



Legenda colonna Tema ambientale

Tema ambientale	
Rischio sismico	
Pericolosità sismica	
Vulnerabilità sismica	
Esposizione	

Quadro sinottico degli indicatori

DPSIR	Tema ambientale	Nome Indicatore / Indice	Altre aree tematiche interessate	Copertura		Trend	Pag.
				Spaziale	Temporale		
PRESSIONI		Distribuzione territoriale della popolazione		Comune	2001-2009	☹️	708
		Territorio urbano caratterizzato da grande attività di persone		Provincia	2004, 2009	☹️	711
		Consistenza e condizioni d'uso del patrimonio edilizio esistente		Provincia	2001	☹️	713
		Distribuzione regionale degli stabilimenti a rischio nelle zone sismiche	Vedi capitolo Rischio antropogenico (pag. 727)				
STATO		Eventi sismici osservati		Regione	2008	☹️	715
		Fagliazione superficiale		Regione	2003	☹️	719
		Pericolosità sismica di base (Pb)		Regione	2004	☹️	725
		Pericolosità sismica locale (Pl)		Regione	2007	☹️	727
RISPOSTE		Classificazione sismica		Comune	2003	☹️	729
		Microzonazione Sismica (MS)		Comune	2008	☹️	731



Introduzione

Il terremoto è lo scuotimento della superficie terrestre quasi sempre generato dal brusco rilascio di energia a seguito di una rottura delle rocce del sottosuolo, o riattivazione di una rottura già esistente, e dell'improvviso scorrimento relativo delle due parti. La superficie di rottura lungo cui si ha scorrimento è definita *faglia*. Il punto in cui si realizza tale rottura, e da cui ha origine il terremoto, è detto *ipocentro*.

L'*epicentro* corrisponde al punto della superficie terrestre situato sulla verticale dell'ipocentro e nel cui intorno (area epicentrale) si osservano i maggiori effetti del terremoto.

L'energia rilasciata dal terremoto si propaga in tutte le direzioni sotto forma di vibrazioni elastiche (onde sismiche), che si manifestano in superficie con una serie di rapidi movimenti o scuotimenti del suolo. La maggior parte dei terremoti è dovuta ai processi dinamici interni del pianeta; questi terremoti si definiscono di origine tettonica.

Una faglia si forma o si riattiva quando lo stress tettonico supera il limite di rottura delle rocce della litosfera¹. Alcuni terremoti, anche se molto raramente, possono essere generati da crolli di grandi dimensioni o da attività antropiche (esplosioni, attività minerarie, prelievi e re-immissioni di fluidi in pressione nel sottosuolo, riempimento e svuotamento rapido di grandi bacini idrici, etc.). Per lo più, in questi casi, i risentimenti sono minori e l'area interessata ha un'estensione più limitata.

Nella comune accezione di rischio sismico sono normalmente considerati solo i terremoti di origine tettonica.

La sismicità (frequenza e forza con cui si manifestano i terremoti) è una caratteristica fisica del territorio.

Alcune aree dell'Emilia-Romagna sono interessate da una sismicità frequente e di energia medio-elevata. La configurazione geologica locale, la distribuzione della popolazione e delle attività e in alcuni casi la vulnerabilità dei fabbricati rendono il rischio sismico dell'Emilia-Romagna piuttosto elevato, talora anche in aree a minore sismicità.

Il Rischio Sismico

Il Rischio Sismico (RS) può essere quantificato dall'entità dei danni attesi. RS dipende dalla Pericolosità Sismica (PS), cioè dalla sismicità e dalle condizioni geologiche dell'area, dalla Vulnerabilità (V), cioè dalla qualità e quindi dalla resistenza delle costruzioni, e dall'Esposizione (E), cioè dalla distribuzione, tipo ed età della popolazione e dalla natura, quantità e distribuzione dei centri abitati e dei beni.

A seguito dell'Ordinanza del Presidente Consiglio dei Ministri (OPCM) n. 3274/2003, che riporta la nuova classificazione sismica del territorio, recepita dalla Regione Emilia-Romagna in prima applicazione con la DGR 1677/2005, tutti i comuni sono classificati sismici in zone a pericolosità sismica decrescente (zona 1: pericolosità elevata; zona 2: pericolosità media; zona 3: pericolosità bassa; zona 4: pericolosità minima). Di conseguenza, tutte le azioni per la riduzione del rischio sismico previste per i comuni classificati sismici, sia in fase di pianificazione territoriale e urbanistica che di progettazione, sono oggi richieste in tutto il territorio. Il grado di approfondimento delle indagini e degli studi dipende dalla pericolosità dell'area e dall'importanza dell'intervento da realizzare.

Le attuali conoscenze permettono di sapere dove e con che modalità avverrà un terremoto ma non, con la necessaria attendibilità, quando. La previsione dei terremoti non è quindi un traguardo conseguibile in tempi brevi. Le analisi di pericolosità sismica indicano che l'Emilia-Romagna è soggetta a una sismicità che può essere definita di medio grado. I rilievi dei danni negli ultimi terremoti, sia in Emilia-Romagna che in altre regioni, hanno poi evidenziato che il danno da terremoto è determinato soprattutto dalla vulnerabilità del patrimonio edilizio.

La riduzione del rischio sismico, allo stato attuale delle conoscenze, va dunque affrontata dal punto di vista della prevenzione.

Le azioni previste dalla Regione Emilia-Romagna per la riduzione del rischio sismico si articolano nelle forme proprie dell'attività istituzionale della Regione: le risposte al problema sono, infatti, sia di carattere normativo, attraverso l'emanazione di leggi, regolamenti o atti di indirizzo, sia di carattere sperimentale, attraverso accordi con altri Enti e con istituti di ricerca per la promozione e la realizzazione di studi pilota o analisi di casi particolari.

¹ La porzione esterna e rigida del pianeta, costituita dalla parte più superficiale del mantello e dalla crosta terrestre, il cui spessore totale supera generalmente i 100 km.



BOX 1 – DEFINIZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Il Rischio Sismico può essere espresso dalla relazione:

$$RS = PS \times E \times V$$

dove

- PS è la pericolosità sismica dell'area, definita dalla sismicità e dalle condizioni geo-morfologiche locali;
- E è l'esposizione, data dalla distribuzione e importanza dei centri urbani, delle infrastrutture e della popolazione sul territorio;
- V è la vulnerabilità delle costruzioni, cioè la qualità o capacità degli edifici e delle infrastrutture di resistere alle sollecitazioni sismiche.

L'esposizione e la vulnerabilità sono strettamente correlate alle scelte e alle azioni dei cittadini e delle amministrazioni, mentre la pericolosità sismica dipende, invece, dalle caratteristiche fisiche del territorio.

La pericolosità sismica, a sua volta, è costituita da due componenti:

- 1) la sismicità dell'area, cioè la frequenza ed energia dei terremoti che possono verificarsi e la distanza dalle sorgenti sismogenetiche; dipende quindi dalle caratteristiche sismotettoniche, vale a dire dalle condizioni geologico-strutturali profonde, dalle dinamiche della crosta terrestre e del mantello superiore; questa componente è definita anche come *pericolosità sismica di base* (Pb);
- 2) le condizioni geologiche e morfologiche locali che possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie, aumentandone gli effetti (di particolare interesse il fenomeno dell'amplificazione), e contribuire al verificarsi di fenomeni che modificano in maniera permanente il territorio, quali frane, liquefazione, densificazione, fagliazione, etc.; le condizioni geologiche e morfologiche capaci di produrre tali effetti costituiscono la *pericolosità sismica locale* (Pl); tali modificazioni del moto sismico e del paesaggio dovute alle condizioni geologiche e morfologiche sono denominate "effetti locali".

Attualmente esistono procedure speditive condivise, e ritenute standard, per la valutazione della Pericolosità Sismica e dell'Esposizione; purtroppo, ancora non esistono procedure speditive condivise per la valutazione della Vulnerabilità.

Allo stato attuale, una stima di V ritenuta attendibile richiede osservazioni approfondite e dettagliate; di conseguenza non è possibile una stima di V a scala vasta (regionale, provinciale o intercomunale) e in tempi brevi. Valutazioni di V secondo i criteri attuali sono possibili solo a scala di centro abitato, di aggregato o di singola costruzione e, in genere, richiedono osservazioni e analisi approfondite. Ciò rende impossibile una valutazione completa di RS a scala di area vasta.

La valutazione di tutte le componenti di RS permetterebbe di programmare interventi di mitigazione, anche in termini di riqualificazione delle aree e messa in sicurezza delle costruzioni esistenti, fino dalle prime fasi della pianificazione urbanistica (piani territoriali provinciali, piani strutturali comunali) e consentirebbe anche la realizzazione di scenari di danno più attendibili per la pianificazione delle attività finalizzate al superamento delle fasi di emergenza.

Attualmente, a scala territoriale, è possibile una valutazione di RS basata sulla stima di PS e sulla valutazione di E.

Norme e regolamenti

Dal punto di vista normativo la Regione, con la legge sul governo del territorio, LR 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", e la recente LR 6/2009 "Governo e riqualificazione solidale del territorio" e con la LR 19/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico", ha riconosciuto alla pianificazione territoriale e urbanistica il ruolo fondamentale di concorrere alla riduzione e prevenzione del rischio sismico, fissando soglie di criticità, limiti e condizioni per la realizzazione degli interventi di trasformazione. L'entrata in vigore della LR 6/2009 ha ulteriormente rafforzato il concetto della prevenzione del rischio sismico, da un lato dando maggiore incisività alla LR 19/2008, dall'altro prevedendo misure premiali per incentivare l'adeguamento del patrimonio edilizio esistente alle Norme Tecniche per le costruzioni 2008 (art. 53, c. 5 lett. b).



Sempre a livello di regolamentazione vanno ricordati i due atti di indirizzo: DGR 1677/2005 e “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica” (Delibera Assemblea Legislativa n. 112/2007), che forniscono indicazioni sui contenuti e le modalità di approvazione degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica e, in particolare, sui criteri per l'individuazione delle aree soggette a effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio, al fine di orientare la pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Le procedure per la definizione della pericolosità sismica locale, utilizzate per gli strumenti di pianificazione, possono, inoltre, essere applicate anche nella pianificazione delle attività di protezione civile per la prevenzione e il superamento delle emergenze; in particolare, le conoscenze di pericolosità sismica locale possono essere utilizzate per una più accurata definizione di scenari di rischio, che tengano conto anche delle condizioni locali di pericolosità, e per una più dettagliata valutazione della vulnerabilità, ed eventuale messa in sicurezza, di strutture ed edifici ritenuti strategici per la gestione e il superamento delle emergenze.

La Regione ha un ruolo molto importante anche nell'applicazione delle normative sopra menzionate, in quanto affianca le Province e i Comuni nella sperimentazione delle analisi di pericolosità e microzonazione sismica. Per quanto riguarda la riduzione del rischio sismico negli edifici, è bene ricordare che la legge regionale 19/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”, entrata pienamente in vigore dal 1 giugno 2010, si è posta l'obiettivo di rafforzare la tutela dell'incolumità pubblica, provvedendo al completo riordino delle funzioni regionali e locali attinenti alla materia sismica e dettando un nuovo regime di controlli sulle pratiche sismiche. Ai fini della sua attuazione, la legge regionale ha previsto una serie di atti, di competenza della Giunta regionale, e in particolare:

- l'istituzione del Comitato Tecnico Scientifico (CTS) composto da esperti in materia sismica (DGR n. 1430/2009) al fine di supportare la Regione nell'attuazione della legge stessa;
- l'istituzione del Comitato regionale per la riduzione del rischio sismico (DGR n. 1500/2009) allo scopo di realizzare il coordinamento politico istituzionale e una più stretta integrazione tecnico operativa tra i soggetti pubblici e privati;
- l'individuazione delle opere e degli edifici di rilevante interesse pubblico, i cui interventi sono sempre soggetti ad autorizzazione sismica (DGR n. 1661/2009);
- l'individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale e la definizione della documentazione necessaria per il rilascio del permesso di costruire o per la denuncia di inizio attività (DGR n. 121/2010);
- l'approvazione della modulistica relativa ai procedimenti in materia sismica (Determinazione dirigenziale n. 2380/2010) al fine di garantire un'applicazione uniforme sul territorio regionale;
- l'individuazione dei contenuti cogenti del progetto esecutivo riguardante le strutture (DGR n. 1071/2010).

Con circolare del 29 luglio 2010 degli Assessori competenti in materia è stato approvato un vademecum sulle procedure di vigilanza e controllo delle costruzioni, al fine di fornire chiarimenti e indicazioni utili per rendere più agevole e sicura l'applicazione delle norme.

Appare chiaro il ruolo importante che riveste la Regione non solo nell'applicazione delle normative, ma anche di supporto alle amministrazioni pubbliche e agli operatori del settore.

