilità sismica degli edifici in cemento armato - Nota 2 - PORTAM : un software per la valutazione della resistenza alle azioni laterali di telai spaziali in cemento armato", Ingegneria Sismica n.2.
10. Gavarini C., Nisticò N., 1991: "Vulnerabilità sismica degli edifici in cemento armato - Nota 3 - Definizione della vulnerabilità mediante rette danno-accelerazione", Ingegneria Sismica n. 2.
11. G. Orsini, "A model for buildings vulnerability assessment using the Parameterless Scale of Seismic Intensity (PSI)", Earthquake Spectra, Agosto 1999, Volume 15, n.3.
12. Coburn A.W., Spence R.J.S, Pomonis A., 1992 "Factors determining human casualty levels in earthquakes: mortality prediction in building collapse", 10th World Conference on Earthquake Earthquake", U.S. - Italy Workshop on Seismic Hazard and Risk Analysis, Varenna, Italy.
13. H. Tiedemann, 1992 "Earthquake and Volcanic Eruptions - A Handbook on Risk Assessment", Swiss Reinsurance Company, Zurich.
14. Ministero per i Beni Culturali e Ambientali : Soprintendenza Generale agli Interventi Post-sismici in Campania e Basilicata, 1994, "Dopo la polvere", Relazione sugli interventi di recupero (1985-1989) del patrimonio artistico monumentale danneggiato dal terremoto del 1980-1981, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
15. Di Pasquale, G. & Orsini, G. 1997 Proposta per la valutazione di scenari di danno conseguenti ad un evento sismico a partire dai dati ISTAT. 8 Convegno Nazionale L'Ingegneria Sismica in Italia. Taormina 21 - 24 Settembre.
16. Di Pasquale G., Orsini G., Pugliese A. & Romeo R. W. , "Damage scenario for future earthquakes", presented at the Eleventh European Conference of Earthquake Engineering, 1998, Paris.
17. Bosi V., Decanini L., Guerra I., Gresta S., Orsini G., Romeo R., Valensise G., "Scenari di danno. Relazione conclusiva della prima fase", documento predisposto

per la Commissione per la elaborazione del piano di emergenza nazionale per eventi sismici in Sicilia Orientale e Stretto di Messina, 1998.

18. R. De Marco, R. Colozza, R. Ferlito, C. Mercuri, G. Orsini, F. Papa, A. G. Pizza “Metodologie speditive per la definizione di scenari a scala comunale”, **XXIII Conferenza Nazionale AISRE** – Associazione Italiana di Scienze Regionali – Reggio Calabria, 10 Ottobre 2001
19. De Marco, R. Colozza, R. Ferlito, C. Mercuri, G. Orsini, F. Papa, A. G. Pizza, “The scenarios quick assesment methodology for seismic emergency planning at municipal scale”, R50th Anniversari of the European Seismological Commission (ESC) – **XXVIII General Assembly**. 1/6-9-02, Genova
20. G. Di Pasquale, R. Ferlito, G. Orsini, F. Papa, A. G. Pizza, J. Van Dyck, D. Veneziano “Seismic scenario tools for emergency planning and management”, ESC **Assembly** on September 12-17, 2004 in **Potsdam**, Germany - subsession SCF-2B
21. Gruppo di Lavoro dell Ufficio Servizio Sismico Nazionale.– Rapporto dal titolo “Valutazioni in ordine alle condizioni di rischio e agli scenari di evento sismico nell’Isola di Ortigia”, Marzo 2001
22. Diego Molin ““Sismicità della Regione Emilia Romagna” Relazione presentata al Corso pilota in Emilia Romagna “Sistema integrato per la gestione tecnica dell’emergenza sismica. Rilievo del danno e valutazione dell’agibilità”