Box 2 – LA MISURAZIONE DELL'INTENSITÀ DEI TERREMOTI

La misura di un terremoto è espressa di solito da due parametri: la magnitudo e l'intensità.

L'intensità (I) è la stima degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente nell'area colpita dal sisma. In Italia gli effetti dei terremoti sono espressi secondo la scala Mercalli-Cancani-Sieberg (I_{MCS}), che misura 12 gradi. L'intensità dipende da diversi fattori, tra i quali la tipologia e la qualità delle costruzioni.

La magnitudo è una stima dell'energia sprigionata dal terremoto nel punto di origine (ipocentro). Esistono diversi tipi e scale di magnitudo; la scelta del tipo di magnitudo dipende dalle caratteristiche del terremoto. In Italia, per i terremoti che interessano il territorio nazionale, sono di solito utilizzate la magnitudo locale (MI), o magnitudo Richter, e la magnitudo momento (Mw). La MI stima l'energia del terremoto attraverso la misurazione dell'ampiezza della registrazione del moto sul sismogramma; la Mw è derivata dal parametro “momento sismico”, che equivale al prodotto tra area di faglia, dislocazione e resistenza delle rocce. La magnitudo momento, essendo direttamente legata



alle dimensioni e alla dislocazione della sorgente sismica, è sicuramente la migliore stima della reale grandezza di un terremoto; la magnitudo locale è, tuttavia, ancora in uso grazie alla rapidità con la quale viene calcolata.

Poiché le scale di magnitudo sono logaritmiche, un incremento di un punto corrisponde a un aumento dell'ampiezza di 10 volte. L'energia rilasciata da un terremoto, a cui è strettamente correlato il suo potere distruttivo, è proporzionale all'ampiezza di oscillazione elevata a $3/2$. A partire da questa relazione è possibile ricavare che un aumento di 1 grado in magnitudo equivale a un incremento di energia di circa 30 volte. Non esiste un limite superiore alle scale di magnitudo.

La magnitudo massima finora registrata è stata $M_l = 9,5$ (Cile, 1960).



Pressioni

SCHEDA INDICATORE

NOME DELL'INDICATORE	Distribuzione territoriale della popolazione	DPSIR	D, P
UNITA' DI MISURA	N. abitanti, N. abitanti/chilometro quadrato	FONTE	ISTAT
COPERTURA SPAZIALE DATI	Comune	COPERTURA TEMPORALE DATI	2001-2009
AGGIORNAMENTO DATI		ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI			
METODI DI ELABORAZIONE DATI			

Descrizione dell'indicatore

L'indicatore quantifica la popolazione del territorio regionale.

Scopo dell'indicatore

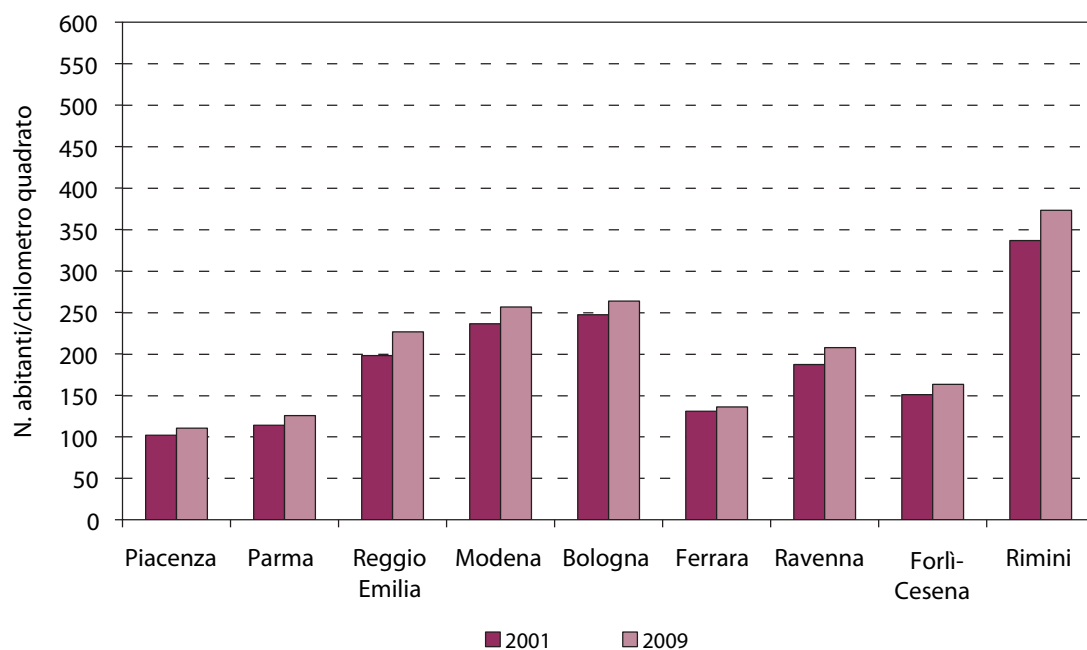
L'indicatore fornisce un quadro della distribuzione della popolazione per sezione di censimento nel territorio regionale. Tale distribuzione, rapportata alla differente pericolosità sismica, fornisce la misura dell'esposizione della popolazione e concorre pertanto alla misura del rischio.

Grafici e tabelle

Tabella 9B.1: Distribuzione della popolazione per provincia

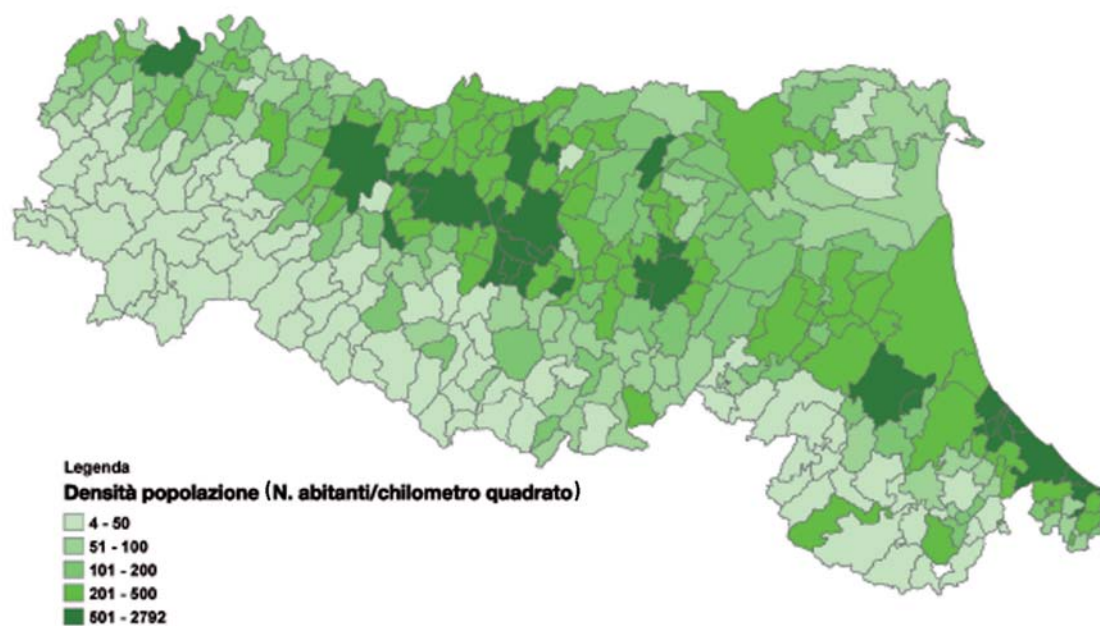
PROVINCIA	POPOLAZIONE 2001	N. abitanti/ km ²	POPOLAZIONE 2009	N. abitanti/ km ²
PIACENZA	263.872	102	285.922	110
PARMA	392.976	114	433.154	126
REGGIO EMILIA	453.892	198	519.458	227
MODENA	633.993	236	688.286	257
BOLOGNA	915.225	247	976.175	264
FERRARA	344.323	131	357.980	136
RAVENNA	347.847	187	385.729	208
FORLI'-CESENA	358.542	151	388.019	163
RIMINI	290.033	337	321.457	373
Regione	4.000.703	178	4.356.180	194

Fonte: Elaborazione Regione Emilia-Romagna su dati ISTAT



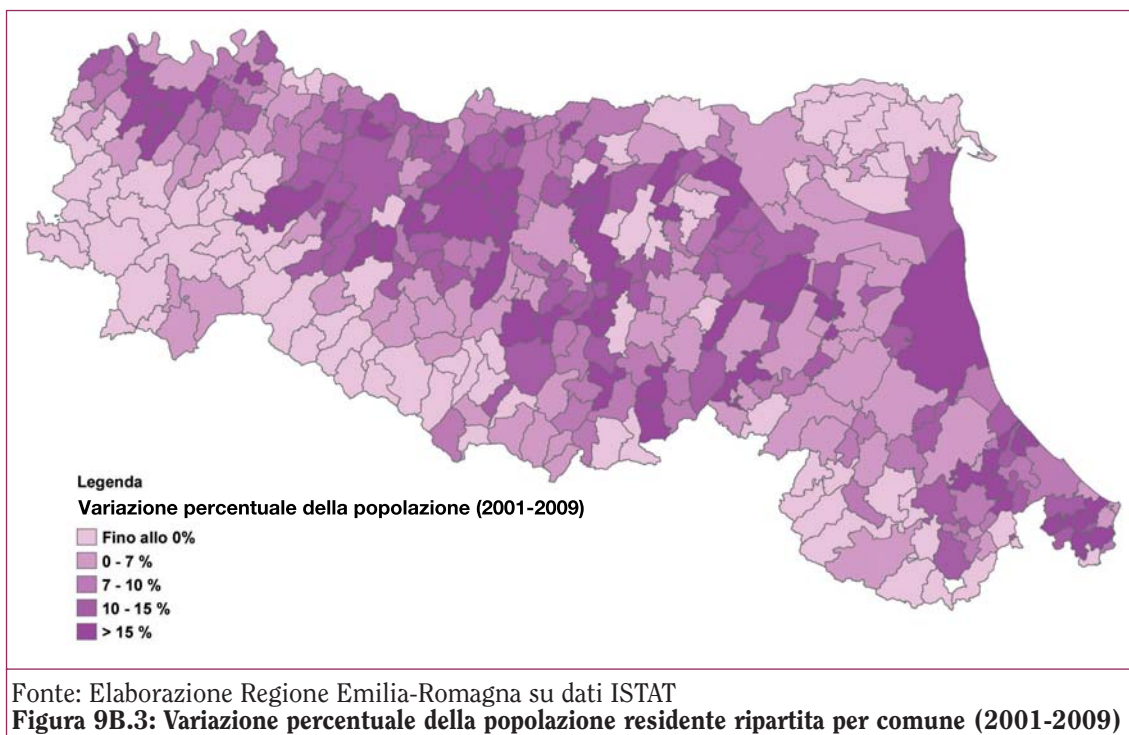
Fonte: Elaborazione Regione Emilia-Romagna su dati ISTAT

Figura 9B.1: Densità di popolazione ripartita per provincia (trend 2001-2009)



Fonte: Elaborazione Regione Emilia-Romagna su dati ISTAT

Figura 9B.2: Densità di popolazione (N. abitanti/chilometro quadrato) ripartita per comune al 2009



Commento ai dati

La fascia territoriale a maggior densità demografica è rappresentata dalla medio-bassa pianura mentre, nell'area montana, si conferma la tendenza all'abbandono del territorio.

Spicca l'alta densità di popolazione della provincia di Rimini, di quasi due volte superiore al valore medio regionale, dovuta alla bassa estensione territoriale della provincia, mentre le province di Piacenza e Parma sono quelle a minore densità di popolazione.



SCHEMA INDICATORE

NOME DELL'INDICATORE	<i>Territorio urbano caratterizzato da grande attività di persone</i>	DPSIR	<i>P</i>
UNITA' DI MISURA	<i>Adimensionale</i>	FONTE	<i>Province di Bologna e Modena</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Provincia</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>Approvazione PTCP Bologna 2004, Approvazione PTCP Modena 2009</i>
AGGIORNAMENTO DATI		ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>LR 20/2000</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI			

Descrizione dell'indicatore

L'indicatore quantifica gli ambiti dove ci si aspetta una grande affluenza di popolazione.

Gli ambiti con una grande affluenza sono quelli che l'Allegato alla LR 20/2000, all'articolo A-15, identifica come poli funzionali e in particolare:

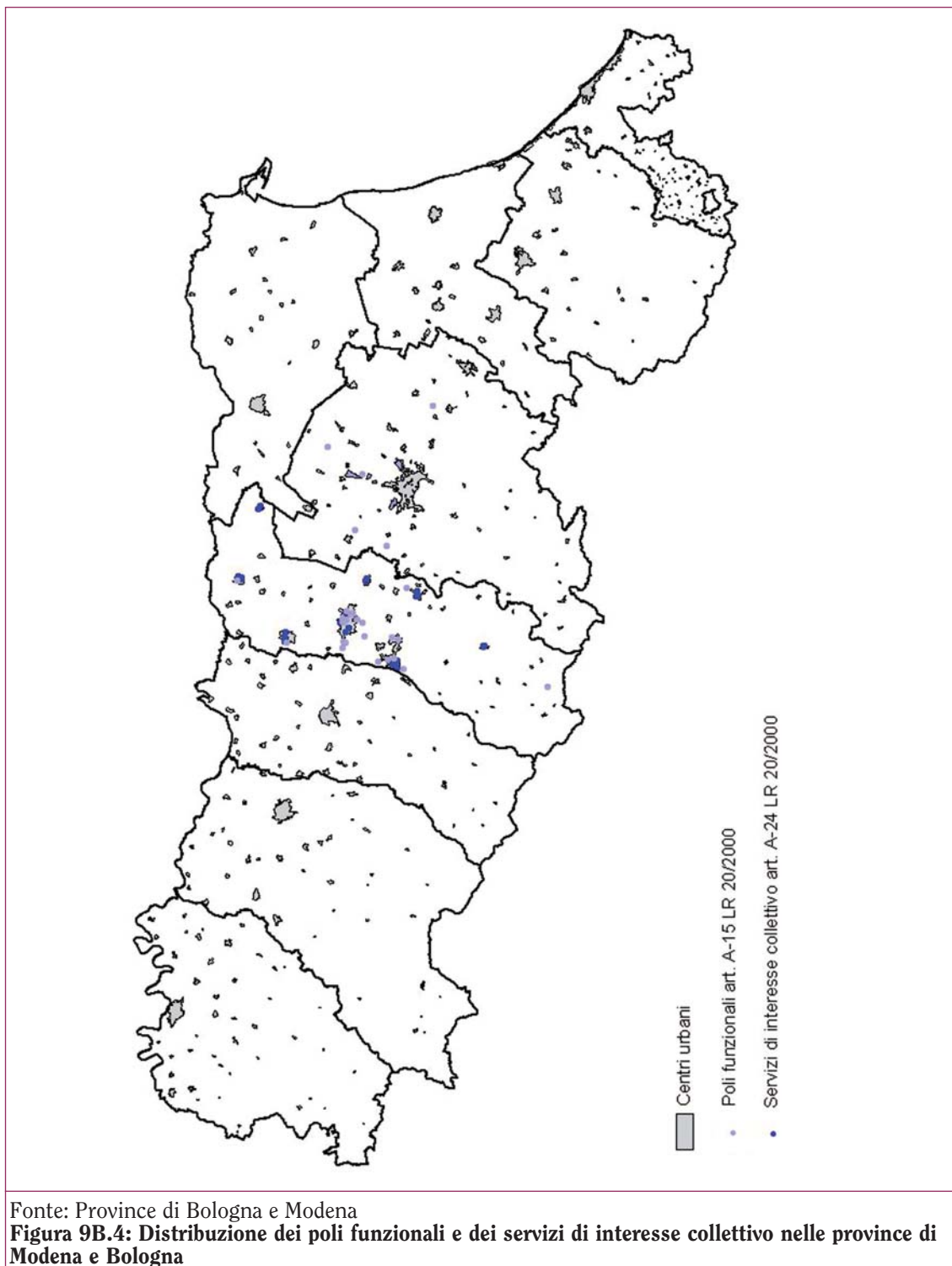
- i centri direzionali, fieristici ed espositivi, e i centri congressi;
- i centri commerciali e i poli o parchi a essi assimilati, con grandi strutture distributive del commercio in sede fissa e del commercio all'ingrosso;
- le aree per la logistica al servizio della produzione e del commercio;
- gli aeroporti, i porti e le stazioni ferroviarie principali del sistema ferroviario nazionale e regionale;
- i centri intermodali e le aree attrezzate per l'autotrasporto;
- i poli tecnologici, le università e i centri di ricerca scientifica;
- i parchi tematici o ricreativi;
- le strutture per manifestazioni culturali, sportive e spettacoli a elevata partecipazione di pubblico; nonché le attrezzature e gli spazi collettivi destinati a servizi di interesse collettivo di cui all'articolo A-24 e in particolare:
- l'istruzione;
- l'assistenza e i servizi sociali e igienico sanitari;
- la pubblica amministrazione, la sicurezza pubblica e la protezione civile;
- le attività culturali, associative e politiche;
- il culto.

Scopo dell'indicatore

L'indicatore fornisce un quadro degli ambiti caratterizzati da grande attività di persone così come identificati negli strumenti urbanistici comunali; pertanto, incrociando tale dato con la differente pericolosità sismica, è possibile operare una stima della popolazione potenzialmente esposta.



Grafici e tabelle



Commento ai dati

Negli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica vengono condotte le analisi per la valutazione della pericolosità sismica che, incrociate con gli ambiti caratterizzati da una grande affluenza di persone, consentono di indirizzare la pianificazione verso aree a minor rischio sismico e una predisposizione mirata dei piani di protezione civile.



SCHEDA INDICATORE

NOME DELL'INDICATORE	Consistenza e condizioni d'uso del patrimonio edilizio esistente	DPSIR	P
UNITA' DI MISURA	N. edifici	FONTE	ISTAT
COPERTURA SPAZIALE DATI	Provincia	COPERTURA TEMPORALE DATI	2001
AGGIORNAMENTO DATI		ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI			
METODI DI ELABORAZIONE DATI			

Descrizione dell'indicatore

L'indicatore consente di conoscere, in termini di età e tipologia strutturale (muratura, cemento armato, strutture particolari, etc.), lo stato di fatto del tessuto insediativo esistente.

Scopo dell'indicatore

L'analisi del patrimonio edilizio esistente, condotta sulla base di questi parametri, fornisce una prima misura del suo stato di salute; in tal modo è possibile differenziare gli interventi ammessi sullo stesso.

Grafici e tabelle

Tabella 9B.2: Numero di edifici per provincia e per epoca di costruzione

PROVINCIA	Non indicato	Prima del 1919	Tra il 1919 e il 1945	Tra il 1946 e il 1961	Tra il 1962 e il 1971	Tra il 1972 e il 1981	Tra il 1982 e il 1991	Dopo il 1991
PIACENZA	8.593	15.307	10.587	10.283	11.215	10.067	5.525	4.355
PARMA	9.241	21.059	12.760	12.457	13.237	12.419	6.625	5.124
REGGIO EMILIA	11.543	15.786	10.121	12.481	16.984	16.112	8.064	8.285
MODENA	11.394	19.531	12.350	16.529	22.121	20.014	8.849	7.302
BOLOGNA	12.104	21.279	15.997	20.298	18.294	17.585	9.911	9.624
FERRARA	7.348	11.591	9.180	17.935	14.029	11.511	6.027	4.848
RAVENNA	8.597	8.658	9.507	20.367	16.442	12.086	6.276	5.358
FORLÌ-CESENA	8.980	11.782	8.888	13.709	15.113	12.015	5.568	4.576
RIMINI	7.876	4.052	4.725	11.092	13.554	9.788	4.406	3.446

Fonte: Elaborazione Regione Emilia-Romagna su dati ISTAT



Tabella 9B.3: Numero di edifici per provincia e tipologia di utilizzo

PROVINCIA	Convivenza(*)	Albergo	Ufficio	Commercio, industria	Comunicazioni e trasporti	Scuola	Chiesa	Altro (**)	Non utilizzato	Abitazione	Attività ricreative sportive	Ospedale
PIACENZA	63	60	271	2.186	10	192	325	1.532	3.755	67.339	193	6
PARMA	95	216	366	3.111	32	269	358	1.034	3.405	83.681	332	23
REGGIO EMILIA	92	68	418	4.449	31	357	292	1.576	3.863	87.833	382	15
MODENA	149	144	457	4.871	26	429	343	1.209	3.226	106.696	521	19
BOLOGNA	291	201	705	4.747	48	621	415	1.368	3.176	112.988	501	31
FERRARA	67	87	466	2.645	27	298	232	932	2.167	75.121	418	9
RAVENNA	109	492	485	2.944	28	265	176	1.005	2.517	78.694	564	12
FORLÌ-CESENA	94	448	438	3.540	19	288	265	976	2.449	71.651	446	17
RIMINI	62	2.009	317	2.141	14	216	145	835	1.937	51.063	193	7

Fonte: Elaborazione Regione Emilia-Romagna su dati ISTAT

Note:

*Insieme di persone che, senza essere legate da vincoli di matrimonio, parentela, affinità e simili, conducono vita in comune. I principali tipi di convivenza sono: istituti d'istruzione, istituti assistenziali, istituti di cura pubblici e privati, istituti penitenziari, convivenze ecclesiastiche, convivenze militari e di altri corpi accasermati, alberghi, pensioni, locande e simili, navi mercantili, altre convivenze (ad esempio case dello studente)

**Alloggio non classificabile come abitazione presso il quale, al momento del censimento, dimorano abitualmente o temporaneamente una o più persone

Commento ai dati

La conoscenza di dati quali l'età e la tipologia strutturale del costruito esistente consente una prima identificazione, sia pure in linea di massima, della vulnerabilità intrinseca dello stesso. Sulla base di analisi di questo tipo, condotte con diversi livelli di approfondimento dei parametri di vulnerabilità strutturale e incrociate con indicatori di esposizione illustrati ai punti precedenti, la Regione Emilia-Romagna ha impostato graduatorie per l'utilizzo di finanziamenti statali finalizzati a verifiche tecniche per la valutazione della sicurezza sismica e interventi di miglioramento o adeguamento antisismico.



Stato

SCHEMA INDICATORE

NOME DELL'INDICATORE	<i>Eventi sismici osservati</i>	DPSIR	S
UNITA' DI MISURA	<i>N. eventi</i>	FONTE	INGV
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Regione</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>2008</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI			
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Analisi di dati storici e strumentali (registrazioni a partire dal XX secolo, in particolare dal 1980)</i>		

Descrizione dell'indicatore

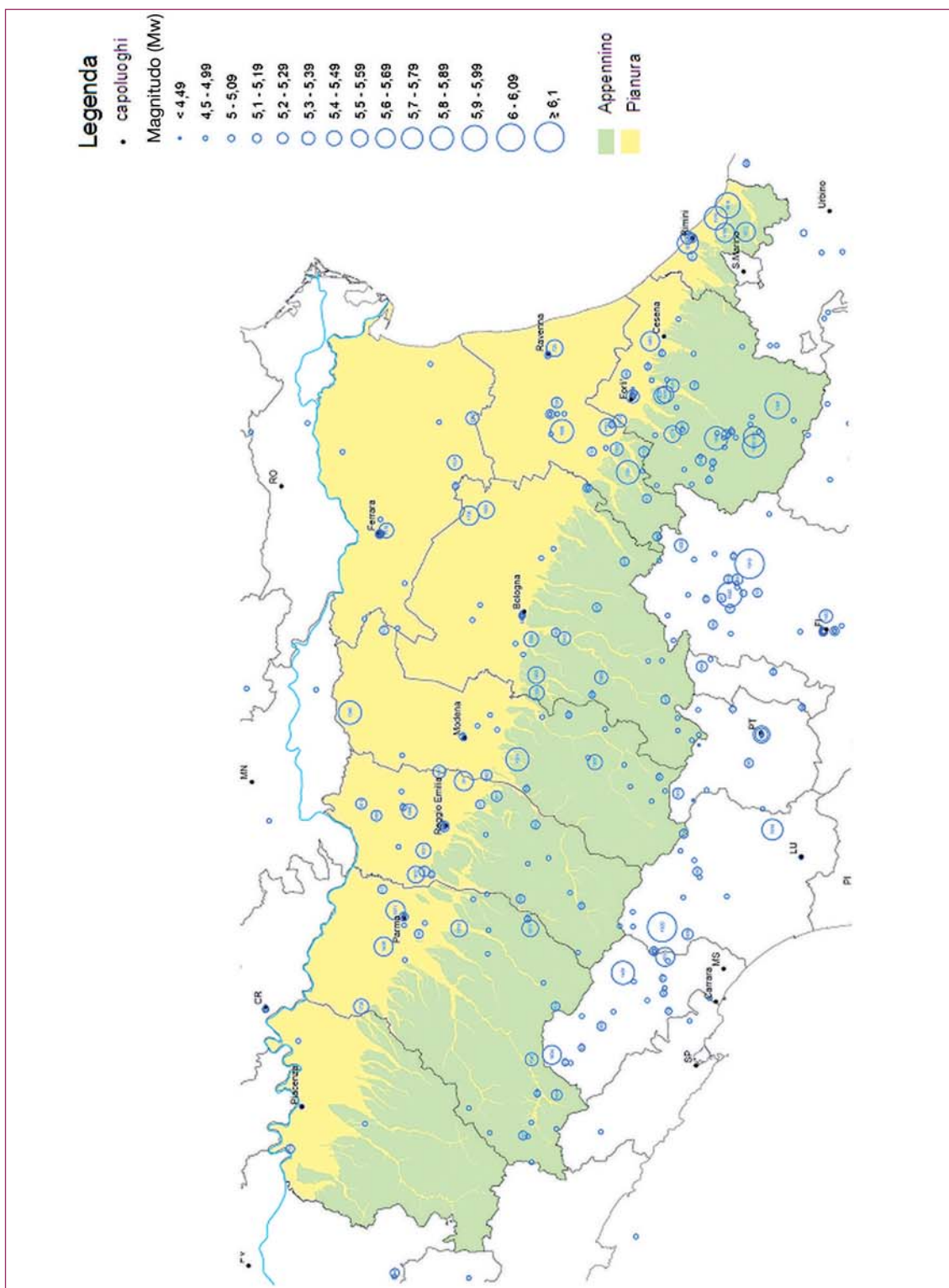
L'indicatore rappresenta gli eventi sismici significativi ai fini del rischio, verificatisi nel territorio regionale.

Scopo dell'indicatore

Fornire un quadro conoscitivo per definire la sismicità nel territorio regionale (in termini di magnitudo, tempi di ritorno, etc.). Le informazioni relative all'indicatore possono risultare utili per una corretta pianificazione territoriale e per l'analisi della risposta sismica locale.



Grafici e tabelle



Fonte: INGV*

Figura 9B.5: Epicentri e relativa magnitudo dei principali terremoti, al di sopra della soglia del danno, verificatisi in Emilia-Romagna e aree limitrofe

LEGENDA: La dimensione del cerchio è proporzionale alla magnitudo; il centro del cerchio è la localizzazione dell'epicentro

Nota: *Mappa derivata, con modifiche, da CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004; Stucchi et al., 2007)



Tabella 9B.4: I principali terremoti, Intensità epicentrale (I_0) ≥ 8 (scala MSC), che hanno interessato l'Emilia-Romagna e le aree limitrofe; tratto, con modifiche, da CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004)**

Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale *	ZS9 ***	Intensità epicentrale (I_0) **
-91			Modena-Reggio Emilia	913	8,0
725			Classe-Ravenna	912	8,0
1117	1	3	veronese	906	9,5
1222	12	25	basso bresciano	906	8,5
1293	7	11	Pistoia	915	8,0
1389	10	18	Bocca Serriola	919	9,0
1428	7	3	Predappio	914	8,0
1438	6	11	parmense	913	8,0
1481	5	7	Lunigiana	915	8,5
1483	8	11	Romagna meridionale	912	8,0
1501	6	5	Appennino modenese	913	8,5
1542	6	13	Mugello	915	9,0
1584	9	10	Appennino tosc-emiliano	914	9,0
1661	3	22	Appennino romagnolo	914	9,0
1672	4	14	riminese	917	8,0
1688	4	11	Romagna	912	9,0
1768	10	19	Appennino romagnolo	914	9,0
1781	4	4	faentino	914	9,0
1781	6	3	cagliese	918	9,5
1781	7	17	Romagna	914	8,0
1786	12	25	riminese	917	8,0
1789	9	30	Val Tiberina	919	8,5
1802	5	12	Valle dell'Oglio	907	8,0
1834	2	14	alta Lunigiana	915	8,5
1837	4	11	Alpi Apuane	915	9,5
1870	10	30	Meldola	914	8,0
1875	3	17	Romagna sud-orientale	917	8,0
1916	5	17	alto Adriatico	917	8,0
1916	8	16	alto Adriatico	917	8,0
1918	11	10	Appennino romagnolo	914	8,0
1919	6	29	Mugello	915	9,0
1920	9	7	Garfagnana	915	9,5

Fonte: INGV****

Note:

* Area epicentrale = area situata nell'intorno dell'epicentro (punto della superficie terrestre situato sulla verticale dell'ipocentro, che è, invece, il punto della crosta terrestre in cui si è verificata la rottura che ha generato le onde sismiche)

** Intensità epicentrale = stima degli effetti del terremoto osservata in corrispondenza dell'epicentro

*** Zonazione sismogenetica ZS9

**** Tabella derivata, con modifiche, da CPTI04 (Gruppo lavoro CPTI, 2004; Stucchi et al., 2007)

Commento ai dati

Come si vede dalla figura 9B.5 e dalla tabella 9B.4, l'area più sismica della regione è la Romagna, caratterizzata da un'attività frequente, con terremoti $M_w \geq 5,5$, che più volte hanno causato effetti di intensità \geq VIII grado della scala MCS (I_{MCS}). Nel riminese si sono verificati anche terremoti con magnitudo M_w di poco inferiore a 6, che hanno provocato effetti $I_{MCS} = IX$.

Anche il crinale appenninico tosc-emiliano, tra le province di Parma e Modena, è stato talora interessato da eventi di magnitudo $M_w \geq 5,5$, che hanno provocato effetti $I_{MCS} = VII-VIII$.

Rispetto alla realtà nazionale, la sismicità di queste aree può essere considerata di medio grado.

L'Appennino emiliano occidentale, il medio e basso Appennino emiliano e la pianura emiliana sono caratterizzati da una sismicità frequente ma generalmente di grado inferiore, con terremoti, di solito, con $I_{MCS} \leq VII$ e $M_w < 5,5$.

Le zone a minore sismicità sono il settore nord-occidentale e il delta del Po; secondo i cataloghi storici



(Stucchi et al., 2007), queste aree sono state interessate solo da terremoti che hanno provocato effetti $I_{MCS} = VI-VII$.

L'Emilia-Romagna ha risentito anche dell'attività di aree sismogenetiche limitrofe, capaci di generare terremoti $M_w > 6$ e provocare effetti dannosi anche a decine di chilometri di distanza (cfr tabella 9B.4). Zone sismogenetiche extra-regionali che hanno generato terremoti dannosi anche in Emilia-Romagna sono l'alto Adriatico, d'interesse soprattutto per la costa romagnola, la Garfagnana e il Mugello, che hanno più volte causato danni importanti nei territori dell'alto Appennino tosco-emiliano e tosco-romagnolo, e il margine sud-alpino, la cui attività ha provocato in più occasioni forti risentimenti in tutta la pianura padana (Stucchi et al., 2007).

La maggior parte dei terremoti emiliano-romagnoli sembra generarsi mediamente a una profondità compresa tra 10 e 35 km (Boccaletti et al., 2004; Castello et al., 2006). I terremoti a profondità maggiore di 35 km sono rari e, in genere, causa di effetti minori in superficie, probabilmente proprio per l'elevata profondità, mentre i terremoti a profondità minore di 10 km, sebbene poco frequenti e generalmente di magnitudo non elevata, possono causare localmente effetti dannosi, come nel caso del terremoto dell'Appennino forlivese del 26 gennaio 2003, proprio per la scarsa profondità.



SCHEMA INDICATORE

NOME DELL'INDICATORE	<i>Fagliazione superficiale</i>	DPSIR	<i>S</i>
UNITA' DI MISURA	<i>Adimensionale</i>	FONTI	<i>Boccaletti et al., 2004</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Regione</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>2003</i>
AGGIORNAMENTO DATI		ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI			
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Analisi di dati geofisici (soprattutto profili sismici profondi, gravimetrici), sismologici (monitoraggi, sismicità storica), stratigrafici e strutturali (rilievi morfo-strutturali, rapporti stratigrafici e geometrie dei depositi recenti: età < 1 Ma, in particolare < 100 ka e soprattutto < 10 ka), deformazioni crostali (da stress in situ, da GPS), dati di pozzi profondi</i>		

Descrizione dell'indicatore

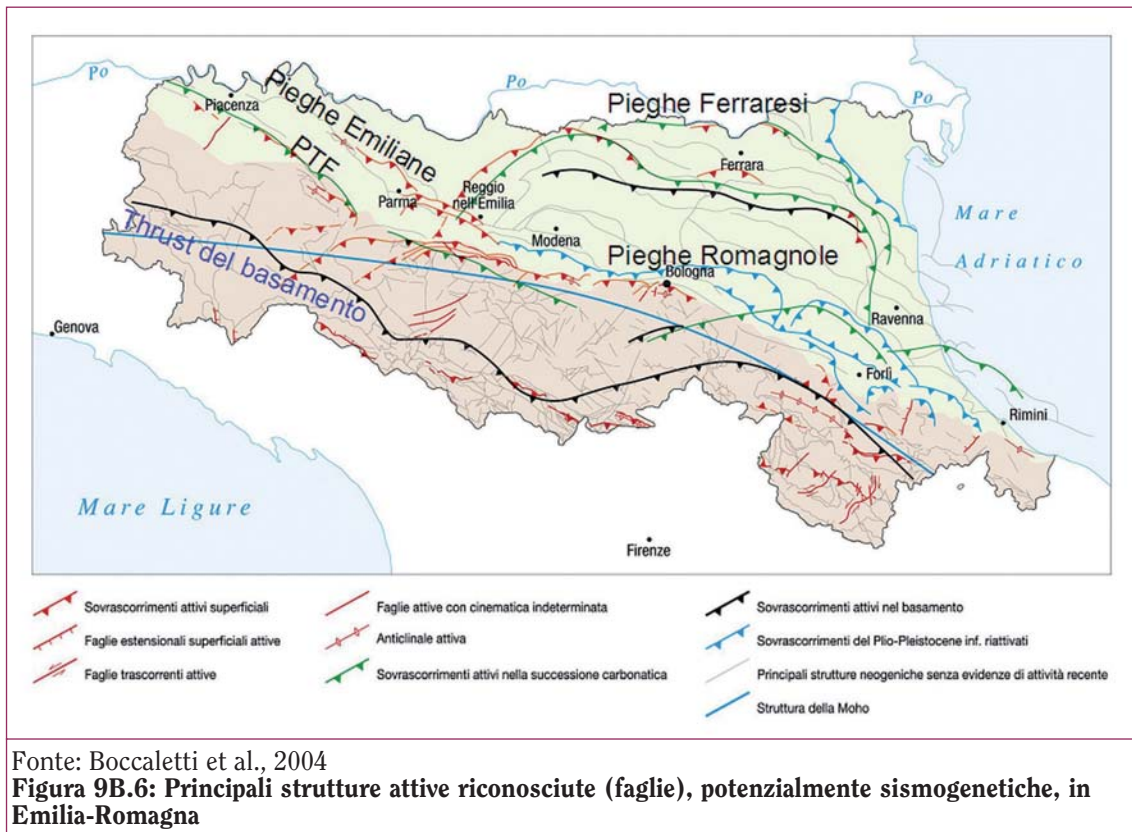
La faglia è una frattura (planare o non planare) della roccia che mostra evidenze di movimento relativo fra le due masse rocciose da essa divise. L'indicatore fornisce un quadro su distribuzione geografica e caratteristiche di quelle faglie che mostrano evidenze di movimenti recenti e che perciò richiedono particolare attenzione in quanto potenzialmente attive e in grado di generare terremoti e/o produrre spostamenti significativi in superficie. La loro riattivazione, generalmente associata a terremoti di forte magnitudo, può produrre conseguenze gravi sugli insediamenti sia per effetto dello scuotimento sismico, sia per lo spostamento differenziale del terreno.

Scopo dell'indicatore

L'indicatore ha lo scopo di fornire lo stato delle conoscenze sulla distribuzione delle faglie attive nel territorio e le loro caratteristiche, offrendo pertanto elementi conoscitivi essenziali per la definizione della pericolosità sismica (in termini di individuazione delle aree sismogenetiche, determinazione dei meccanismi che generano i terremoti, energia dei terremoti attesi).



Grafici e tabelle



Commento ai dati

L'Appennino è una catena ancora in formazione, perciò in quasi tutte le aree della penisola la sismicità ha origine da sorgenti sismogenetiche (faglie) locali.

In particolare, faglie attive potenzialmente sismogenetiche in Emilia-Romagna sono localizzate nel basamento del medio e alto Appennino (Boccaletti et al., 2004), lungo il margine appenninico-padano (*Pedeappenninic Thrust Front*, PTF, di Boccaletti et al., 1985) e in corrispondenza degli archi formati dalle strutture sepolte della pianura padana note come Pieghe Emiliane, Pieghe Ferraresi e Pieghe Adriatiche (Pieri & Groppi, 1981) (figura 9B.6).

Vedere anche: DISS Working Group, 2009, "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than $M 5.5$ in Italy and surrounding areas". <http://diss.rm.ingv.it/diss/>



Box 3 – LA PERICOLOSITÀ SISMICA

La Pericolosità Sismica (PS) di un'area, definita come la probabilità che in tale area e in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco di nostro interesse, dipende da due componenti: Pericolosità sismica di base (Pb) e Pericolosità sismica locale (Pl).

1) *Pericolosità sismica di base* (Pb): è la sismicità dell'area; dipende dalla frequenza ed energia dei terremoti che possono verificarsi e dalla distanza dalle sorgenti sismogenetiche, quindi dalle caratteristiche sismotettoniche (cioè dalle condizioni e dalle dinamiche della crosta terrestre e del mantello superiore).

2) *Pericolosità sismica locale* (Pl): dipende dalle condizioni geologiche e morfologiche locali che possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie, aumentandone gli effetti (di particolare interesse il fenomeno dell'amplificazione), e contribuire a fenomeni di modificazione permanente del territorio, quali frane, liquefazione, densificazione, fagliazione; le modificazioni del moto sismico dovute alle condizioni geologiche e morfologiche sono denominate "effetti locali".

L'amplificazione del moto sismico dovuta alle caratteristiche litostratigrafiche, legate cioè alla geometria, estensione, natura e caratteristiche delle rocce del sottosuolo, è detta "amplificazione stratigrafica".

Anche alcune forme del paesaggio come le creste, i picchi, le dorsali allungate o le scarpate ripide possono determinare particolari interazioni delle onde con la superficie (ad es. focalizzazione) e causare ulteriori modificazioni del moto sismico in superficie. L'amplificazione dovuta alle forme del paesaggio è generalmente nota come "amplificazione topografica".

L'analisi della Risposta Sismica Locale (RSL) consiste nell'identificazione delle condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali e nella stima dell'amplificazione, dei fattori di instabilità dei terreni e degli eventuali cedimenti e spostamenti attesi.¹

I terreni che possono determinare modificazioni del moto sismico sono quelli caratterizzati da una bassa velocità di propagazione delle onde sismiche S (V_s indicativamente molto inferiore a 800 m/s), con spessori di almeno 3-5 metri dalla superficie o dal piano di posa delle fondazioni. Si tratta in genere di detriti di versante non cementati, alluvioni recenti, sedimenti costieri sciolti, argille e limi poco consolidati.

L'amplificazione per cause topografiche si può verificare in caso di rilievi con versanti $> 15^\circ$ e dislivello > 30 m.

Le principali condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna sono indicate nell'Allegato A1 degli indirizzi regionali per microzonazione sismica (DAL 112/2007) e riportate nella tabella A.

Nota:

¹ Per le procedure di analisi della risposta sismica locale e per la microzonazione sismica si veda gli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (DAL 112/2007), e gli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008)



Tabella A: Principali condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da Allegato A1 alla Delibera Assemblea Legislativa n. 112/2007)

Caratteristiche geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna
<p>Effetto atteso: AMPLIFICAZIONE</p> <p>Depositi (spessore ≥ 5 m):</p> <ul style="list-style-type: none">a) detriti di versante (di frana, di falda, eluvio-colluviali, depositi morenici, depositi da geliflusso, etc.)b) detriti di conoide alluvionalec) depositi alluvionalid) accumuli detritici pedemontani (falde di detrito e con di deiezione)e) depositi fluvio-lacustrif) riporti antropicig) rocce del substrato alterate e/o intensamente fratturateh) litotipi del substrato costituiti da argille poco o mediamente consistenti e da sabbie poco cementate (litotipi caratterizzati da $V_s < 750-800$ m/s) <p>Elementi morfologici (cfr. EC8):</p> <ul style="list-style-type: none">- creste, cocuzzoli, dorsali allungate e versanti con acclività $> 15^\circ$ e altezza ≥ 30 m
<p>Effetti attesi: AMPLIFICAZIONE E CEDIMENTI</p> <ul style="list-style-type: none">- Depositi granulari fini sciolti, nei primi 20 m da p.c., con profondità media stagionale del tetto della falda acquifera < 15 m da p.c. (fattori predisponenti al rischio di liquefazione e densificazione)- Depositi (spessore ≥ 5 m) con caratteristiche geo-meccaniche scadenti: terreni granulari sciolti o poco addensati o terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori $N_{SPT} < 15$ o $c_u < 70$ kpa o $V_{s30} < 180$ m/sec- Zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (comportamenti differenziali)- Cavità sepolte (possibili comportamenti differenziali)
<p>Effetto atteso: INSTABILITÀ DEI VERSANTI</p> <ul style="list-style-type: none">- Zone instabili: zone direttamente interessate da fenomeni franosi attivi- Zone potenzialmente instabili: zone in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (pendii con acclività $> 15^\circ$ costituiti da accumuli detritici incoerenti o da terreni prevalentemente argillosi o intensamente fratturati; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; zone prossime a frane attive; scarpate; aree detritiche prossime a orli di scarpata)

La pericolosità sismica di un'area può essere quantificata attraverso un'analisi di Risposta Sismica Locale con vari parametri a seconda delle finalità:

1. fattore di amplificazione;
2. accelerazione massima attesa (cfr. PGA, *Peak Ground Acceleration*), espressa in percentuale dell'accelerazione di gravità (g);
3. spettro di risposta;
4. set di accelerogrammi;

e con eventuali indici di instabilità locale (coefficiente di stabilità di un pendio, potenziale di liquefazione, cedimenti, etc.).

Il parametro 1 esprime di quanto il moto sismico è stato, o può essere, amplificato dalle condizioni locali ed è generalmente usato per la microzonazione sismica (suddivisione del territorio in base alla risposta sismica locale); i parametri 2-4 sono di solito richiesti per la progettazione delle costruzioni, o per la quantificazione dell'amplificazione attraverso analisi numeriche che richiedono l'uso di codici di calcolo, e per la stima degli indici di instabilità locale.

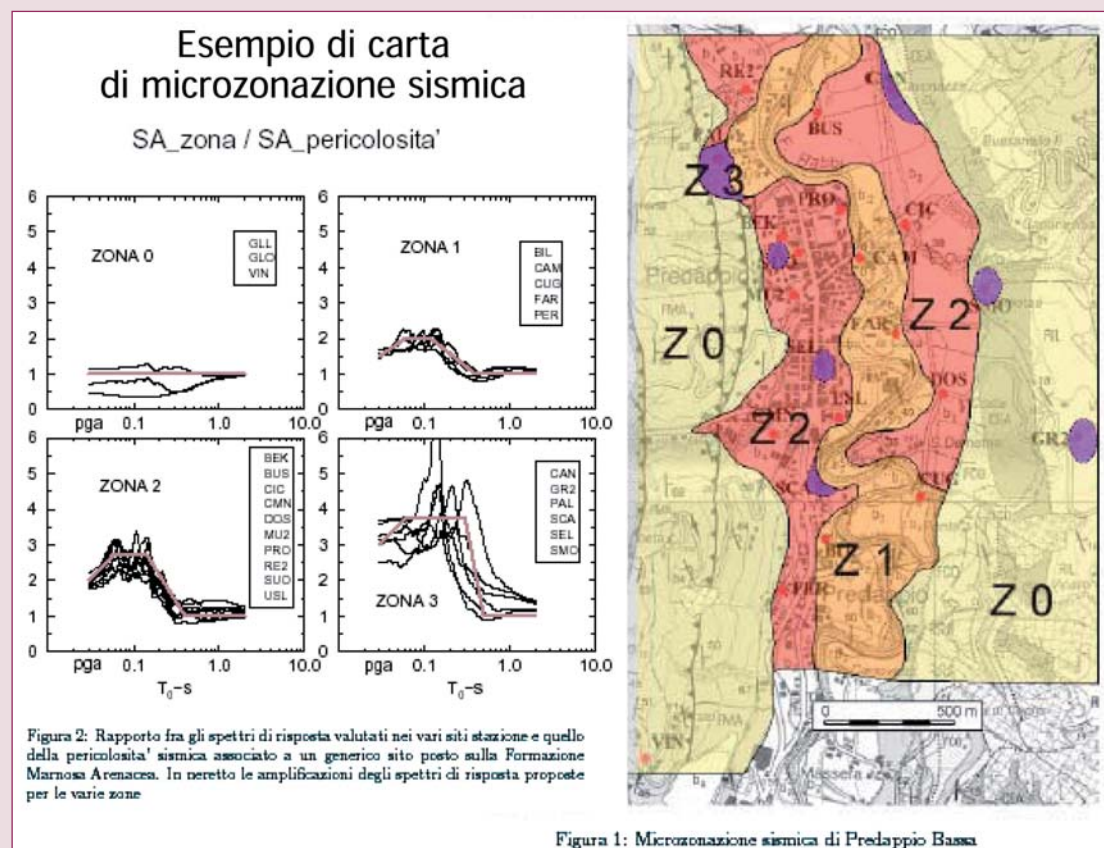
Il valore di PS dipende dal tempo di ritorno (T_R) considerato (tempo medio di attesa tra il verificarsi di due eventi successivi).

T_R può variare in funzione dell'importanza dell'intervento previsto o di particolari criticità locali. Generalmente T_R standard a livello internazionale è 475 anni, corrispondente a una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Per costruzioni di particolare importanza (opere strategiche, edifici di particolare interesse, etc.) generalmente si considera un periodo di ritorno T_R maggiore, ad esempio 950 anni, corrispondente a una probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, o 2475 anni, corrispondente a una probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni. Considerare un tempo di ritorno più lungo equivale a considerare come terremoto atteso un evento di maggiore energia.



A seconda delle finalità, gli studi di pericolosità sismica locale possono essere effettuati a differenti scale e con diversi livelli di approfondimento.

Studi a scala cartografica, dall'area vasta (provinciale e comunale) al centro abitato, sono finalizzati all'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali per la zonazione dettagliata del territorio sulla base della risposta sismica del terreno (microzonazione sismica). Tale zonazione permette di indirizzare gli interventi di pianificazione urbanistica nelle aree a minore pericolosità sismica, oppure la programmazione di interventi di mitigazione del rischio nelle aree già edificate in cui siano riconosciuti elementi di pericolosità locale.



Fonte: Tinto et al., 2002

Figura B: Esempio di carta di microzonazione sismica

Nel caso di studi a scala di manufatto, l'analisi dettagliata della risposta sismica permette il calcolo dell'azione sismica per la progettazione e il corretto dimensionamento delle opere.

L'analisi della RSL può essere realizzata a vari livelli di approfondimento, in funzione della scala di studio, dell'importanza dell'intervento da realizzare, delle risorse economiche e dei tempi disponibili.

Esistono procedure speditive condivise che permettono di valutare la pericolosità sismica locale fino dalle prime fasi di governo del territorio (pianificazione territoriale provinciale, pianificazione strutturale comunale).

Analisi dettagliate del comportamento in condizioni sismiche dei terreni vengono realizzate in caso di particolari criticità locali (pendii instabili, sabbie liquefacibili, argille poco consolidate, faglie attive, etc.) e in caso di realizzazione di opere di particolare interesse (v. allegato A alla DGR n.1661 del 2/11/2009 "Approvazione elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso").



L'analisi della RSL, speditiva o di dettaglio, è comunque richiesta per la realizzazione di ogni costruzione (NTC, 2008).

Perciò, allo stato attuale delle conoscenze sismologiche, che ancora non permettono la previsione dei terremoti, e delle difficoltà di analisi della vulnerabilità a scala territoriale, la stima della RSL per la microzonazione sismica del territorio e per una corretta progettazione e riqualificazione delle costruzioni sono gli strumenti di prevenzione più efficaci per la riduzione del rischio sismico.

Le procedure per la definizione della pericolosità sismica locale, utilizzate per gli strumenti di pianificazione, forniscono anche preziose informazioni per la pianificazione delle attività di protezione civile, la prevenzione e il superamento delle emergenze; in particolare, le conoscenze di pericolosità sismica locale possono essere utilizzate per una più accurata definizione di scenari di rischio, che tengano conto anche delle condizioni locali di pericolosità, e per l'eventuale messa in sicurezza di strutture ed edifici strategici.



SCHEMA INDICATORE

NOME DELL'INDICATORE	<i>Pericolosità sismica di base (Pb)</i>	DPSIR	<i>S</i>
UNITA' DI MISURA	<i>Accelerazione di gravità (g)</i>	FONTE	<i>INGV</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Regione</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>2004</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>In occasione di studi di pericolosità sismica regionale</i>	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>LR 20/2000; DAL 112/2007 "Indirizzi per la realizzazione di studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna ..."; "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Conferenza delle Regioni e Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile; LR 19/2008; LR 6/2009; DM 14/1/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Analisi probabilistiche, talora deterministiche</i>		

Descrizione dell'indicatore

La Pericolosità sismica di base (Pb) descrive il moto sismico atteso come se il territorio fosse costituito da terreno roccioso, piatto, e per un determinato periodo di ritorno TR (tempo medio di attesa tra due eventi successivi). A seconda delle finalità, la Pb può essere quantificata dall'accelerazione massima in quel punto, dallo spettro di risposta o da una set di accelerogrammi riferiti al suolo di riferimento. Convenzionalmente il terreno di riferimento è un suolo rigido, caratterizzato da una velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (V_s) >800 m/s e piatto.

Pb dipende dalla frequenza, tipo ed energia dei terremoti dell'area, cioè dalle caratteristiche sismotettoniche (pressioni e temperatura della litosfera; profondità, dimensioni e tipo delle faglie attive) e dalla distanza dalle sorgenti sismogenetiche.

L'attuale stima della pericolosità sismica in Italia è stata effettuata tramite elaborazioni probabilistiche, cioè esprimendo la pericolosità sismica come probabilità che in un dato intervallo di tempo si verifichi un evento con assegnate caratteristiche. Tale approccio si basa sull'utilizzo del metodo probabilistico di Cornell (1968).

Un riferimento nazionale per la determinazione probabilistica della pericolosità sismica di base è la mappa di pericolosità sismica redatta da INGV, aggiornata al 2004 e pubblicata con l'OPCM 3519/2006 (figura 9B.7) e i relativi studi allegati (disponibili nel sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).

Per realizzare questa mappa il territorio nazionale è stato suddiviso secondo una maglia regolare di punti equidistanti tra loro $0,05^\circ$ e per ogni punto è stata calcolata, in maniera probabilistica, sulla base delle conoscenze sismotettoniche e storiche disponibili, l'accelerazione di picco riferita a suolo rigido orizzontale (a_{rif}) per diversi TR. Questa maglia di punti permette di stimare, in tutto il territorio nazionale, il valore di a_{rif} interpolando i valori dei punti all'intorno dell'area d'interesse. Nel sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> sono disponibili le banche dati per ogni punto della griglia, per vari TR, dei valori di a_{rif} , di magnitudo attesa in funzione della distanza dalle principali sorgenti sismogenetiche e degli spettri di riferimento.

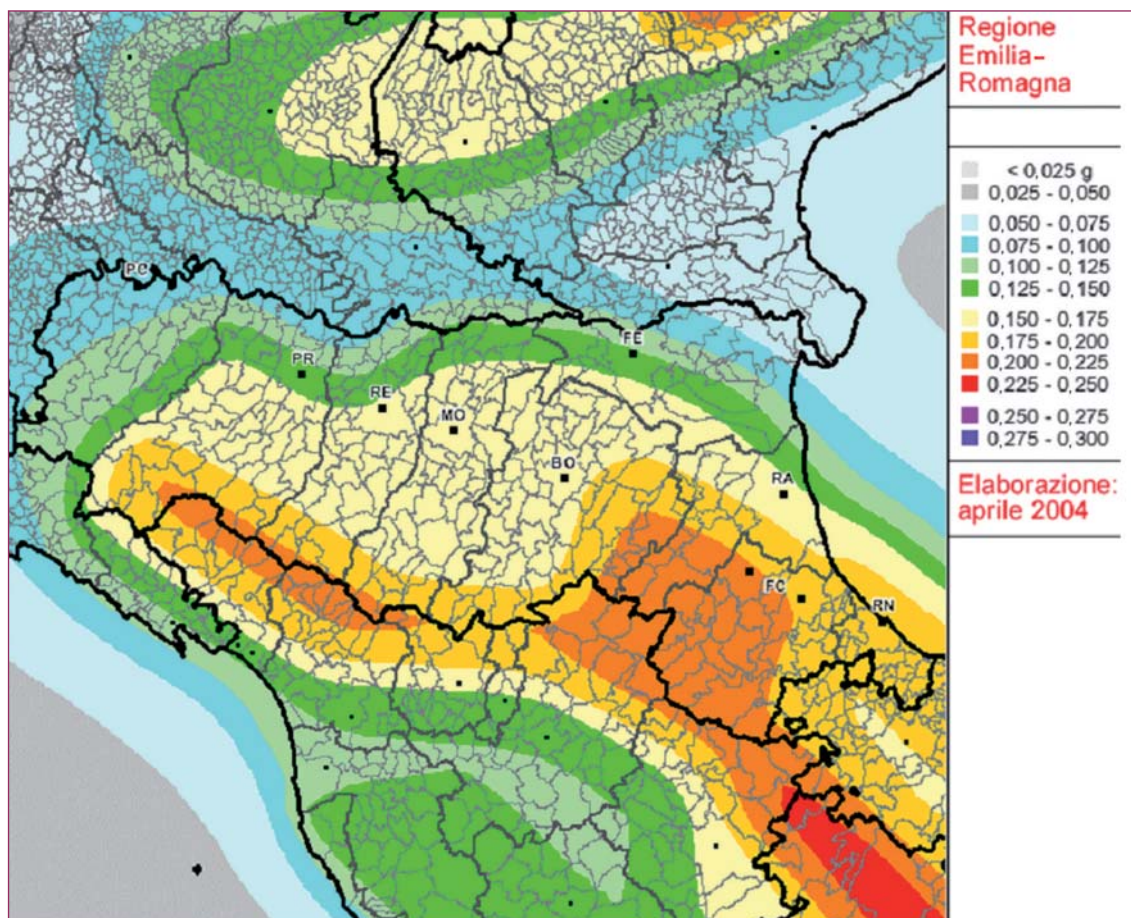
Scopo dell'indicatore

Quantifica la sismicità dell'area e fornisce un riferimento per la classificazione sismica.

Quantifica anche il moto di input da considerare nelle analisi della risposta sismica locale.



Grafici e tabelle



Fonte: INGV (http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/mappa_opcm3519.pdf)

Figura 9B.7: Mappa della pericolosità sismica dell'Emilia-Romagna e delle aree limitrofe in termini di accelerazione massima del suolo di riferimento (a_{rif}) (classi con intervalli di 0,025), per TR uguale a 475 anni e smorzamento del 5% (OPCM 3519/2006)

Nota: g = accelerazione di gravità

Commento ai dati

Dalla mappa di figura 9B.7 si evidenzia che le zone a maggiore pericolosità sismica ($a_{rif} > 0,2$ g) dell'Emilia-Romagna sono l'Appennino tosco-romagnolo e il crinale appenninico tosco-emiliano e che la pericolosità decresce in maniera circa costante verso nord e verso ovest, con un'ampia area a sismicità intermedia ($a_{rif} = 0,125-0,175$ g) in corrispondenza di gran parte dell'Appennino emiliano e della pianura.

L'attuale stima della pericolosità sismica in Italia è stata effettuata tramite elaborazioni probabilistiche, utilizzando il metodo Cornell (1968).

Per utilizzare tale metodo sono necessarie assunzioni (attività sismica stazionaria nel tempo, zone sismogenetiche al cui interno la sismicità è ritenuta uniforme, zone sismogenetiche indipendenti tra loro, necessità di riportare in forma strumentale informazioni che nella maggior parte dei casi derivano da osservazioni storiche, etc.) non sempre verificate in Italia, che possono portare, in alcune zone, a un'errata stima della pericolosità sismica.

Confrontando la distribuzione dei terremoti (figura 9B.5) con la mappa di pericolosità sismica (figura 9B.7) è evidente che quest'ultima non descrive in maniera adeguatamente dettagliata la pericolosità sismica di base dell'Emilia-Romagna, in particolare nella zona di pianura e lungo il margine appenninico-padano nella zona emiliana. Ad esempio alle zone di Parma e Ferrara, più volte interessate da terremoti dannosi, è attribuita una pericolosità sismica ($a_{rif} = 0,125-0,150$ g) minore dell'area compresa tra Modena e Ferrara ($a_{rif} = 0,150-0,175$ g), quasi mai interessata da eventi sismici importanti (cfr. figura 9B.7).



SCHEMA INDICATORE

NOME DELL'INDICATORE	<i>Pericolosità sismica locale (Pl)</i>	DPSIR	S
UNITA' DI MISURA	<i>Percentuale</i>	FONTE	<i>Carte geologiche, Carte di pericolosità geo-morfologica</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Regione</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	2007
AGGIORNAMENTO DATI	<i>In occasione della redazione di strumenti di pianificazione territoriale o studi specifici</i>	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>LR 20/2000; DAL 112/2007 "Indirizzi per la realizzazione di studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna ..."; "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile; LR 19/2008; LR 6/2009; DM 14/1/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Analisi di dati geo-morfologici per la determinazione delle aree suscettibili di effetti locali secondo gli indirizzi regionali per studi di microzonazione sismica (DAL 112/2007)</i>		

Descrizione dell'indicatore

Particolari condizioni geologiche e morfologiche locali possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie aumentandone gli effetti (di particolare interesse il fenomeno dell'amplificazione) e contribuire a fenomeni di modificazione permanente del territorio, quali frane, liquefazione, densificazione, fagliazione; le modificazioni del moto sismico dovute alle condizioni geologiche e morfologiche sono denominate "effetti locali".

Le principali condizioni geologiche e morfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna sono indicate nell'Allegato A1 degli indirizzi regionali per microzonazione sismica (DAL 112/2007) e riportate nella tabella A.

L'analisi delle condizioni geo-morfologiche e l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali (primo livello di approfondimento) non è sufficiente a definire l'effettiva pericolosità sismica di un'area. Ad esempio, la presenza di sabbie liquefacibili non è indice di sicuri effetti di liquefazione in caso di terremoto; il fenomeno della liquefazione richiede oltre alla presenza di fattori predisponenti anche il verificarsi di fattori scatenanti (sisma di $M > 5,5$ o $a_{max} > 0,15$).

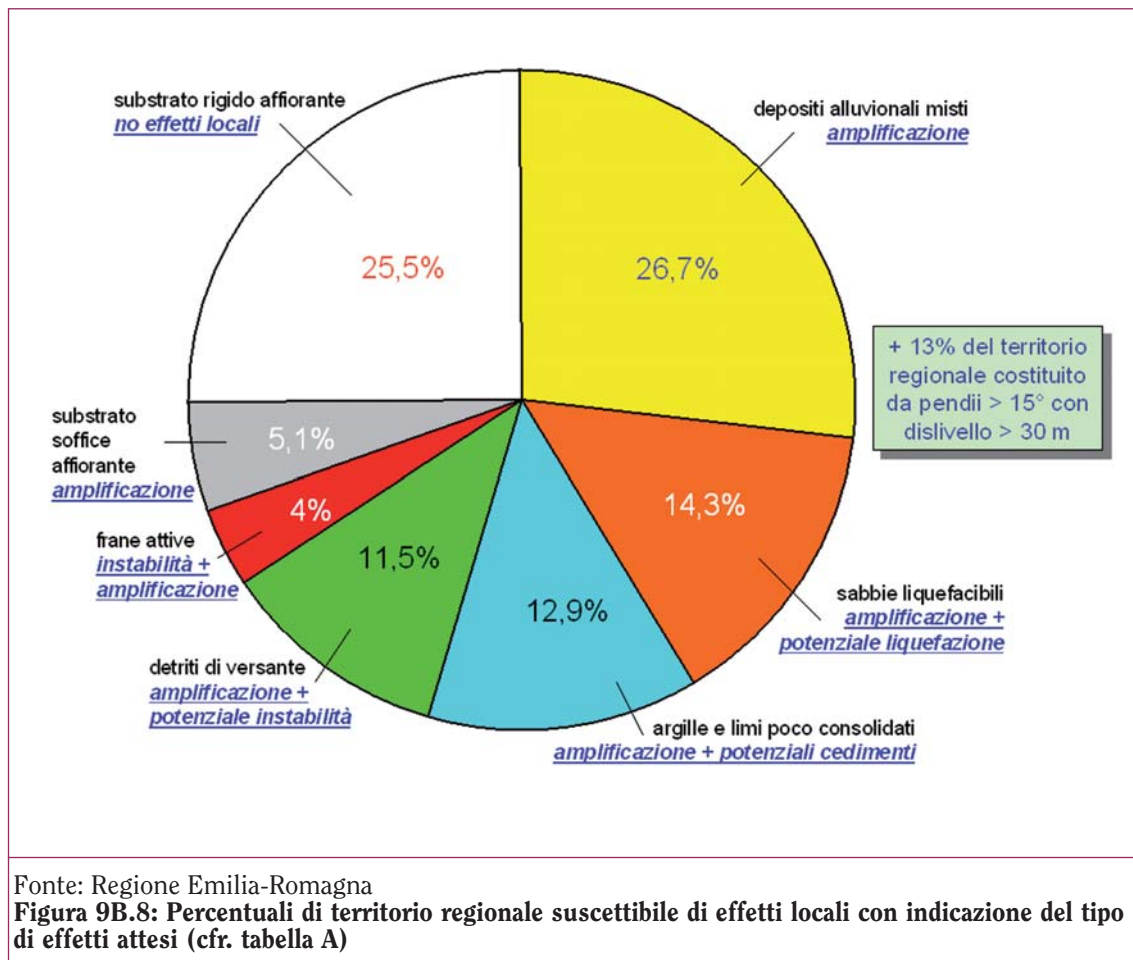
Specifiche indagini in sito e in laboratorio e analisi specifiche permetteranno di quantificare la RSL e definire una zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno (Microzonazione Sismica, MS; secondo e terzo livello di approfondimento).

Scopo dell'indicatore

Fornire sia conoscenze di base per l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali, sia indicazioni sulla localizzazione e tipo di indagini da effettuare nei successivi approfondimenti.



Grafici e tabelle



Commento ai dati

Circa 3/4 del territorio regionale sono costituiti da terreni suscettibili di effetti locali. Le aree potenzialmente non esposte a tali effetti sono quelle di affioramento del substrato roccioso rigido, che ricadono quasi esclusivamente nel medio e alto Appennino. Quindi la maggior parte delle aree urbane e urbanizzabili sono comprese in aree suscettibili di effetti locali. Risulta perciò evidente quanto gli studi di MS siano importanti per la prevenzione e riduzione del rischio sismico.



Risposte

SCHEMA INDICATORE

NOME DELL'INDICATORE	<i>Classificazione sismica</i>	DPSIR	<i>R</i>
UNITA' DI MISURA	<i>Adimensionale</i>	FONTE	<i>OPCM 3274/2003; DGR 1677/2005</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Comune</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>2003</i>
AGGIORNAMENTO DATI		ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>OPCM 3519/2006</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Da studi di pericolosità sismica di base e sismicità storica</i>		

Descrizione dell'indicatore

La classificazione sismica vigente, pubblicata con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 il 20 marzo 2003 (OPCM 3274/2003) e recepita, in prima applicazione, dalla Regione Emilia-Romagna con DGR n. 1677 del 24 ottobre 2005 (figura 9B.9), classifica tutti i comuni del territorio nazionale in 4 zone a pericolosità sismica decrescente:

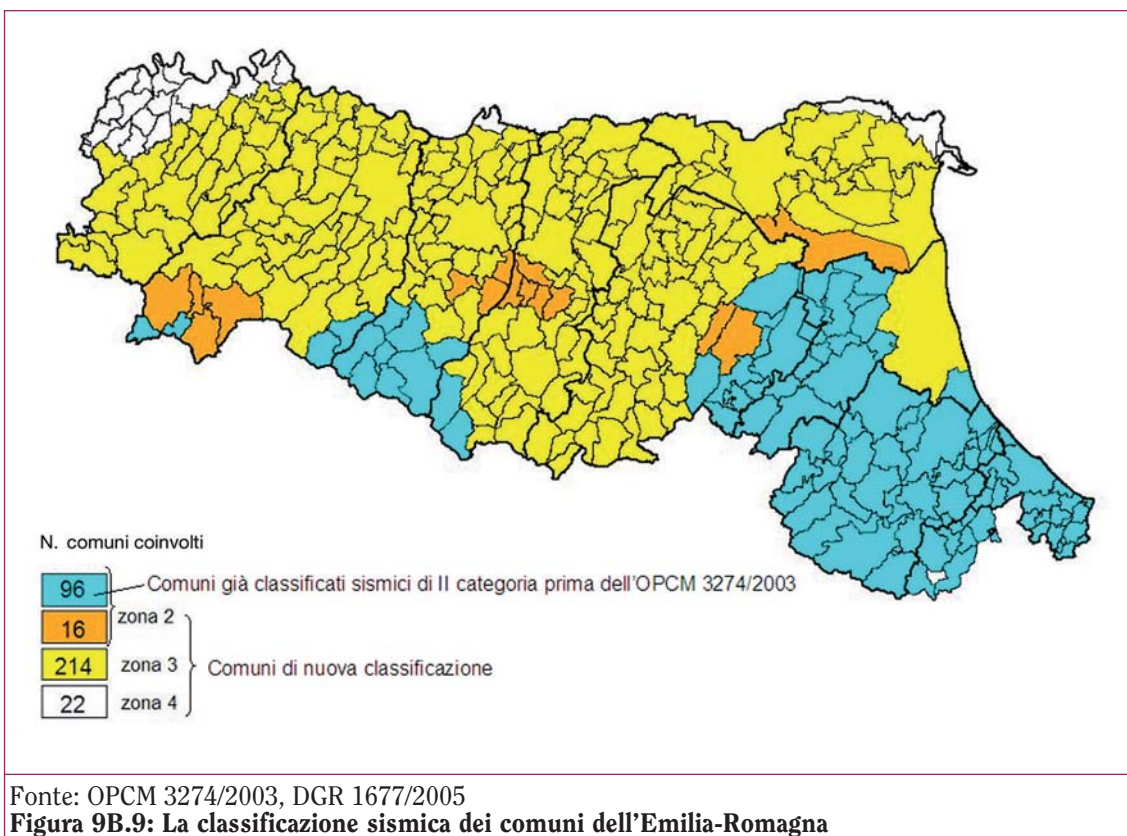
- zona 1: elevata sismicità;
- zona 2: media sismicità;
- zona 3: bassa sismicità;
- zona 4: minima sismicità.

Scopo dell'indicatore

Classificare i comuni in base alla pericolosità sismica e fornire un riferimento, omogeneo a scala regionale e nazionale, per l'applicazione delle norme.



Grafici e tabelle



Commento ai dati

L'OPCM 3519/2006 indica la pericolosità sismica di base come criterio principale per la classificazione sismica. Tuttavia, le varie classificazioni sismiche del territorio italiano sono sempre state basate più che altro sulle osservazioni della distribuzione dei danni e degli effetti descritti. La diffusione sul territorio italiano di centri abitati fino dai tempi antichi ha permesso la redazione di cataloghi storici dei terremoti molto ricchi e dettagliati per ogni zona del Paese. Anche per questo le osservazioni storiche sono in ottimo accordo con le osservazioni strumentali. Queste ultime, però, hanno avuto diffusione a scala nazionale solo a partire dall'inizio degli anni '80 e ancora oggi le conoscenze sulle caratteristiche sismo-tettoniche, che potrebbero consentire una classificazione meglio ancorata alla pericolosità sismica di base, non sono sufficientemente diffuse e omogenee su tutto il territorio nazionale. Perciò, anche la classificazione sismica vigente si basa sostanzialmente sulla sismicità storica, cioè sulla distribuzione osservata dei terremoti e dei loro effetti e quindi non classifica il territorio in base alla sola pericolosità sismica.

L'attuale proposta di classificazione sismica (OPCM 3274/2003) deriva da uno studio presentato nel 1998, realizzato dal CNR. Le differenze tra la mappa di figura 9B.9 e la mappa di pericolosità sismica di figura 9B.7 (cfr. ad es. la zona del margine appenninico-padano modenese-reggiano e la zona tra Ravenna e Ferrara) sono proprio dovute a considerazioni degli effetti di terremoti storici.



SCHEMA INDICATORE

NOME DELL'INDICATORE	<i>Microzonazione Sismica (MS)</i>	DPSIR	<i>R</i>
UNITA' DI MISURA	<i>Adimensionale</i>	FONTE	<i>Studi di microzonazione sismica, PSC, POC</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Comune</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>2008</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>In occasione della redazione di strumenti urbanistici, studi specifici</i>	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	<i>LR 20/2000; DAL 112/2007 "Indirizzi per la realizzazione di studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna ..."; "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile; LR 19/2008; LR 6/2009; DM 14/1/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"</i>		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<i>Analisi di dati ed elaborazioni per la determinazione delle aree suscettibili di effetti locali e la stima dell'amplificazione</i>		

Descrizione dell'indicatore

Particolari condizioni geologiche e morfologiche locali possono modificare la frequenza, l'ampiezza e la durata del moto sismico in superficie aumentandone gli effetti (di particolare interesse il fenomeno dell'amplificazione) e contribuire a fenomeni di modificazione permanente del territorio, quali frane, liquefazione, densificazione, fagliazione; le modificazioni del moto sismico dovute alle condizioni geologiche e morfologiche sono denominate "effetti locali".

Gli studi di Microzonazione Sismica (MS) individuano le aree suscettibili di effetti locali e stimano l'entità del comportamento di ogni area in caso di terremoto atteso.

La MS è in pratica la suddivisione dettagliata del territorio in aree a diversa pericolosità sismica con indicazione del valore di risposta sismica in termini di amplificazione del moto ed eventuale stima dei coefficienti di rischio in caso di particolare criticità (pendii instabili, terreni liquefacibili, argille poco consolidate, etc.).

Scopo dell'indicatore

Indirizzare gli interventi di pianificazione urbanistica nelle aree a minore pericolosità sismica o programmare interventi di mitigazione del rischio nelle aree già edificate in cui siano riconosciuti elementi di pericolosità locale.

Nel caso di studi a scala di manufatto, l'analisi dettagliata della RSL permette anche il calcolo dell'azione sismica per la progettazione e il corretto dimensionamento delle opere.

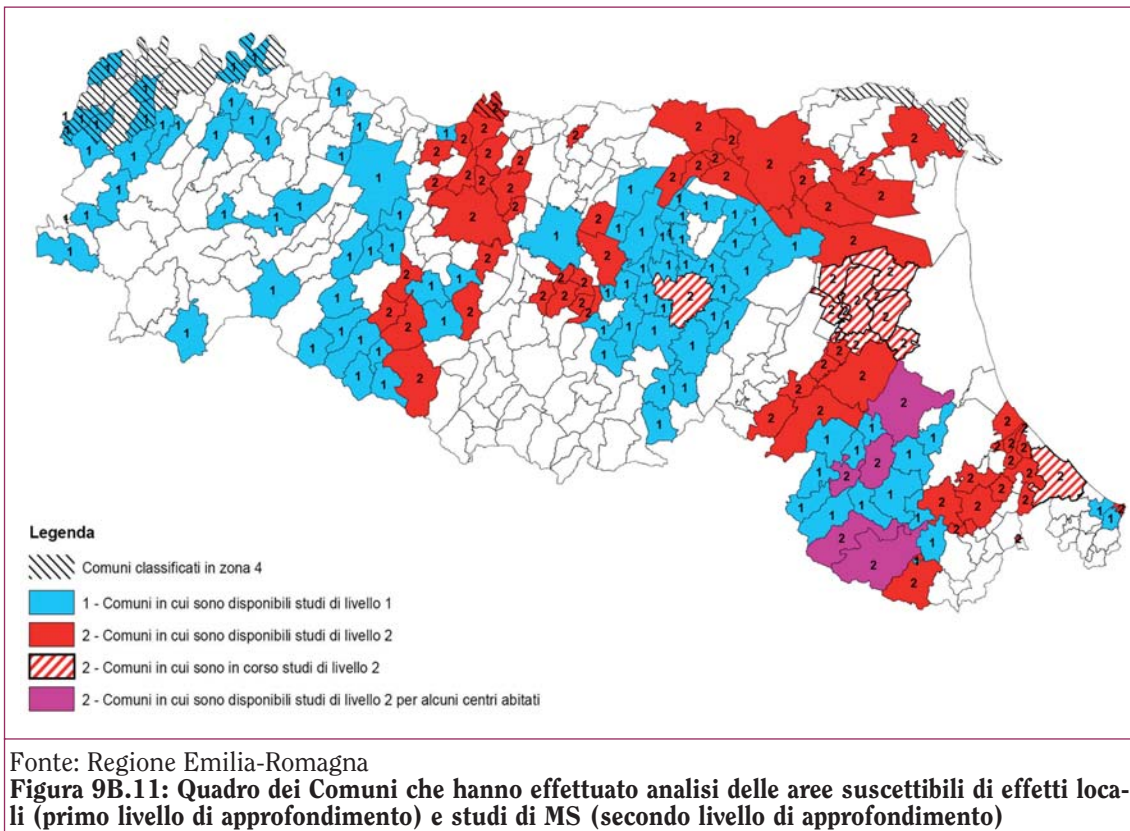
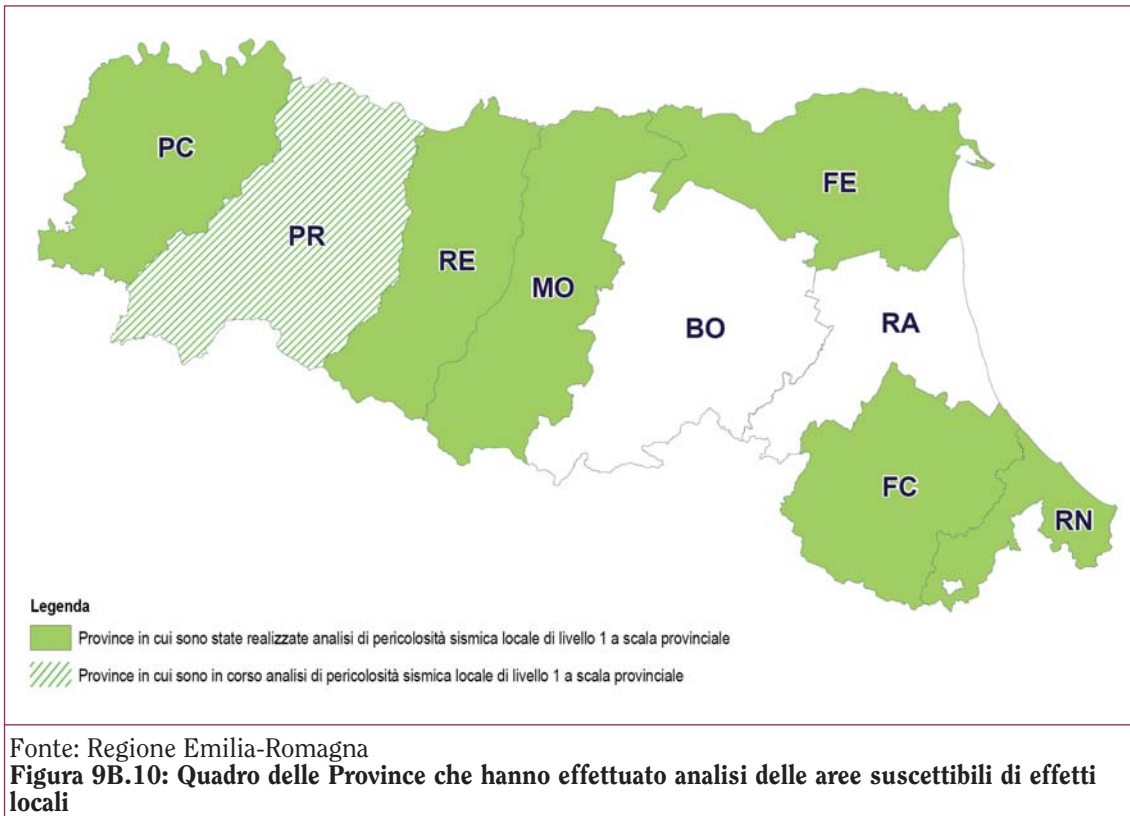
A seconda delle finalità, gli studi di MS possono essere effettuati a differenti scale e con diversi livelli di approfondimento.

Studi a scala vasta (provinciale e comunale) sono finalizzati soprattutto all'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali (primo livello di approfondimento). Studi a scala più locale (centro abitato) permettono una vera e propria zonazione dettagliata del territorio sulla base della risposta sismica del terreno (MS; secondo livello di approfondimento).

Questi studi forniscono preziose informazioni anche per la pianificazione delle attività di protezione civile; in particolare, le conoscenze di pericolosità sismica locale possono essere utilizzate per una più accurata definizione di scenari di rischio, che tengano conto anche delle condizioni locali di pericolosità, e come base per le indagini finalizzate alla messa in sicurezza di strutture strategiche.



Grafici e tabelle





Commento ai dati

Gli studi di MS possono essere realizzati a vari livelli di approfondimento, in funzione della scala di studio, dell'importanza dell'intervento da realizzare, delle risorse economiche e dei tempi disponibili.

Esistono procedure speditive condivise che permettono di valutare la pericolosità sismica locale fino dalle prime fasi di governo del territorio (pianificazione territoriale provinciale, pianificazione strutturale comunale).

Analisi dettagliate del comportamento in condizioni sismiche dei terreni vengono realizzate in caso di particolari criticità locali (pendii instabili, sabbie liquefacibili, argille poco consolidate, faglie attive, etc.) e in caso di realizzazione di opere di particolare interesse (v. allegato A alla Delibera di Giunta regionale n.1661 del 2 novembre 2009 *“Approvazione elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso”*).

L'analisi della RSL, secondo procedure speditive o di dettaglio a seconda della pericolosità del sito o dell'importanza dell'opera, è comunque richiesta per la realizzazione di ogni costruzione (NTC, 2008).

Allo stato attuale delle conoscenze sismologiche, che ancora non permettono la previsione dei terremoti, e delle difficoltà di analisi della vulnerabilità a scala territoriale, la MS e la stima della RSL per la progettazione sono gli strumenti più efficaci di prevenzione e riduzione del rischio sismico.

Le figure 9B.10 e 9B.11 forniscono il quadro delle analisi degli effetti locali e di microzonazione sismica finora realizzati in Emilia-Romagna. A questi vanno aggiunti studi di terzo livello di approfondimento realizzati in siti caratterizzati da particolari criticità, quali pendii a rischio di frana e aree con terreni potenzialmente suscettibili di cedimenti per liquefazione (v. ad es. l'analisi del rischio di liquefazione lungo la costa adriatica tra Cattolica, RN, e Comacchio, FE, realizzata dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, sezione di Geotecnica, dell'Università degli Studi di Firenze in convenzione con la Regione Emilia-Romagna, DGR 1944/2007, disponibile presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale).

Da questo quadro emerge una buona conoscenza su tutto il territorio regionale almeno delle aree suscettibili di effetti locali (primo livello di approfondimento). Infatti, sebbene le Province di Bologna e di Ravenna non abbiano ancora realizzato tali analisi (figura 9B.10), gli studi effettuati a scala più locale (figura 9B.11) completano il quadro delle conoscenze.

In particolare, per quanto riguarda la MS a scala comunale e sub-comunale (secondo livello di approfondimento, figura 9B.11) in generale tali studi sono stati finora effettuati soprattutto nelle aree a maggiore pericolosità sismica e nei comuni classificati in zona 2 (Romagna; margine appenninico-padano, crinale appenninico; cfr. figure 9B.7 e 9B.8), dove ovviamente è più sentito il problema del rischio sismico.

Occorre comunque ricordare che gli studi di MS sono richiesti nelle fasi di pianificazione urbanistica comunale e, quindi, la realizzazione di tali studi segue i tempi di adeguamento degli strumenti urbanistici secondo quanto previsto dalla LR 20/2000.



Commenti tematici

Le attuali conoscenze permettono di sapere dove e con che modalità avverrà un terremoto ma non, con la necessaria attendibilità, quando. La previsione dei terremoti non è quindi un traguardo conseguibile in tempi brevi.

I rilievi dei danni negli ultimi terremoti hanno evidenziato che il danno da terremoto è determinato soprattutto dalla vulnerabilità del patrimonio edilizio.

La riduzione del rischio sismico va dunque affrontata dal punto di vista della prevenzione.

Politiche di prevenzione sono facilmente applicabili in caso di nuove realizzazioni; l'applicazione è più complessa per le strutture e i centri urbani esistenti.

Uno dei principali ostacoli è la difficoltà di valutare tutte le componenti del rischio sismico, soprattutto le condizioni di vulnerabilità dei centri urbani e delle reti infrastrutturali.

E' necessario che nel prossimo futuro gli sforzi si concentrino soprattutto sulla definizione di procedure che permettano una stima della vulnerabilità in maniera rapida e affidabile, allo scopo di giungere a una stima del rischio sismico già a scala di area vasta.

Poiché il rischio dipende oltre che dalla pericolosità, anche dalla concentrazione della popolazione e dalla distribuzione e qualità degli insediamenti urbani, delle vie di comunicazione e delle reti infrastrutturali, ne consegue che nella pianura emiliano-romagnola, nonostante la pericolosità non particolarmente elevata, il rischio sismico può essere rilevante in quanto, data la presenza di centri abitati antichi e la notevole concentrazione di attività produttive, anche terremoti di modesta entità, ad esempio quelli di Parma del 9 novembre 1983 ($M_w = 5,1$), di Correggio (RE) del 14 ottobre 1996 ($M_w = 5,4$), del parmense-reggiano del 23 dicembre 2008 ($M_l = 5,1$), possono causare danni gravi sulle strutture più vulnerabili e l'interruzione delle attività per lunghi periodi, con conseguenze economiche e sociali rilevanti.

Il rischio può essere ancora maggiore lungo la costa romagnola, già interessata da terremoti storici rilevanti. Per questo motivo alcuni comuni della Romagna sono stati classificati sismici, di II categoria, già con la classificazione del territorio nazionale del 1927 (v. DGR 1677/2005). Tuttavia, per "favorire" lo sviluppo economico e urbanistico della costa romagnola, negli anni '30 alcuni comuni, tra cui Rimini, furono declassificati. Solo con la riclassificazione degli anni '80, successiva ai terremoti del Friuli del 1976 e dell'Irpinia del 1980, i comuni del riminese sono stati reinseriti nell'elenco dei comuni sismici di II categoria. Ciò ha comportato che gran parte delle costruzioni realizzate lungo la costa dalla fine degli anni '30 all'inizio degli anni '80 (periodo comprendente la forte espansione urbanistica del dopoguerra) sono state edificate in assenza di criteri antisismici.

Si può dunque affermare che l'Emilia-Romagna è una regione a elevato rischio sismico.

Tuttavia una vera stima del rischio sismico in Emilia-Romagna non è possibile, in quanto non esistono stime di vulnerabilità dei centri urbani e delle reti infrastrutturali a scala di area vasta.

Gli studi di pericolosità sismica e microzonazione sismica del territorio e la loro applicazione fino dalle prime fasi di programmazione territoriale e pianificazione urbanistica sono il primo passo concreto per la riduzione del rischio sismico.

Gli elementi di maggiore importanza restano, comunque, la corretta applicazione delle norme per la progettazione e realizzazione delle costruzioni e delle procedure di autorizzazione edilizia.



Sintesi finale

- ☹ Il rischio dipende, oltre che dalla pericolosità, anche dalla distribuzione della popolazione, dei centri abitati e dalla qualità delle costruzioni. Il rischio sismico può, quindi, essere rilevante anche in zone a bassa sismicità per l'elevata concentrazione di attività produttive e centri abitati e per la presenza di costruzioni a elevata vulnerabilità. L'Emilia-Romagna è, dunque, una regione a elevato rischio sismico.
- ☹ Pur non essendo disponibili stime del rischio sismico a scala di area vasta, strategie per la mitigazione di tale rischio sono realizzabili già nella pianificazione urbanistica e, soprattutto, in fase di progettazione e realizzazione delle costruzioni. Infatti, gli studi di microzonazione sismica del territorio permettono di indirizzare le scelte urbanistiche verso le aree a minore pericolosità; l'applicazione dei criteri antisismici nella progettazione e realizzazione delle costruzioni, previsti dalle norme tecniche, consente di realizzare opere in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche e agli effetti locali attesi.

Messaggio chiave

- ☹ La previsione dei terremoti non è realizzabile in tempi brevi. Considerata la sismicità regionale, il rischio sismico in Emilia-Romagna può essere significativamente ridotto con azioni di prevenzione. Scelte urbanistiche compatibili con la pericolosità sismica locale e l'applicazione, a tutti i livelli, delle norme tecniche per le costruzioni consentono di realizzare interventi e opere in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche e agli effetti locali attesi.

Bibliografia

1. Boccaletti M. et al., 1985, "Considerations on the seismotectonics on the Northern Apennines", Tectonophysics, 117, 7-38
2. Boccaletti M. et al., 2004, "Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna." Regione Emilia-Romagna, Servizio geologico, sismico e dei suoli – CNR, Istituto di Geoscienze e Georisorse, Firenze - SELCA, Firenze
3. Castello B. et al., 2006, "CSI Catalogo della sismicità italiana 1981-2002, versione 1.1." INGV-CNT, Roma
<http://csi.rm.ingv.it/>
4. DISS Working Group, 2009, "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas" <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
5. Gruppo di lavoro CPTI, 2004, "Catalogo parametrico dei terremoti italiani, versione 2004 (CPTI04)." INGV, Bologna
<http://emidius.mi.ingv.it/cpti04/>
6. Gruppo di lavoro MPS, 2004, "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003." Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici
7. Gruppo di lavoro MS, 2008, "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica." Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile. Roma, 3 vol. e 1 Cd-rom
8. Meletti C., Valensise G., 2004, "Zonazione sismogenetica ZS9." App.2 al Rapporto Conclusivo. In: Gruppo di Lavoro MPS, 2004 "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003." Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 allegati
9. NTC, 2008, "Norme Tecniche per le Costruzioni." Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (GU n. 29 del 04/02/2008)



10. OPCM 3274/2003 (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003), *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*. G. U. N. 155, 8/5/2003, suppl. ord. n. 72
11. Pieri M., Groppi G., 1981, *“Subsurface geological structure of the Po Plain (Italy)”*. C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica, Pubbl. n°414, 1-13
12. Stucchi M. et al., 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
13. Tinto A. et al., 2002, *“Elementi di microzonazione sismica dell'area di Predappio Bassa.”* Studio pilota allegato al Quadro Conoscitivo del PTCP Forlì-Cesena 2002. Disponibile anche nel CD allegato a: *“Il Geologo dell'Emilia-Romagna”*, Boll. Uff. Ordine Geologi Emilia-Romagna anno IV/2004 n. 17, nuova serie

SITI INTERNET

<http://www.protezionecivile.it/sistema/dipartimento.php>

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

<http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/index.htm><http://www.protezionecivile.emilia-romagna.it/>

<http://www.provincia.bologna.it>

<http://www.provincia.modena.it>